

Université de Lyon
Université Lumière Lyon 2
École doctorale : Neurosciences sensorielles, comportements, cognition
Institut de psychologie
Équipe de recherche : Laboratoire d'informatique et systèmes d'information

Activation et intégration multimodales en mémoire à long terme

Par Guillemette BADARD épouse BILLARD

Thèse de doctorat de Psychologie

Mention Psychologie Cognitive

Sous la direction de Rémy VERSACE

Présentée et soutenue publiquement le 2 octobre 2007

Devant un jury composé de : Denis BROUILLET, Professeur des universités, Université Montpellier 3
Olivier KOENIG, Professeur des universités, Université Lumière Lyon 2 (Président du jury) Lionel
NACCACHE, Maître de conférences, Université Paris 5, et praticien hospitalier Stéphane ROUSSET,
Maître de conférences, Université Pierre Mendès France, Grenoble Rémy VERSACE, Professeur
des universités, Université Lumière Lyon 2

Table des matières

Partie théorique .	1
Introduction .	1
Chapitre 1 : Les différentes formes de connaissances . .	2
1.1. Des connaissances abstractives : des concepts .	3
1.2. Des connaissances non abstractives : des traces .	11
1.3. Synthèse .	19
Chapitre 2 : Des traces sensorielles et motrices . .	20
2.1. Des connaissances sensorielles et motrices en psychologie cognitive .	20
2.2. Des connaissances sensorielles et motrices : données issues des neurosciences .	38
2.3. Des connaissances sensorielles et motrices : les travaux en neuropsychologie .	44
2.4. Synthèse .	45
Chapitre 3 : L'émergence des connaissances : dynamique d'activation et intégration multimodales . .	47
3.1. L'émergence des connaissances dans le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) .	47
3.2. Des connaissances situationnelles – fonctionnelles . .	49
3.3. Intégration des différents composants .	52
3.4. Hypothèses générales et Protocoles expérimentaux .	58
Étude expérimentale .	63
Chapitre 1 : Amorçage intersensoriel à court terme .	63
1.1. Expérience 1 .	63
1.2. Expérience 2 .	74
1.3. Expérience 3 .	81
1.4. Expérience 4 .	88
1.5. Synthèse de l'amorçage à court terme inter sensoriel . .	94
Chapitre 2 : Amorçage moteur à court terme .	96

2.1. Expérience 1 .	96
2.2. Expérience 2 .	102
2.2. Expérience 3 .	107
2.3. Expérience 4 .	112
2.4. Synthèse de l'amorçage à court terme moteur .	115
Chapitre 3 : Amorçage intersensoriel à long terme . .	118
3.1. Expérience 1 .	119
3.2. Expérience 2 .	124
3.3. Expérience 3-A .	128
3.4. Analyse complémentaire - expériences 2 et 3-A .	132
3.5. Expérience 3-B .	135
3.6. Analyse complémentaire - expériences 2, 3-A et 3-B .	137
3.7. Expérience 4 .	140
3.8. Synthèse de l'amorçage à long terme .	154
Discussion générale . .	157
Objectifs de notre étude .	157
Apports au cadre théorique . .	160
Perspectives .	162
Références bibliographiques .	165
Annexes . .	177
Annexe 1 : Exemples de stimuli des expériences utilisant un paradigme d'amorçage à court terme intersensoriel . .	177
Annexe 2 : Exemples de stimuli utilisés dans les expériences 1 et 2 en paradigme d'amorçage à court terme moteur (les stimuli impliquant 2 mains ne sont utilisés que dans l'expérience 1) .	178
Annexe 3 : Exemples de stimuli utilisés dans les expériences 3 et 4 en amorçage à court terme moteur . .	179
Annexe 4 : Exemples de stimuli des expériences utilisant un paradigme d'amorçage à long terme intersensoriel .	180

Partie théorique

Introduction

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de travaux réalisés dans le domaine de la mémoire et plus précisément de la nature des connaissances en mémoire à long terme. L'objectif est de déterminer sous quel format les connaissances sont stockées en mémoire.

La **première partie** présente les différents **aspects théoriques** et travaux relatifs à la présente problématique.

Le **chapitre 1** présente les différentes façons de considérer la mémoire. Nous verrons ainsi comment certains auteurs, généralement adeptes des théories multi-systèmes de la mémoire postulent que les connaissances sont stockées sous forme de concepts et de représentations amodales (Collins et Quillian, 1969 ; Collins et Loftus, 1975 ; Anderson, 1983, etc.). D'autres chercheurs défendent, quant à eux, l'idée d'une mémoire unique et épisodique, et considèrent que les connaissances sont multimodales et reflètent les expériences vécues (Medin et Schaffer, 1978 ; Nosofsky, 1988 ; Hintzman, 1986, etc.). Ce chapitre se termine par la présentation du modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) qui est à la base des travaux présentés dans cette thèse. Selon ce modèle, la mémoire est un système unique dans lequel les connaissances seraient purement épisodiques ; elles refléteraient les expériences passées et seraient stockées

sous forme de traces.

L'objectif du **chapitre 2** est de montrer qu'il existe un grand nombre d'arguments en faveur de la conception de connaissances multimodales. En effet, que ce soit dans le domaine des neurosciences, de la psychologie cognitive ou de la neuropsychologie, de plus en plus de travaux mettent en évidence l'importance des informations perceptives et motrices dans le stockage des connaissances.

Enfin, le **chapitre 3** décrit les deux mécanismes mis en jeu dans l'émergence des connaissances, à savoir un premier mécanisme d'activation des connaissances sensori-motrices et un second mécanisme d'intégration. Ce chapitre décrit également les protocoles expérimentaux utilisés pour tester nos hypothèses.

Suite à l'exposé du cadre théorique, une **seconde partie**, constituée elle aussi de trois chapitres, expose l'ensemble des travaux réalisés au cours de cette thèse.

Le **chapitre 1** de cette seconde partie présente les travaux pour lesquels nous avons utilisé un paradigme d'amorçage à court terme inter-sensoriel. Le modèle défendu, celui de Versace, Nevers et Padovan (2002), prédit que, face à un objet, nous activons de façon automatique toutes les connaissances et notamment les connaissances sensorielles liées à cet objet. Cette première série d'expériences permet de tester si la présentation d'un objet dans une modalité sensorielle (audition) facilite la présentation du même objet dans une autre modalité sensorielle (vision). Une facilitation du traitement lors de la deuxième présentation permettrait de conclure sur une activation de connaissances multimodales.

L'objectif du **chapitre 2** est de montrer que les connaissances stockées en mémoire sont le reflet de l'expérience vécue, non seulement d'un point de vue sensoriel mais aussi moteur. En utilisant un paradigme d'amorçage à court terme sensori-moteur, nous voulons montrer que la présentation visuelle d'un objet active de façon automatique les représentations motrices associées à cet objet ; cette activation étant la même que si l'on manipulait réellement l'objet. Ce chapitre confirme la description faite en partie 1 des deux mécanismes impliqués dans l'émergence des connaissances : le mécanisme d'activation des dimensions sensorielles et motrices et le mécanisme d'intégration de ces dimensions.

Le **chapitre 3** permet d'aller plus avant sur la question du format des connaissances et de montrer que les dimensions sensorielles et motrices sont constitutives de la trace mnésique. La série d'expériences présentées dans ce chapitre utilise un paradigme d'amorçage inter-sensoriel à long terme, dans lequel un objet est présenté visuellement dans une première phase puis auditivement dans une seconde.

Enfin une **discussion générale** dresse le bilan de ces recherches et permet d'envisager d'autres perspectives.

Chapitre 1 : Les différentes formes de connaissances

De nos jours, deux conceptions s'opposent quant à 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 suppose, 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 « multi-systèmes » 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). A contrario, adopter une conception « unitaire » de la mémoire revient à postuler le caractère strictement épisodique de toutes les informations contenues en mémoire ; la dimension sémantique des connaissances émergerait alors, d'une part, de la multiplicité des traces antérieures réactivées par un événement, et, d'autre part, de l'intégration des multiples constituants des traces.

De ces deux conceptions distinctes découlent des façons de considérer les connaissances bien différentes. L'objectif de ce premier chapitre est de faire un inventaire, non exhaustif, des principaux modèles de la mémoire, en précisant notamment comment ces modèles considèrent les connaissances.

1.1. Des connaissances abstractives : des concepts

Les modèles présentés dans cette section découlent des théories d'une mémoire à systèmes multiples séparés. Dans cette théorie « multi-systèmes », la mémoire est décomposable en un ensemble de sous-systèmes distincts dans lesquels les connaissances peuvent prendre différentes formes. Les chercheurs qui ont développé ces modèles ont pu ainsi répertorier un certain nombre de type de connaissances (procédurales, sémantiques, épisodiques, etc. – cf. Figure suivante).

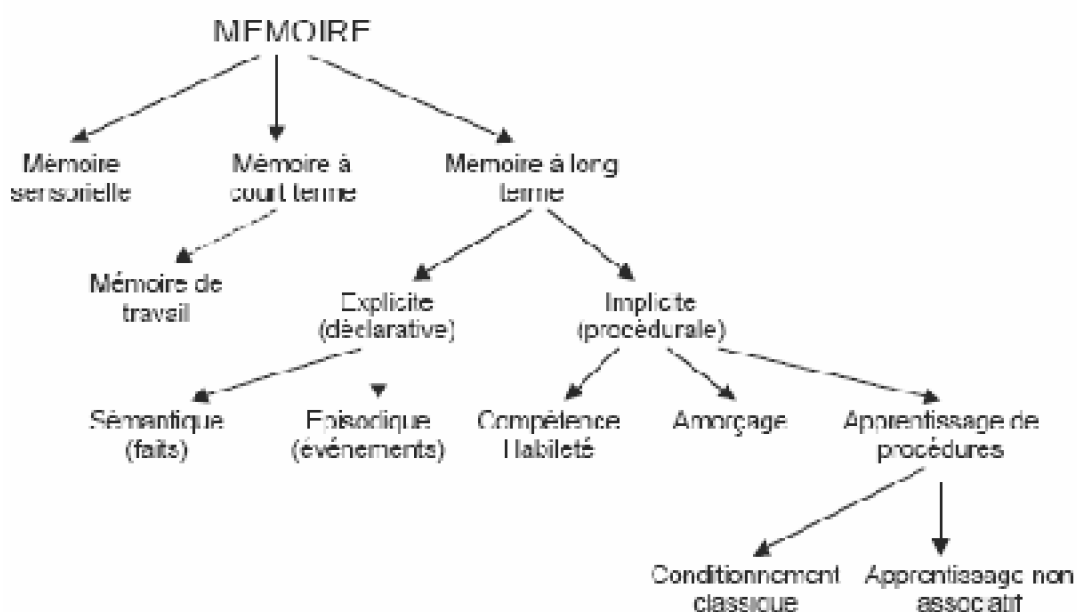


Figure 1 : Synthèse de l'architecture de la mémoire

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.

La **mémoire épisodique** contiendrait les événements vécus par le sujet et inscrits dans un contexte spatio-temporel. Ce serait la mémoire du souvenir. 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 pathologie.

Ainsi, pour ce genre de modèles, les connaissances sémantiques (objet du présent chapitre) sont considérées comme des abstractions amodales. L'unité mnésique principale est une unité de sens, autrement dit un concept. Suivant le modèle présenté, ce concept peut être un nœud dans un réseau (Collins et Quillian, 1969 ; Collins et Loftus, 1975 ; Anderson, 1983), une combinaison de traits (Smith, Shoben et Rips, 1974 ; Hoffmann, 1982) ou un prototype (Rosch et Mervis, 1975).

1.1.1. Concept : Nœud dans un réseau

1.1.1.1. LE MODÈLE DE COLLINS ET QUILLIAN (1969)

Collins et Quillian se sont intéressés très tôt à la nature des connaissances. Le modèle (« Teachable Language Comprehender » – TLC –) de Collins et Quillian (1969) est une des premières tentatives de modélisation de la mémoire sémantique (cf. Figure 2). Ce modèle suppose que les connaissances (ou ici les concepts) sont représentées en mémoire sémantique comme des unités indépendantes (nœuds). Il existerait un réseau de relations hiérarchisées entre les concepts (du sur-ordonné – animal – à l'exemplaire – canari –). Chaque concept ou nœud est associé à un certain nombre de propriétés ou attributs, mais est aussi relié aux autres nœuds par des liens (arcs). La mémoire est ainsi l'ensemble de ces nœuds reliés entre eux.

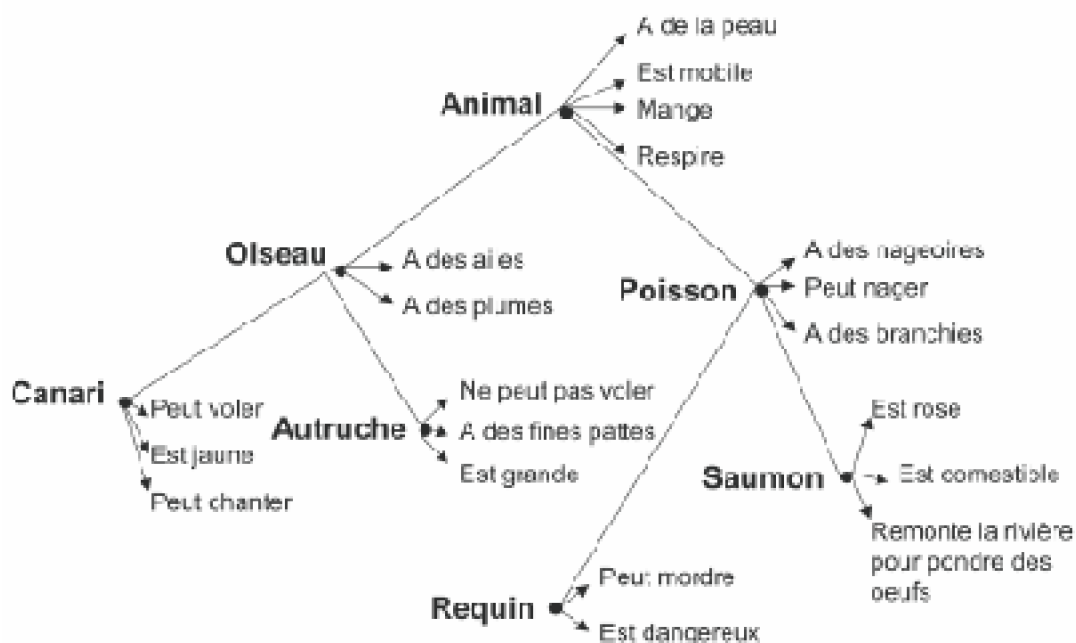


Figure 2 : Illustration d'une structure hypothétique de la mémoire sémantique, Collins et Quillian (1969)

Ce modèle postule l'existence de deux types de nœuds : les nœuds « catégories » (*type nodes*) qui représentent les catégories et les nœuds « exemplaires » (*token nodes*) qui représentent les individus des catégories. Les relations entre les nœuds sont conceptuelles et de type « emboîtement » (inclusion) : les propriétés qui s'appliquent aux concepts sont stockées au plus haut niveau où elles sont généralement applicables, une propriété qui existe à un niveau donné étant implicitement associée aux nœuds de niveaux inférieurs. Ainsi, et en accord avec le principe d'économie cognitive, plutôt que de spécifier que « chaque oiseau a des ailes », la propriété est stockée une seule fois au niveau du nœud « oiseau ». Ceci permet de garder en mémoire de manière plus économique le fait que chaque oiseau possède la propriété « a des ailes ».

D'un point de vue fonctionnel, ce type de modèle décrit la récupération d'une information en mémoire sémantique par un processus de réactivation 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.

Collins et Quillian ont testé leur modèle grâce à une tâche de vérification d'énoncés en mémoire sémantique. Une phrase était présentée aux participants qui devaient déterminer le plus rapidement possible si la proposition était vraie ou fausse. Il pouvait s'agir d'énoncés d'inclusion d'ensembles tels que : « un serin est un animal », « un requin est un oiseau », « un poisson est un animal ». Ces énoncés pouvaient être également des énoncés de vérification de propriétés du type : « un requin peut chanter », « une autruche est jaune », « un saumon est comestible ». L'hypothèse était la même quel que soit le type d'énoncé : plus les deux concepts impliqués dans l'énoncé étaient à des niveaux

hiérarchiques éloignés, plus le participant allait mettre de temps à répondre. Ainsi, il serait plus rapide de répondre à « un canari est jaune » car les deux nœuds font partie du même niveau hiérarchique par rapport à l'énoncé « un canari respire » qui dans ce cas là comprend des concepts ayant deux niveaux d'écart. Les hypothèses et ainsi le modèle de Collins et Quillian ont été validés. Ils ont observé que les temps de réponse augmentent avec la distance entre les deux concepts impliqués dans l'énoncé. En effet, comme le montre la figure suivante, les participants mettent 75 msec de plus lorsqu'ils doivent passer d'un niveau hiérarchique à un autre. De plus, ils montrent qu'en moyenne, 250 msec supplémentaires sont nécessaires pour vérifier une propriété par rapport aux inclusions dans un ensemble.



Figure 3 : Représentation graphique des temps de réponses obtenus dans une tâche de vérification d'énoncé (Collins et al. 1969)

Ce modèle, même s'il a permis d'expliquer de nombreux phénomènes, a été souvent revisité car des problèmes persistent. En effet, Conrad (1972) a montré que l'un des problèmes de ce modèle était lié au principe de l'économie cognitive dans le stockage des propriétés, c'est-à-dire que les propriétés sont seulement stockées avec le concept le plus général auquel elles s'appliquent. Selon Conrad, Collins et Quillian ont confondu le nombre de niveaux hiérarchiques séparant un concept et ses propriétés avec un autre facteur, en l'occurrence le degré d'association entre le concept et la propriété. Une expérience a été réalisée pour distinguer les effets du degré d'association du nombre de niveaux sur le temps de vérification. Les résultats ont montré que le temps de vérification n'augmente pas uniformément avec le nombre de niveaux hiérarchiques qui séparent concept et propriété mais plutôt qu'il augmente lorsque le degré d'association entre le concept et la propriété diminue.

Collins et Loftus (1975) ont aussi remis en question ce premier modèle de Collins et Quillian en réfutant l'idée d'une organisation hiérarchique.

1.1.1.2. LE MODÈLE DE COLLINS ET LOFTUS (1975)

Ce modèle (« spreading activation theory ») est une version modifiée du réseau proposé par Collins et Quillian (1969). Ainsi, et comme le suppose le modèle précédent, le modèle de Collins et Loftus (1975) repose sur l'idée que les connaissances sont stockées en mémoire sous forme de concepts (ou nœuds) interconnectés entre eux (cf.). Mais contrairement au modèle de Collins et Quillian, Collins et Loftus réfutent l'idée d'une organisation hiérarchique. Les relations entre les nœuds du réseau ne seraient pas seulement de type hiérarchique, mais reflèteraient aussi, et principalement, d'autres types de relations sémantiques. En effet, il existe des liens de nature différente entre les nœuds du type « est un », « peut avoir », « a du/de », « ne peut pas ». Ces modifications apportées au modèle initial de Collins et Quillian rendent possible la représentation de la notion de distance sémantique. Par exemple, dans les modèles les plus anciens, rien ne relierait l'unité « camion 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 ».

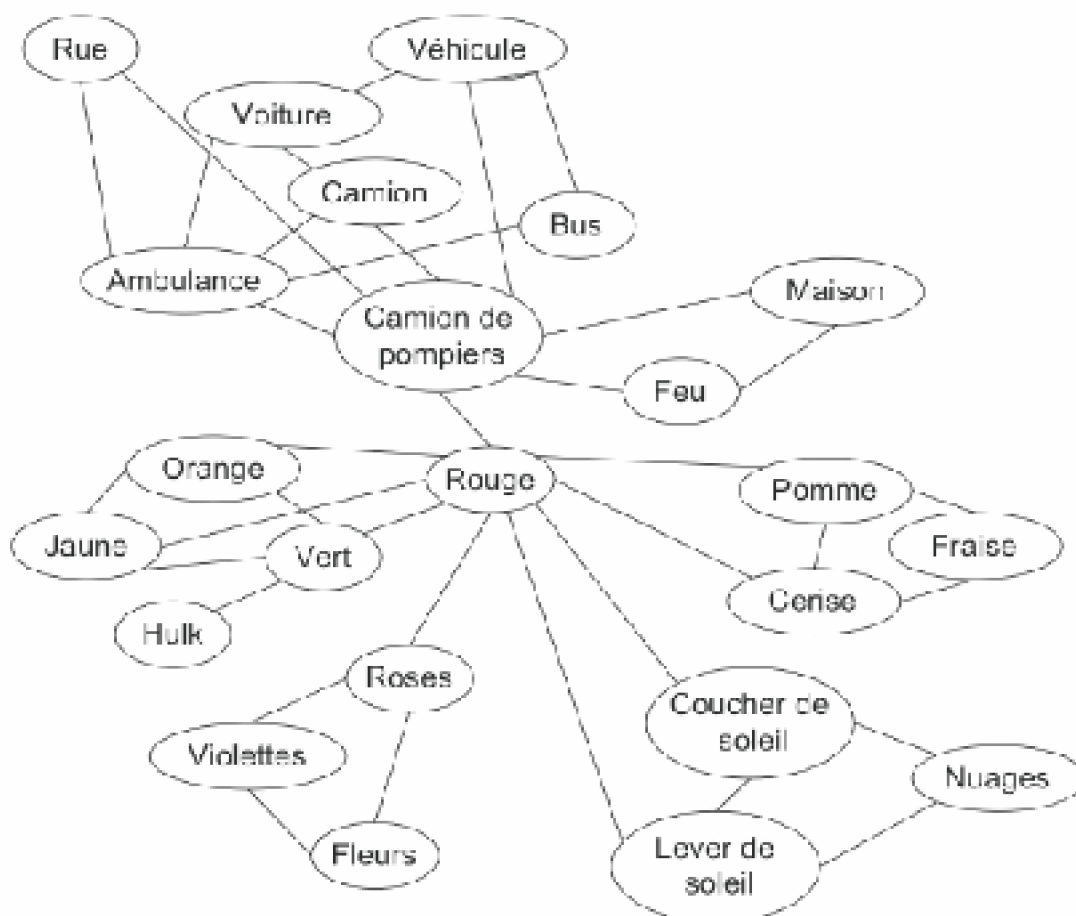


Figure 4 : Exemple schématique d'une partie du réseau sémantique proposé par Collins et Loftus (1975)

Ainsi, la mémoire est un immense réseau de concepts interconnectés. Lorsqu'un concept est activé, il devient le point de départ de la diffusion de l'activation au sein du réseau. Cette diffusion se fait de manière progressive en activant les concepts de proche en proche et de manière automatique. En ce qui concerne ce processus de diffusion de l'activation, processus par lequel deux concepts sont mis en relation, Collins et Loftus émettent deux ensembles de postulats : les postulats locaux et les postulats globaux.

Les postulats locaux définissent les règles applicables au niveau élémentaire du réseau (diffusion de l'activation, quantité nécessaire d'activation, etc.). Ainsi, ces postulats prédisent qu'un seul concept peut être traité : l'activation ne peut se diffuser à partir de deux concepts en même temps. De plus, lorsqu'un concept est traité, l'activation va se diffuser à partir de ce concept vers les concepts qui lui sont reliés. Cette activation se diffuse selon un gradient décroissant : plus on s'éloigne, plus la quantité d'activation va diminuer. Cette décroissance de l'activation est fonction de la force de connexion qui lie deux concepts. En effet, plus le poids est important, c'est-à-dire plus les concepts sont liés, moins l'activation va décroître.

Quant aux postulats globaux, ils règlent l'organisation générale de la mémoire (types de liens entre les nœuds par exemple). La mémoire serait ainsi un réseau codant les propriétés sémantiques. Il existerait, en parallèle de cette mémoire sémantique, un autre réseau : le réseau lexical : l'activation peut alors se propager d'un réseau à un autre.

1.1.1.3. LE MODÈLE PROPOSITIONNEL ACT, ANDERSON (1983)

Dans la lignée des modèles en réseaux, il faut citer le modèle propositionnel d'Anderson, représenté sur la figure suivante (cf. Figure 5) et nommé ACT pour « Adaptive Control of Thought ». Les modèles propositionnels ont été développés pour rendre compte de la mémoire sémantique (Anderson, 1976, 1983 ; Anderson et Bower, 1973 ; Kintsch, 1974 ; Norman et Rumelhart, 1975). Ils supposent que les connaissances sémantiques sont emmagasinées en mémoire déclarative sous forme de propositions, une proposition étant la plus petite unité par laquelle une signification de phrase peut être traduite. Cette proposition est constituée de prédicats et d'arguments, le prédicat spécifiant les relations qui existent entre les différents concepts ou arguments.

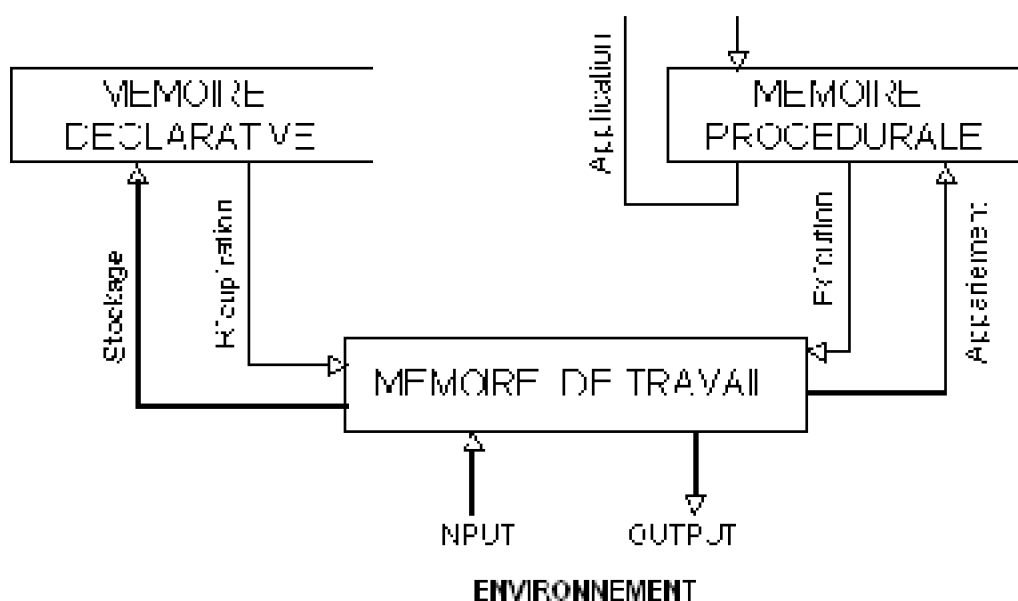


Figure 5 : Représentation du modèle ACT d'Anderson (1983)

L'information en mémoire serait donc représentée au niveau de sa signification et pourrait être représentée sous forme de réseau. Ainsi, le modèle ACT d'Anderson ne diffère pas fondamentalement du modèle de Collins et Loftus (1975) : les connaissances sont organisées en réseau et stockées sous forme de nœuds interconnectés.

Ainsi, les modèles en réseau, hiérarchisés ou non, ont permis de poser les bases de l'étude de la mémoire sémantique. Comme nous allons le voir dans la section suivante, ces modèles ne sont pas les seuls à envisager les connaissances comme des concepts.

1.1.2. Concept : Combinaison de traits

1.1.2.1. LES TRAVAUX DE SMITH, SHOBEN ET RIPS (1974)

À partir d'observations expérimentales, Smith, Shoben et Rips (1974) ont démontré que le modèle de Collins et Quillian ne permettait pas d'expliquer tous les phénomènes observés dans l'étude de la mémoire. En effet, Smith, Shoben et Rips, ont montré que certains exemples d'une catégorie peuvent être vérifiés plus rapidement que d'autres. Les participants peuvent vérifier l'énoncé « un merle (ou un moineau) est un oiseau » beaucoup plus rapidement que l'énoncé « une autruche (ou un pingouin) est un oiseau ». Cette première constatation est inexplicable avec le modèle de Collins et Quillian, puisque, rappelons-le, selon ce modèle, le temps de vérification dépend du nombre de niveaux séparant les limites, le concept et la propriété. Or, puisque tous les exemples de la catégorie d'oiseau sont au même niveau, il ne devrait y avoir aucune différence dans le temps de vérification. De plus, leurs travaux ont montré qu'il était plus rapide de vérifier que « le chien est un animal » par rapport à l'énoncé « le chien est un mammifère ». Ces résultats sont à l'opposé de ce que prédit le modèle de Collins et Quillian puisque la vérification chien-animal implique de traverser deux niveaux dans la hiérarchie tandis que la vérification chien-mammifère n'en implique qu'un.

Ainsi, sur la base de ces observations, Smith, Shoben et Rips ont proposé une alternative au modèle de Collins et Quillian, en définissant un modèle par combinaison de traits, pour défendre l'idée 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 le modèle de Smith, Shoben et Rips, les traits associés à une catégorie varient suivant leur importance pour la définition de celle-ci. Ainsi, une distinction est faite entre les traits définitoires (jugés comme nécessaires et suffisants pour la description de la catégorie) et les traits occasionnels. Par exemple, le concept « oiseau » est stocké en mémoire comme l'ensemble des traits « a des ailes », « peut voler », « a des plumes », etc. Le trait « a des plumes » est essentiel au concept « oiseau » alors que d'autres traits comme la taille, la couleur sont considérés comme non définitoires ; ils sont caractéristiques d'un seul exemplaire. Ainsi, les membres typiques d'une catégorie, tel que le merle pour la catégorie « oiseau », sont ceux qui possèdent plusieurs des caractéristiques de la catégorie ; les membres atypiques de catégorie, tels que l'autruche, sont ceux qui possèdent peu des caractéristiques de la catégorie.

1.1.2.2. LES TRAVAUX D'HOFFMANN (1982)

Hoffmann (1982) est lui aussi partisan d'un modèle où les concepts sont stockés sous la forme d'un ensemble de traits. Il considère l'existence d'au moins deux types de traits, les traits sensoriels (figuratifs) et les traits non sensoriels. Cette distinction aboutit à la description de deux types de concepts : les concepts sensoriels et les concepts catégoriels. Comme le montre la figure suivante, ces concepts sont organisés selon différents niveaux d'abstraction (par exemple: oiseau, oiseau de proie, aigle).

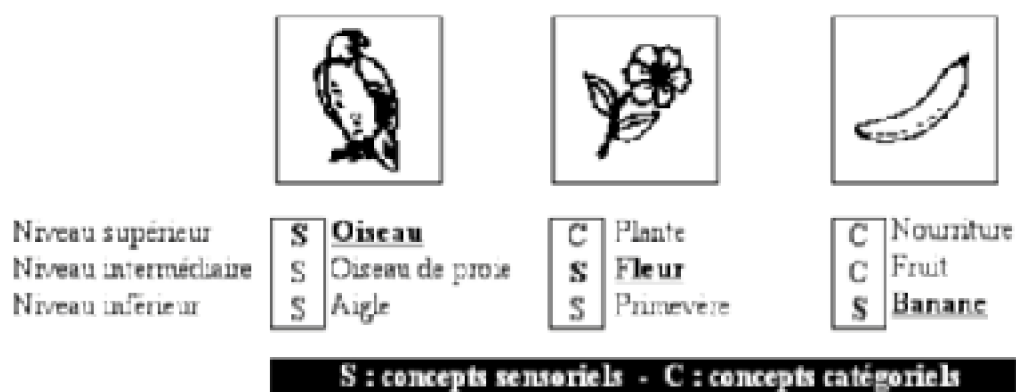


Figure 6 : Exemples de concepts primaires situés à différents niveaux d'abstraction (d'après Hoffman, 1982)

Afin de tester ce modèle, Hoffman a mis en place une tâche de jugement catégoriel de dessins. Les résultats montrent que les temps de réponse sont différents et d'autant plus rapides lorsque le sujet catégorise le dessin en fonction de ses traits sensoriels.

Ainsi, l'accès privilégié serait le concept primaire correspondant aux traits sensoriels de plus haut niveau, ces traits sensoriels seraient les premiers perçus même pour accéder à des catégories sémantiques.

Du fait de cette vision hiérarchique de l'organisation des concepts, ce modèle pourrait être rapproché de celui de Collins et Quillian, mais l'intervention d'un niveau sensoriel amorce un changement radical dans la perception de la nature des informations stockées.

Ainsi, les modèles par combinaison de traits ont amené à décrire les concepts par des traits ; les concepts sont alors reliés entre eux par le nombre de traits partagés. Cependant, le problème du poids des traits n'est pas pris en compte dans les travaux d'Hoffman, alors que ceux-ci ne sont pas équivalents, certains étant plus représentatifs de la catégorie que d'autres. C'est ainsi que Rosch et Mervis (1975) ont introduit la notion de prototype et de typicalité. Les exemplaires les plus typiques servent de prototype pour leurs catégories (cf. ci-après).

1.1.3. Concept : Un prototype (Rosch et Mervis, 1975)

Le prototype, qui est défini par des traits, est la valeur moyenne de la catégorie. Chacun des traits ne joue pas le même rôle en fonction de son importance.

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.

1.1.4. Conclusion sur les concepts

Plusieurs modèles issus de la théorie de la mémoire « systèmes multiples » postulent que les connaissances stockées en mémoire, qu'elles soient des nœuds, des combinaisons de traits ou des prototypes, sont des abstractions des expériences vécues par le sujet. De plus, ces informations sont acontextualisées puisque extraites du contexte d'encodage.

La section suivante va montrer que la théorie « système unique » de la mémoire envisage les connaissances d'une façon complètement différente. En effet, que ce soit les modèles d'exemplaires (Medin et Schaffer, 1978 ; Nosofsky, 1988), les modèles à traces multiples (Hintzman, 1986 ; Whittlesea, 1989), les modèles à trace unique composite (Murdock, 1982 ; McClelland et Rumelhart, 1986) ou enfin le modèle contexte de notre étude (Versace, Nevers et Padovan, 2002), tous postulent que les connaissances stockées en mémoire sont les reflets de nos expériences. Ces traces sont des connaissances épisodiques (localisées ou non selon le type de modèle) et multidimensionnelles.

1.2. Des connaissances non abstractives : des traces

1.2.1. Les modèles d'exemplaires : Medin et Shaffer, Nosofsky

Les modèles d'exemples représentent une première catégorie de modèles dits épisodiques. Dans ces modèles, ce ne sont plus des concepts qui sont stockés en mémoire mais les expériences particulières ou « exemples ». Ainsi, que ce soit dans le modèle de Medin et Schaffer (1978) ou celui de Nosofsky (1988), la mémoire contient des exemplaires uniques, composés d'un nombre variable de traits, stockés séparément. Selon ces modèles, une connaissance générale est accessible à travers l'activation en parallèle des traces d'expériences.

Pour ces modèles d'exemplaires, la décision de l'appartenance catégorielle d'un objet repose sur le calcul d'un degré de similarité comme pour les modèles prototypiques de Rosch et Mervis (1975). Cependant, deux différences fondamentales sont à souligner : les éléments à partir desquels le calcul de la similarité est effectué et les règles de ce calcul. Les modèles d'exemplaires considèrent 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 tel que celui proposé par Estes (1986, 1991, 1994) et Nosofsky qui enrichit ce calcul en tenant compte du fait que, selon les individus, les dimensions définissant les objets seraient plus ou moins saillantes et en introduisant aussi la variable « fréquence de l'exemplaire ». En effet, le modèle contextuel généralisé (GCM, pour Generalized Context Model, Nosofsky, 1986, 1988) démontre que la prise en compte de la fréquence des exemplaires améliore les prédictions du modèle de Medin et Schaffer (1978). Cette introduction de la variable « fréquence », qui suggère la possibilité de stocker en mémoire plusieurs exemplaires d'un même item, amorce le passage vers les modèles à traces multiples tels que ceux proposés par Hintzman, Whittlesea ou Logan (1988, 1991).

1.2.2. Trace comme traces multiples séparées

Toujours dans une conception unitaire de la mémoire et parallèlement aux modèles par exemplaires, les modèles à traces multiples postulent que les traces mnésiques sont localisées et stockées séparément avec une récupération en mémoire qui implique une activation en parallèle de l'ensemble des traces.

1.2.2.1. LE MODÈLE MINERVA 2 DE HINTZMAN

Ce modèle proposé par Hintzman est certainement le plus connu dans cette famille des modèles à traces multiples. La première version de ce modèle, MINERVA 1, fut initialement proposée par Hintzman et Ludlam (1980), dans une étude qui démontrait que les effets observés par Posner et Keele (1968, 1970) et interprétés comme suggérant l'existence de prototypes, pouvaient aussi bien s'expliquer par un modèle tel que celui de Hintzman et Ludlam. Le modèle MINERVA 2 a abandonné la représentation propositionnelle pour une représentation plus simple, basée sur des listes d'attributs. Cette deuxième version permet d'expliquer différents phénomènes de la mémoire, comme l'apprentissage des concepts (Hintzman, 1986), les jugements de fréquence et la reconnaissance (Hintzman, 1987 ; Hintzman, 1988). La figure suivante illustre le fonctionnement de MINERVA 2.

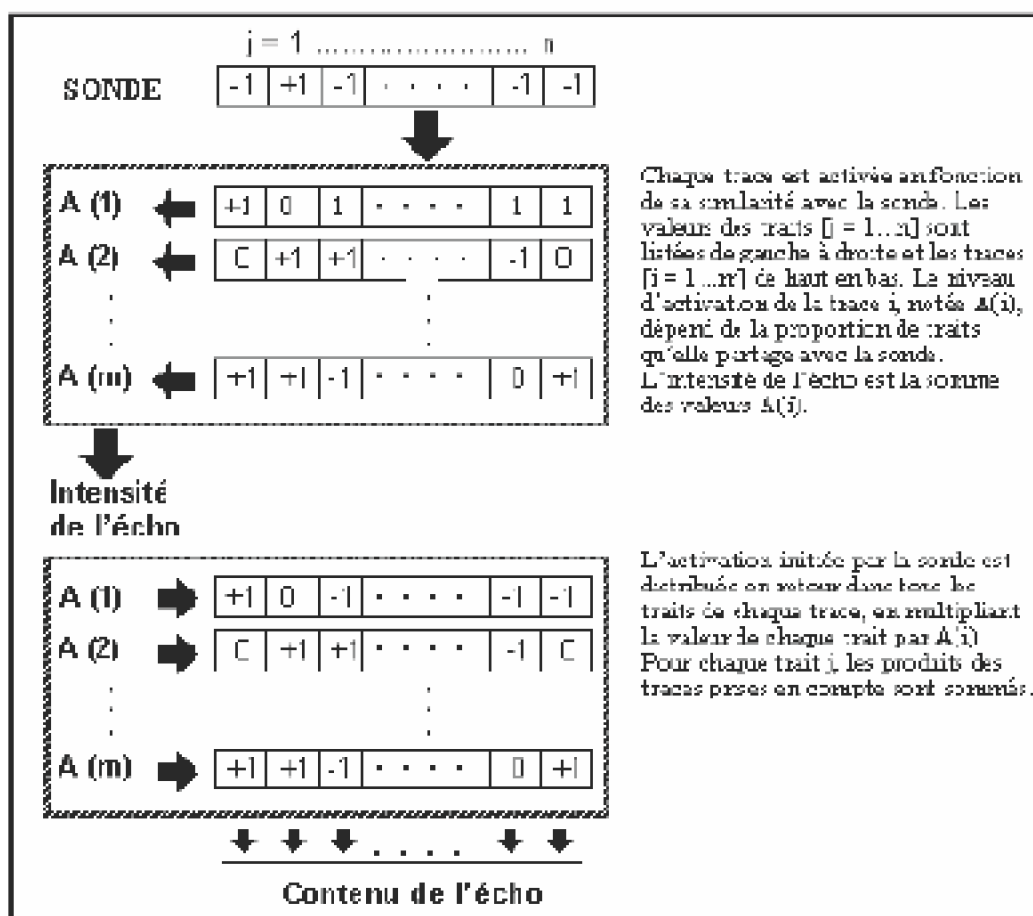


Figure 7 : Schéma du principe de MINERVA II proposé par Hintzman (1986)

Ainsi, comme l'illustre la figure précédente, 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. Ce modèle non abstraitif 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. Toujours sur cette figure, 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.

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 étape, 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 l'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, etc.), 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.

1.2.2.2. LE MODÈLE VISA DE WHITTLESEA (1987, 1989)

Dès 1987, Whittlesea a proposé un modèle de mémoire épisodique à traces multiples permettant de rendre compte de l'émergence des connaissances sémantiques à partir

d'épisodes spécifiques. Selon Whittlesea, chaque présentation d'un item donne lieu à un stockage en mémoire. Ainsi, la mémoire serait constituée de multiples traces encodées séparément, ces traces seraient épisodiques, elles reflèteraient en effet chaque expérience et le contexte de cette dernière. Cette conception de la mémoire est assez proche de celle de Hintzman.

Cependant, pour Whittlesea, d'autres éléments vont entrer en jeu dans la constitution de la trace mnésique comme la tâche demandée au sujet ou le traitement à réaliser sur l'information. En effet, ces éléments vont permettre de déterminer l'allocation d'attention à donner au stimulus, ce qui engendre, suivant la variation de cette dernière, une variation de l'organisation des composantes au sein de la trace. Ainsi, différentes expériences du même événement peuvent engendrer des représentations mnésiques très différentes. La trace reflète alors le degré d'intégration des composantes.

En 1989, Whittlesea développe un modèle connexionniste VISA (Variable Integration and Selective Attention) selon lequel, l'information est encodée en fonction de l'expérience. Ce modèle permet de simuler que des variations au niveau attentionnel conduisent à des représentations mnésiques différentes du même événement. En effet, selon les besoins de la tâche, le sujet focalisera son attention sur une dimension particulière ou bien le traitement d'une dimension sera dépendant du traitement des autres dimensions.

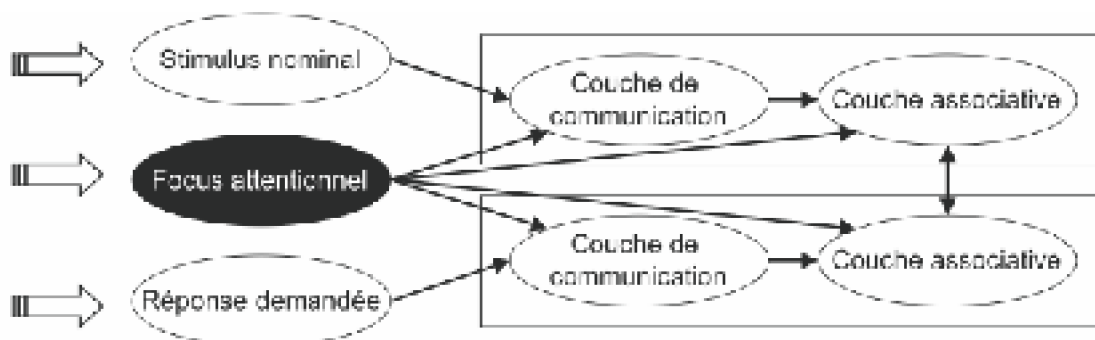


Figure 8 : Représentation du modèle VISA de Whittlesea

Selon la conception connexionniste, la mémoire est un système unique mais distribué sur plusieurs structures cérébrales. Les défenseurs de la distribution envisagent que l'encodage et la pensée d'un objet engendrent une intégration simultanée des informations relatives à cet objet. Sur le plan anatomique, l'intervention du cerveau, dans les tâches mnésiques serait totale et non spécifique.

1.2.3. Trace unique composite

Les modèles présentés dans cette section considèrent les connaissances stockées en mémoire comme des traces uniques composites qui, contrairement aux autres modèles, ne seraient pas localisées mais distribuées sur l'ensemble d'un réseau. Deux types de modèles postulent l'existence de ce type de trace, ce sont les modèles néo-connexionnistes (Murdock, 1982 ; Metcalfe Eich, 1982, 1991) et les modèles connexionnistes (McClelland et Rumelhart, 1986 ; les modèles ART de Grossberg, 1976 ; le modèle de Masson, 1995). Pour tous ces modèles et notamment pour celui de Murdock

ou celui de McClelland et Rumelhart (développés ci-dessous), la mémoire est épisodique et la trace mnésique n'est pas une entité distincte et localisée mais composite et distribuée.

Le modèle TODAM (Theory of Distributed Associative Memory) de Murdock (1982, 1983) est un modèle néo-connexionniste qui représente les informations en mémoire sous la forme de vecteurs contenant des attributs. Dans ce contexte théorique, la mémoire sémantique émergerait de la généralisation de traces épisodiques. Il peut rendre compte d'un grand nombre de phénomènes, comme le rappel, la reconnaissance, la catégorisation ou l'abstraction de prototypes. Il fournit également des règles d'encodage et de récupération, mais il ne précise ni la nature des représentations, ni d'où proviennent les coordonnées des vecteurs qui codent l'information. L'intérêt de ce modèle est de postuler que les traces ne seraient pas localisées mais distribuées sur l'ensemble d'un réseau. De nombreux travaux sont en accord avec cette conception d'un réseau distribué ; en effet, dans une étude réalisée en 1999, Chao, Haxby et Martin mettent en évidence que les informations à propos des objets sont stockées dans un réseau distribué incluant des régions responsables du stockage des informations spécifiques relatives aux objets tels que la forme ou le mouvement.

Parallèlement aux modèles néo-connexionnistes, les modèles connexionnistes comme celui de McClelland et Rumelhart postulent que les traces en mémoire sont composites et distribuées. Les travaux de McClelland et Rumelhart sont précurseurs dans la conception connexionniste, ils proposent dès 1986 le modèle PDP (Parallel Distributed Processing). McClelland et Rumelhart (1986) pensent que le support de la mémoire est une série de modules formant un vaste réseau. Ce système serait constitué de milliers de modules en interaction, chaque module recevant et envoyant de l'information à des dizaines d'autres modules. Un module serait donc un lieu de traitement, capable de combiner des informations en provenance de plusieurs sources. Selon McClelland et Rumelhart (1986), chaque image d'objet est stockée en mémoire sous la forme d'une configuration précise de neurones, ces derniers étant reliés entre eux de façon excitatrice, mais aussi inhibitrice.

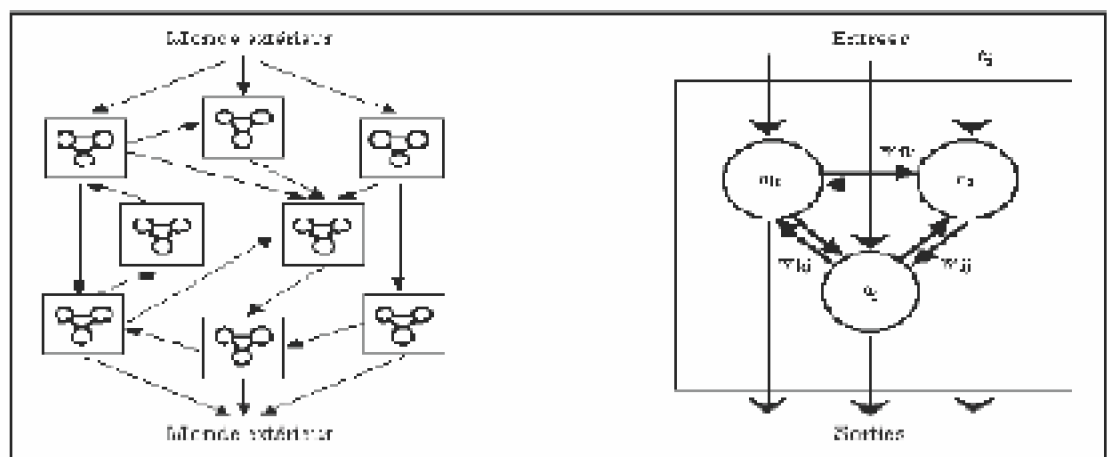


Figure 9 : Modèle PDP proposé par McClelland et Rumelhart (1986)

Selon J. McClelland, le néocortex, grâce à sa structure en « filet de pêche », enregistre l'état du monde en même temps qu'il le perçoit. Mais cet apprentissage est très lent car les réseaux de neurones ne se transforment que s'ils ont été sollicités un grand nombre de fois. Pour apprendre les événements uniques (mémoire épisodique de Tulving), c'est l'hippocampe qui serait capable de retenir quels neurones étaient actifs lors d'un événement unique et de les réactiver lorsque nous repensons à cet événement.

1.2.4. Trace épisodique, multidimensionnelle et distribuée

Ce modèle, défini par Versace, Nevers et Padovan (2002), est en accord avec les principales caractéristiques des modèles à traces multiples, notamment le modèle d'Hintzman. Cependant, son architecture plausible biologiquement tend à le rapprocher du modèle de McClelland et Rumelhart dans sa conception de connaissances distribuées sur l'ensemble d'un réseau. Ce modèle est présenté sur la figure suivante.

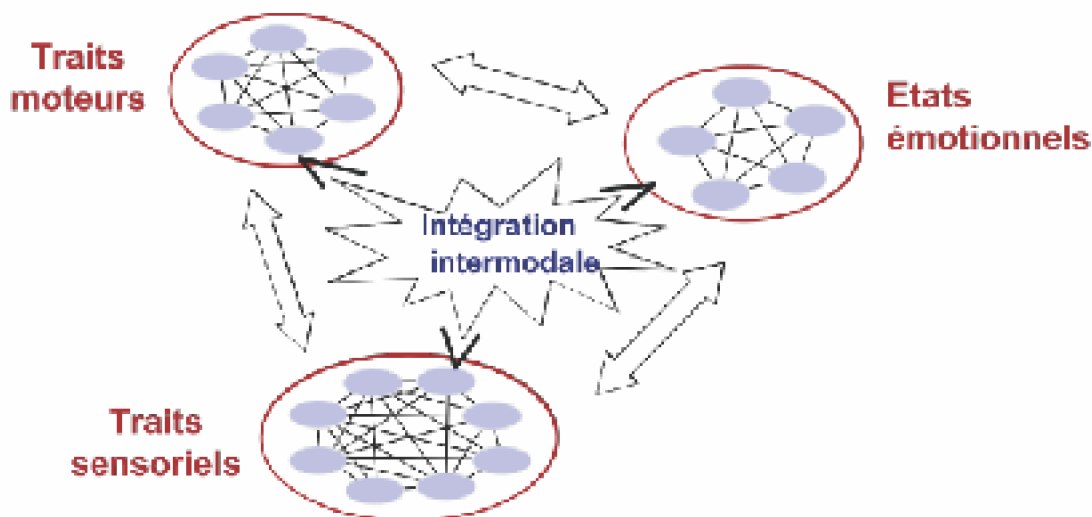


Figure 10 : Architecture d'un modèle épisodique et multidimensionnel de la mémoire à long terme (Versace, Nevers et Padovan, 2002)

1.2.4.1. DES TRACES DISTRIBUÉES

Les traces mnésiques stockées dans cette mémoire ne sont pas localisées (contrairement à Hintzman), ni indépendantes les unes des autres, mais distribuées sur un ensemble de composants ou modules. Ce serait l'ensemble du cerveau qui serait mis en jeu dans la constitution des connaissances, le stockage et la récupération.

Cette conception distribuée se retrouve chez Edelman (1992). Ce dernier pense que les différentes propriétés d'un objet traitées par différentes parties du cerveau sont réunies de manière à produire une perception singulière et unifiée. Toujours pour Edelman, le cerveau est un système adaptatif où sont à l'œuvre les processus que décrit Darwin à propos des espèces : la variabilité, la sélection et la préservation des réponses les plus appropriées. Les unités sur lesquelles opèrent ces processus sont les groupes neuronaux qui constituent le système nerveux. Ces groupes neuronaux se constitueraient par divers mécanismes de sélection. Une première sélection a lieu au cours du

développement à travers des mécanismes cellulaires, puis une seconde forme de sélection se fait tout au long de la vie à travers l'expérience individuelle. En effet, certains circuits neuronaux vont être privilégiés au détriment d'autres, car donnant des réponses plus adaptées au contexte, ils sont plus sollicités. Ces circuits forment des « cartes cérébrales », les informations seraient représentées dans la mémoire par des groupes de cellules corticales, appelés « carte » par Edelman. Les agencements de ces circuits se modifient sans cesse en fonction de leurs configurations antérieures et du contexte actuel.

Damasio (1989) a, quant à lui, proposé une théorie assez proche de celle d'Edelman en développant un modèle d'architecture composée de multiples systèmes neuronaux. Selon lui, toute expérience perceptive impliquerait une activation neuronale simultanée dans de multiples régions du cerveau et principalement dans les aires sensori-motrices. Le traitement de l'information se ferait en parallèle avec de multiples activations simultanées qui vont permettre à des représentations différentes d'émerger. De la même façon, le modèle de Versace *et al.* (2002) considère que les connaissances mnésiques émergent de la réactivation conjointe et simultanée de patterns neuronaux spécifiques et distribués sur l'ensemble du cerveau. Ces patterns codent les différentes dimensions constitutives des connaissances, le caractère multidimensionnel de la trace mnésique étant sa deuxième caractéristique.

1.2.4.2. DES TRACES MULTIDIMENSIONNELLES

Ainsi, comme nous l'avons vu, les traces mnésiques seraient distribuées sur un ensemble de composants ou modules. Chacun de ces modules code de manière distribuée les différentes composantes, ou dimensions, associées à chaque trace. Ces dimensions sont essentiellement sensorielles, motrices et émotionnelles. Ainsi, dans chacune des traces seraient codés les aspects sensoriels, moteurs et émotionnels. On peut imaginer que pour la connaissance « pomme » seraient stockées en mémoire toutes les dimensions sensorielles relatives à cet objet, sa couleur, sa forme, sa texture, son goût mais aussi les aspects moteurs comme la façon de la prendre et même de la manger et enfin, les aspects émotionnels relatifs au plaisir (ou déplaisir) lié à cet aliment. Aussi, face à un stimulus visuel, la photo d'une pomme par exemple, toutes les dimensions sensorielles, motrices et émotionnelles associées à cet objet vont être activées et notamment son odeur, son goût, ces activations étant les mêmes qu'en présence de l'objet lui-même. Ces dimensions stockées (sensorielles, motrices et émotionnelles) sont le reflet des expériences vécues et sont distribuées sur de multiples systèmes neuronaux prenant en charge notamment les traitements sensori-moteurs et émotionnels. Aussi, la troisième caractéristique de ces traces mnésiques est d'être épisodique.

1.2.4.3. DES TRACES ÉPISODIQUES

Les traits codés au niveau de chacune des dimensions ne sont pas des invariants mais dépendent de nos expériences passées. Chacune des traces reflète en effet le contenu de nos expériences passées.

Ainsi, le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) postule l'existence d'une mémoire unique dans laquelle les connaissances seraient des traces épisodiques,

multidimensionnelles et distribuées. Suivant cette conception, la constitution d'une trace nécessite l'intégration des différentes dimensions constitutives de la trace. Enfin, la trace, qui émerge ou qui se construit à partir d'une expérience, résulte de la synchronisation d'activation au sein des différents modules.

1.3. Synthèse

Pour les chercheurs postulant l'existence d'une mémoire sémantique, cette dernière est vue comme un système modulaire et autonome par rapport à la mémoire épisodique et aux systèmes liés à la perception ou à l'action. Ainsi, le système conceptuel serait un système indépendant qui ne partage pas de représentations ou de mécanismes avec les autres systèmes cérébraux.

De plus, les représentations en mémoire sémantique sont amodales, ce qui diffère des représentations multimodales évoquées dans les modèles de mémoire-système unique. Les représentations en mémoire sémantique sont supposées être des redescriptions ou des transductions des représentations multimodales en une nouvelle représentation propositionnelle qui est amodale. Ainsi, ces représentations sont des symboles amodaux arbitraires.

Ces chercheurs postulent aussi que les représentations en mémoire sémantique sont décontextualisées. La représentation d'une catégorie peut être un prototype ou une définition qui distille des propriétés relativement invariables à travers les exemplaires. La représentation de « chat » sera un prototype décontextualisé incluant, « griffe », « moustache », « queue » comme propriétés caractéristiques, les situations d'arrière-plan étant filtrées. Les représentations des catégories en mémoire sémantique ressemblent ainsi aux descriptions encyclopédiques dans une base de données des connaissances catégorielles sur le monde.

Enfin, les représentations en mémoire sémantique sont généralement considérées comme stables. Pour une catégorie donnée, différentes personnes partagent à peu près les mêmes connaissances et la même personne utilise la même connaissance dans différentes occasions. Selon la vision amodale des représentations mnésiques, une représentation conceptuelle n'est pas un pattern d'activation neuronale. En effet, l'activation neuronale qui est générée pendant la perception n'a rien de commun avec les représentations conceptuelles. De plus, cette approche théorique des représentations postule que les représentations utilisent le même format général pour représenter les propriétés issues de différentes modalités. Ainsi, cette façon d'envisager la mémoire ne prédit pas que le système modalité-spécifique va devenir actif pendant des processus conceptuels, ni que différents patterns liés à une modalité vont émerger de catégories ayant un contenu sensoriel varié.

En revanche et à l'opposé de cette conception, ceux qui prônent une mémoire système unique avec des représentations modales postulent que, pendant la représentation conceptuelle d'une catégorie, le système neuronal perceptuel devient actif comme si le membre de la catégorie était présent. En conceptualisant [chat], par exemple, le système visuel va devenir partiellement actif comme si le chat était présent. De la

même façon, le système auditif va reconstruire l'état associé à l'écoute d'un chat, le système moteur va reconstruire l'état associé à « caresser un chat » et le système limbique va reconstruire l'état émotionnel associé à « apprécier l'expérience d'un chat ».

Ainsi, selon les théories « système unique » et notamment le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002), les connaissances émergent de la réactivation d'états sensoriels. Aussi les constituants fondamentaux d'une trace sont sensoriels, moteurs et émotionnels.

L'objectif de cette thèse est d'apporter des arguments en faveur de cette conception de la mémoire à travers un ensemble d'expérience mettant en évidence l'aspect multimodal des connaissances.

Le chapitre suivant va s'efforcer de montrer en quoi certains travaux vont déjà dans le sens de ce modèle. En effet, même si la théorie multi-systèmes semble encore être la plus répandue, de nombreux chercheurs s'intéressent désormais à une conception unitaire de la mémoire. Aussi, de nombreux arguments expérimentaux issus de travaux récents semblent étayer l'hypothèse de traces épisodiques, multidimensionnelles et distribuées.

Chapitre 2 : Des traces sensorielles et motrices

Le chapitre précédent a permis de faire le point sur les différentes façons d'envisager les connaissances. Nous avons pu voir que les théories dites « classiques » postulent pour une mémoire avec de multiples systèmes et des connaissances sémantiques amodales, qui sont des sortes d'abstractions issues des connaissances épisodiques. De plus en plus de modèles remettent en cause ce type de conception et envisagent la mémoire comme un système unique dans lequel les connaissances (ou traces) seraient le reflet des expériences vécues. Selon ces modèles et notamment celui de Versace, Nevers et Padovan (2002), ces traces seraient épisodiques et multidimensionnelles puisque constituées des différentes dimensions des expériences et notamment les dimensions sensorielles, motrices et émotionnelles. Ces connaissances, enfin, seraient distribuées sur l'ensemble du cerveau. L'objectif de ce second chapitre est d'apporter des arguments en faveur de l'idée de connaissances sensorielles et motrices. A travers des disciplines telles que la psychologie cognitive, les neurosciences cognitives ou la neuropsychologie, nous allons voir que de nombreux travaux mettent en évidence le caractère multimodal des connaissances.

2.1. Des connaissances sensorielles et motrices en psychologie cognitive

2.1.1. Connaissances sensorielles

2.1.1.1. VISUELLES

Les travaux de Kosslyn

Kosslyn (1976) a été un des premiers à s'intéresser au format des connaissances en étudiant l'imagerie visuelle : dans une expérience utilisant une tâche de vérification de propriétés, les sujets devaient déterminer si certaines propriétés étaient vraies ou fausses par rapport à des concepts. Par exemple, avec le concept « chat », les sujets devaient dire si la propriété « griffes » était vraie ou fausse. Pour savoir si les sujets utilisent des connaissances amodales ou des connaissances perceptives, Kosslyn a manipulé les instructions données aux sujets d'un même groupe. Pour le premier bloc d'essais, les sujets n'avaient aucune consigne particulière, ils devaient juste vérifier les propriétés. Dans le second bloc, il leur était donné une consigne explicite d'imagerie. Ils devaient ainsi créer une image mentale et vérifier chaque propriété en consultant leur image mentale. Kosslyn a fait varier deux autres facteurs : la taille de la propriété relative au concept et la force d'association entre le concept et la propriété. Les résultats obtenus par Kosslyn montrent que les participants sont plus rapides pour vérifier des propriétés dans la condition neutre que dans la condition d'imagerie. De plus, les temps de réponses dans la condition neutre sont corrélés à la force d'association entre le concept et la propriété, ce qui va dans le sens d'une conception amodale des représentations. Inversement, dans la condition avec consigne d'imagerie, les réponses dépendent de la taille relative des propriétés et non de la force d'association. Kosslyn en conclut qu'il existe à la fois des représentations perceptuelles et des concepts amodaux mais les représentations amodales sont plus facilement accessibles.

Dans une autre expérience, Kosslyn, Ball et Reiser (1978), ont demandé aux participants de s'imaginer sur une île et de faire des déplacements, les points de départ et d'arrivée leur étant spécifiés. Les participants devaient alors indiquer pour chaque déplacement quand ils s'imaginaient arriver à destination (cf. Figure 11 à titre d'illustration).



Figure 11 : Illustration du dessin de l'île utilisé par Kosslyn, Ball et Reiser (1978)

Les résultats ont montré que le temps mis pour simuler un déplacement sur l'île était proportionnel à la distance physique réelle. Ces premiers résultats ont été remis en question par Pylyshyn (1981) qui pense que les sujets ont interprété la tâche demandée comme simuler l'utilisation de connaissances visuo-spatiales. De la même façon, Intons-Peterson (1983) pense que les résultats ont été obtenus avec des participants qui répondent aux attentes des expérimentateurs. Pour Pylyshyn et pour d'autres, il y a une totale indépendance entre le système perceptif et le système conceptuel. Pour eux, quand l'objet est perçu, ses traits visuels sont représentés dans le système perceptuel et le système conceptuel réinterprète cette information comme une liste de traits propositionnels. Par exemple, pour percevoir une pomme, le système perceptuel la représente sous une forme visuelle et le système conceptuel réinterprète cette information dans une liste amodale de traits, avec des entrées telles que « brillante », « rouge » ou « ronde ». Cependant, Denis et Cocude (1989) ont repris l'expérience de Kosslyn, Ball et Reiser (1978) et ont montré eux aussi une corrélation positive entre la distance entre les éléments et le temps mis à scanner l'image mentalement.

Ainsi, certains chercheurs pensent que les participants utilisent des connaissances amodales pour réaliser des tâches de vérification ou de génération de propriétés (Kosslyn, 1976 ; Smith, 1978). Pour ces auteurs, quand ils produisent ou vérifient une propriété, les participants accèdent aux réseaux sémantiques pour produire la réponse demandée.

Cependant, selon Solomon (1997) et Barsalou, Solomon et Wu (1999), les

connaissances sont purement perceptuelles ; ils réfutent donc les résultats obtenus par Kosslyn (1976) et répliquent cette expérience afin de montrer que les résultats obtenus sont dus à un biais dans la construction de l'expérience. En effet, pour Solomon, les liens entre les propriétés et les concepts n'étaient pas les mêmes entre les propositions vraies et les propositions fausses. Ce lien était soit un lien associatif pour les propositions vraies (les mots apparaissent souvent ensemble, par exemple : « chat-griffe »), soit il n'y avait pas de lien pour les propositions fausses (par exemple : « souris-piqûre »). Ainsi, les sujets ont pu utiliser une simple stratégie d'association de mots pour répondre dans la condition neutre. Solomon a donc répliqué cette expérience de Kosslyn en remplaçant les propositions fausses. Pour la moitié des sujets, les propriétés fausses n'étaient pas associées aux concepts (comme dans l'expérience de Kosslyn), par exemple : « singe-corde ». Pour l'autre moitié des sujets au contraire, les propriétés fausses étaient associées aux concepts, par exemple : « singe-banane ». Dans la condition de propositions fausses non associées, Solomon prédisait les mêmes résultats que Kosslyn, les participants utilisant la même stratégie. En revanche, dans la condition de propositions fausses mais associées, Solomon postulait que les participants allaient utiliser leurs connaissances perceptives et simuler la présence de l'objet pour pouvoir réaliser la vérification de propriété comme dans la condition « imagerie ». A l'issue de l'expérience, Solomon a validé ces hypothèses et montré ainsi que les connaissances conceptuelles émergent des connaissances perceptives.

Aussi, les travaux de Solomon amorcent une nouvelle façon d'envisager les connaissances. En effet, selon les défenseurs des connaissances multimodales (comme Solomon), les participants activent toutes les connaissances sensorielles, motrices et émotionnelles associées à ce concept. Pour Barsalou *et coll.*, la réponse serait issue d'une simulation des différentes situations en rapport avec les exemplaires de la catégorie concernée. Ainsi, la réponse serait guidée et émergerait de la réactivation de connaissances perceptives.

Les travaux de Barsalou

Les expériences de Barsalou *et coll.* présentées dans cette section s'attachent à montrer que si les connaissances conceptuelles émergent de la réactivation de représentations perceptives, des variables comme *l'occlusion*, *la taille* ou *la forme* qui affectent le traitement perceptif, devraient affecter le traitement conceptuel. A contrario, si les participants utilisent seulement des représentations amodales pendant le traitement conceptuel, les variables perceptives ne devraient pas affecter la performance. En effet, aucune théorie amodale n'a jamais prévu que des variables comme l'occlusion, la taille ou la forme devraient affecter le traitement conceptuel.

L'occlusion

Wu et Barsalou (en révision) ont étudié l'influence de l'occlusion dans une tâche de génération de propriétés, en demandant à la moitié des sujets de générer une propriété pour des noms concrets (par exemple : pelouse) et en demandant à l'autre moitié des participants de générer une propriété pour le même nom, mais cette fois, ce nom était précédé d'un adjectif induisant une modification (par exemple : pelouse enroulée). Wu et

Barsalou ont fait l'hypothèse que si les participants simulent « pelouse » pour générer des propriétés, ils vont rarement produire des propriétés qui sont cachées comme « saleté » ou « racine ». En effet, comme en perception, ces propriétés ne recevraient pas beaucoup d'attention puisqu'elles sont cachées sous la surface de l'objet. Les résultats obtenus par Wu et Barsalou ont confirmé leurs prédictions : les participants construisent des simulations perceptives pour réaliser la tâche. Ainsi, quand la simulation révèle des propriétés généralement cachées, ces propriétés sont plus souvent générées que lorsqu'elles restent cachées (pelouse enroulée vs. pelouse).

· La taille

Solomon et Barsalou (2004) se sont quant à eux intéressés à l'influence de la variable « taille » dans une tâche de vérification de propriétés comportant 200 essais dont 100 vrais et 100 faux. En ce qui concerne les 100 essais vrais, la propriété était une partie de la catégorie (exemple « manche » pour la catégorie « blouse »). Trois types de variables ont été étudiés : des variables linguistiques (incluant la force du lien entre la propriété et le concept, la fréquence des mots et leur longueur), des variables perceptives (incluant la taille et la position de la propriété, si elles sont cachées, et si elles peuvent être manipulées pendant une action) et la variable « attente » (testant la polysémie des mots de propriété – les mots de propriété peuvent avoir différents sens en fonction des objets). Les résultats ont montré que la variable « taille » joue un rôle très important : plus la propriété est grande, plus elle demande du temps à être vérifiée. De la même manière, plus la région à traiter est grande, plus cela prend du temps pour répondre (les participants vérifient les propriétés en traitant les régions de la simulation qui les contiennent).

· La forme

Toujours dans une tâche de vérification de propriété, Solomon et Barsalou (2001) se sont intéressés à la variable « forme ». Ils ont testé si vérifier une propriété facilitait la vérification de la même propriété quelques essais plus tard, la propriété étant alors associée à un autre concept. L'hypothèse des chercheurs est que si les connaissances sont abstractives et amodales, les performances des participants pour vérifier « crinière-poney » devraient être facilitées par une vérification antérieure de « crinière-lion ». En effet, le concept « crinière » ayant été activé préalablement lors de la première vérification, cette pré-activation devrait être bénéfique pour la deuxième vérification. Cependant, selon la théorie des connaissances multimodales, dans ce cas-là, les participants ne devraient pas voir leurs performances améliorées car les deux « crinières » évoquées sont très différentes d'un point de vue sensoriel. En effet, lors de la première vérification, les participants vont activer et simuler la propriété « crinière de lion » ; cette crinière étant très différente de celle du « poney », la deuxième vérification ne sera pas facilitée. Les résultats ont confirmé cette hypothèse. Vérifier « crinière-poney » est facilité lorsque quelques essais plus tôt les participants ont vérifié « crinière-cheval » (ici, les deux crinières sont similaires du point de vue de la forme). En revanche, ce n'est pas le cas lorsque lors du premier essai, les participants ont vérifié « crinière-lion ». Il est à noter que ces résultats ne sont pas dus à une proximité

sémantique des concepts « cheval » et « poney » car les auteurs ont montré que vérifier « ventre-poney » était facilité de la même manière par la vérification antérieure de « ventre-lion » et de « ventre-cheval ». Donc c'est bien la similarité perceptive qui entre en jeu et non la proximité des concepts.

L'expérience de Rubinstein et Henik

En utilisant une tâche de catégorisation, Rubinstein et Henik (2002) ont étudié l'influence de la congruence de taille entre deux mots ; leur hypothèse était que si des systèmes différents gèrent les connaissances sémantiques et le système perceptif, alors, il ne devrait pas y avoir d'effet de congruence. A contrario, si un seul et même système gère les connaissances sémantiques et la perception, alors un effet de congruence devrait apparaître et ce, quelle que soit la comparaison. Les participants devaient réaliser deux tâches : soit une comparaison selon la taille de la police (critère perceptif), soit une comparaison selon la taille réelle de l'animal (critère conceptuel). L'expérience comportait trois conditions expérimentales selon la congruence entre la taille perceptive et mnésique (conceptuelle pour les auteurs) : congruente, non congruente ou neutre. Dans la condition congruente, le plus grand est le même sur les deux dimensions (lion/fourmi). Dans la condition non congruente, le plus grand sur une dimension est le plus petit sur l'autre (lion/fourmi ; le plus grand pour la taille réelle – lion – est le plus petit pour la taille de la police). En ce qui concerne la condition neutre, seule la dimension pertinente diffère (pour la comparaison de la taille réelle lion/fourmi ; pour la comparaison de la taille de la police lion/lion). Les résultats obtenus par Rubinstein et Henik ont montré un effet de congruence à la fois pour le jugement sémantique et le jugement perceptif. Ces résultats vont dans le sens de connaissances perceptuelles.

Ainsi, les travaux que nous venons d'évoquer semblent montrer que les représentations stockées en mémoire, générées en perception ou utilisées en imagerie, impliquent les mêmes mécanismes et seraient, sinon identiques, au moins très similaires. Dans les trois processus cités (perception, mémorisation, imagerie), l'individu se comporterait comme s'il était face à l'objet. Nous verrons dans le prochain chapitre que Barsalou a développé un modèle rendant compte d'un mécanisme de ré-évoquant de l'objet même en son absence. Cette conclusion du caractère perceptif des connaissances est aussi mise en évidence dans l'expérience de Rubinstein et Henik présentée plus haut.

2.1.1.2. AUTRES DIMENSIONS SENSORIELLES ET PARADIGME INTERMODAL

Les expériences présentées dans la section précédente portaient principalement sur la dimension visuelle des objets. Nous allons maintenant nous intéresser à diverses études qui mettent en évidence l'importance d'autres modalités sensorielles, soit dans des paradigmes incluant une seule modalité (e.g., auditive pour Chiu ; 2000), soit dans des paradigmes dits intermodaux incluant au moins deux modalités (e.g., Pecher *et al.* 2003 ; 2004).

En ce qui concerne la dimension auditive, alors que Stuart et Jones (1995) ont affirmé que l'identification des sons environnementaux passe par des unités sonores abstraites, Chiu (2000), à travers quatre expériences utilisant un paradigme d'amorçage

de répétition, a montré le contraire. Dans une des quatre expériences, après une phase d'encodage, la tâche du sujet en phase test était soit une identification du son, soit un rappel explicite du nom du son. Les sons en phase test étaient soit identiques aux sons de la phase d'encodage, soit correspondaient à un exemplaire différent du son original mais avec le même nom, soit un son non étudié. Les résultats montrent un effet d'amorçage plus important lorsque le son est identique par rapport aux deux autres conditions. Quand on change d'exemplaire entre la phase d'encodage et la phase test, l'amorçage est moindre. Ainsi, une différence perceptuelle suffit à faire diminuer l'amorçage. Ces résultats vont contre l'idée que l'amorçage perceptif pour les sons environnementaux est géré par des représentations purement abstraites. Chiu en a conclu qu'il existe probablement un système de mémoire qui stocke chaque épisode comme une trace séparée dans laquelle la facilité du retraitement d'une cible-son dépend du chevauchement des traits communs entre la cible et une autre trace en mémoire (voir aussi Goldinger, 1996 ; Graf et Ryan, 1990).

Pecher, Zeelenberg et Barsalou (2003) ont voulu tester l'influence des changements de modalité d'une propriété à l'autre. La tâche utilisée dans cette expérience était une tâche de vérification de propriété dans les six modalités sensorielles (par exemple « bruyant/mixeur » pour la modalité auditive). Deux essais consécutifs pouvaient vérifier des propriétés soit dans la même modalité, soit dans des modalités différentes. Les auteurs faisaient alors l'hypothèse que, lorsque la modalité changeait entre deux essais, le temps de vérification allait être plus lent par rapport à la condition où l'on ne changeait pas de modalité, de la même façon que cela a été observé au niveau perceptif (Spence, Nicholls et Driver, 2000). En effet, si les connaissances conceptuelles émergent de connaissances sensorielles et motrices, les phénomènes observés pour les processus perceptuels devraient exister aussi pour les processus conceptuels. Les résultats obtenus par Pecher *et al.* (2003) ont confirmé leur hypothèse : les sujets sont plus rapides pour vérifier « bruyant-mixeur » après « bruissement-feuilles » (même modalité) qu'après « tarte-airelles » (modalité différente).

Dans une expérience similaire réalisée en 2004, Pecher, Zeelenberg et Barsalou, ont testé si les représentations sont affectées par des expériences récentes avec le concept mais impliquant des modalités identiques ou différentes. Un concept (« pomme » par exemple) était présenté deux fois dans une tâche de vérification de propriété avec une propriété différente pour chaque essai. Les deux propriétés impliquaient soit la même modalité sensorielle (« vert », « brillant » pour la modalité visuelle) ou des modalités différentes (« âpre » et « brillante », respectivement pour goût et vision). Entre ces deux essais, le participant réalisait un grand nombre d'autres essais. Il s'est avéré que les temps de vérification et les taux d'erreur pour la seconde présentation étaient plus élevés si les propriétés étaient de modalités différentes par rapport à la condition où elles impliquaient la même modalité sensorielle. Ces résultats suggèrent que, face à la première vérification, le participant a activé, de façon automatique les connaissances sensorielles spécifiques à la modalité de la propriété à vérifier. Si lors de la deuxième vérification, pour le même concept, la modalité est la même, les connaissances sensorielles par rapport à cette modalité sont encore disponibles et donc le temps de vérification est plus rapide.

Pecher *et al.* ne sont pas les seuls à s'être intéressés aux dimensions sensorielles des connaissances dans des paradigmes intermodaux. En effet, Jacoby et ses collaborateurs (1983, 1987) avaient déjà montré l'importance des propriétés perceptives grâce à des travaux sur l'amorçage. En effet, ils ont démontré que l'amorçage de répétition est fortement dépendant de la similarité entre l'épisode d'amorçage et l'épisode de récupération. Des changements de surface entre l'amorce et la cible (format des lettres) ainsi que des changements de modalité sensorielle réduisent les effets d'amorçage.

Il apparaît que, contrairement à l'importante littérature sur la dimension visuelle, il n'existe que très peu de travaux relatifs aux autres dimensions sensorielles, notamment la dimension auditive. Aussi, un des objectifs de cette thèse est de montrer l'importance de la dimension auditive dans le codage des connaissances en mémoire à long terme. Nous utiliserons pour cela un paradigme qui a encore été très peu utilisé, le paradigme d'amorçage intermodal, auditif/visuel. Deux versions de ce paradigme seront élaborées : a) une version permettant d'observer l'amorçage à court terme, afin de montrer le rôle des activations intersensorielles dans l'accès aux connaissances (nous reviendrons dans le chapitre 3 sur le mécanisme d'activations multimodales) ; b) une version permettant d'observer l'amorçage intermodal à long terme, afin de démontrer d'une manière encore plus évidente le caractère sensoriel des traits mnésiques. À notre connaissance, il n'existe pas dans la littérature de travaux mettant en évidence de l'amorçage intermodal à long terme.

2.1.2. Connaissances motrices

La section précédente a présenté un certain nombre de travaux mettant en évidence l'importance des dimensions sensorielles en tant qu'élément constitutif de nos traces mnésiques. Nous allons maintenant voir que de nombreuses études comportementales ont également testé l'importance des dimensions motrices des connaissances.

PERCEPTION ET IMAGERIE MOTRICE

Sheppard et Feng (1972) ont présenté à des sujets des images de cubes en papier dépliés. Sur deux des faces des cubes étaient dessinés des segments (cf. Figure suivante). Il était demandé aux sujets d'indiquer le plus rapidement possible si les segments se toucheraient une fois le cube reformé.

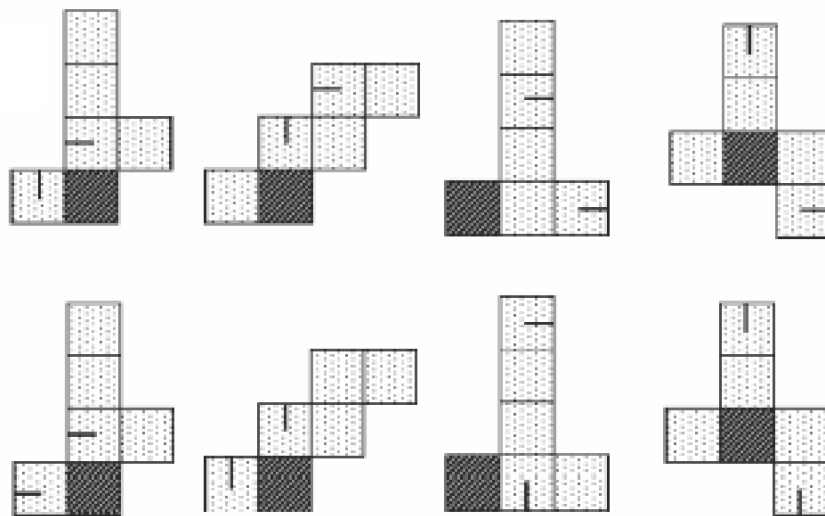


Figure 12 : Exemple de stimuli utilisés dans l'expérience de pliage (Sheppard et Feng 1972)

Les résultats montrent un accroissement du temps de réponse avec l'augmentation du nombre de pliages nécessaires pour reformer mentalement les cubes ; comme si les participants réalisaient chacune des étapes en imagerie. Ainsi, l'imagerie est automatique et est fortement liée à la perception.

Toujours en ce qui concerne la composante motrice des connaissances, Gentilucci *et al.* (2000) ont montré dans une expérience de jugement de latéralité que les représentations motrices sont activées automatiquement. En effet, il était présenté au sujet des photographies de mains tenant une sphère, cette dernière pouvant être petite, moyenne ou grande. La tâche du sujet était de déterminer si la main tenant la sphère était une main droite ou une main gauche.

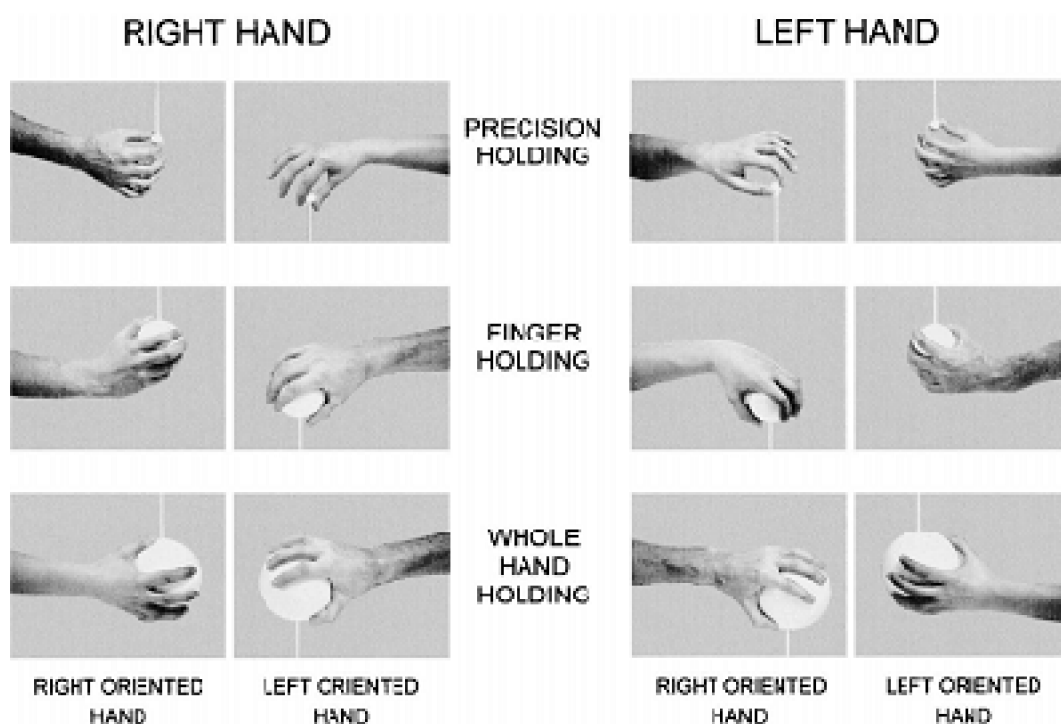


Figure 13 : Stimuli utilisés dans l'expérience de Gentilucci (2000)

Les résultats montrent que les temps de réponse des participants sont d'autant plus longs que le geste de préhension correspondant à l'image demande de la précision. Ainsi, une main tenant une petite sphère (impliquant uniquement le pouce et l'index) sera reconnue moins rapidement qu'une main tenant une grande sphère car le geste impliqué dans ce cas implique tous les doigts de la main.

Frak, Paulignan et Jeannerod (2001) ont montré que le temps nécessaire à un sujet pour s'imaginer une action (par exemple, attraper un verre en différents points selon les consignes et le vider de son eau) était sensiblement le même que le temps nécessaire à sa réalisation physique.

Wohlschläger et Wohlschläger (1998) ont montré que lorsque les participants réalisent une rotation mentale d'un objet en 3D, leurs performances sont plus faibles si la réponse à donner nécessite une action motrice rotative allant dans la direction opposée à la rotation mentale réalisée.

Les travaux de Van den Bergh, Vrana et Eelen (1990) avaient pour objectif de démontrer l'importance de la composante motrice des représentations. La tâche consistait à présenter deux couples de lettres (par exemple WX et ZO) et les sujets devaient indiquer quel couple ils préféraient. Les sujets dactylos choisissaient préférentiellement le couple formé des lettres tapées par différents doigts, car il est plus facile de les coordonner. Pour les sujets non-dactylos, aucune préférence n'est apparue. Les auteurs ont supposé que les participants dactylos ont activé automatiquement les composantes motrices associées à la combinaison des deux lettres, évaluant alors négativement les combinaisons qui étaient difficilement coordonnables (lettres tapées avec le même doigt par exemple).

Ainsi, les travaux sur l'imagerie motrice confirment l'idée que nos représentations mentales s'appuient sur des propriétés motrices pour exécuter mentalement des actions. L'imagerie mentale et la perception sont étroitement liées, les images mentales semblent être similaires aux images réellement perçues en présence de l'objet.

EXISTENCE D'UN AMORÇAGE VISUO-MOTEUR

Craighero *et al.* (1998) ont mis en place deux expériences afin d'explorer la possibilité d'un amorçage visuo-moteur. Les participants étaient informés qu'ils devaient fixer une croix sur l'écran et répondre quand la croix changeait de couleur (« go » signal), en saisissant un des objets avec leur main droite. Les sujets connaissaient à l'avance la nature de l'objet qu'ils devaient saisir, ainsi que la réponse motrice appropriée. 100 msec avant, simultanément ou 100 msec après le « go » signal, une image en deux dimensions d'un objet (l'amorce) était présentée centrée autour du point de fixation. L'amorce était soit congruente (représentation de l'objet à saisir), soit non congruente (représentation d'un autre objet), soit neutre (aucune amorce ou elle ne représente pas un objet à saisir).

Les résultats montrent que, dans la condition « congruente », les temps de réponse pour initier le mouvement de préhension sont plus faibles par rapport aux deux autres conditions. Ainsi, la présentation d'un objet a activé les représentations motrices et donc a rendu plus rapide la réponse ultérieure.

Toujours sur la possibilité qu'une image puisse interférer avec une action, Craighero *et al.* (2002) ont testé si la préparation motrice pour prendre un objet différemment orienté influence la réponse à des images de main. Leur hypothèse est la suivante : les temps de réponse seront plus courts si l'image de la main à traiter est congruente avec la forme de la main en fin de préhension. Les résultats ont confirmé cette hypothèse. Les auteurs concluent sur l'existence d'un lien important entre l'activité motrice et la perception visuelle.

Ces deux expériences de Craighero montrent la possibilité d'un amorçage visuo-moteur : la présentation d'une image peut faciliter une action si l'objet présenté sur l'image implique la même action que celle à réaliser ensuite. Ces résultats ont été ensuite confirmés par de nombreux travaux et notamment ceux de Castiello *et al.* (2002) ou encore Edwards, Humphreys et Castiello (2003)

Tucker et Ellis se sont eux aussi intéressés, à travers de nombreux travaux, à la composante motrice des connaissances. Tucker et Ellis (1998) ont montré par exemple, à travers trois expériences, que voir des objets active automatiquement les composantes de l'action qu'ils impliquent de par leur position, leur forme, leur taille et leur orientation. Dans une première expérience, les stimuli utilisés étaient des images d'objets qui étaient soit à l'endroit, soit à l'envers et qui étaient orientés vers la droite ou vers la gauche (impliquant ainsi la main droite ou la main gauche pour leur préhension).

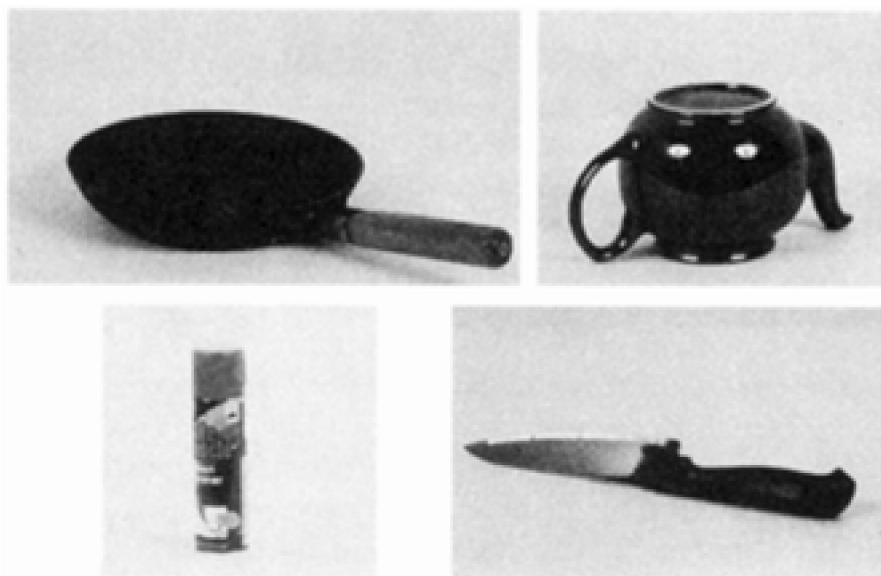


Figure 14 : Exemple de stimuli utilisés - Tucker et Ellis (1998)

La tâche des participants était de juger si les objets étaient à l'endroit ou à l'envers. Les résultats obtenus montrent que les temps de réponse sont plus courts lorsque la main pour répondre correspond à celle impliquée par l'orientation (droite ou gauche) de l'objet. Ainsi, l'observation d'un objet active des composantes motrices qui facilitent la réponse du sujet lorsque le geste impliqué par la réponse est congruent avec les activations motrices.

Ellis et Tucker (2000) se sont également intéressés à l'influence de l'activation de représentations motrices à partir d'un stimulus visuel sur le traitement d'un stimulus auditif. Dans la première expérience, les participants devaient identifier la hauteur d'un son en utilisant un dispositif de réponse (cf. Figure suivante) avec le pouce et l'index ou de préhension avec l'ensemble de la main.

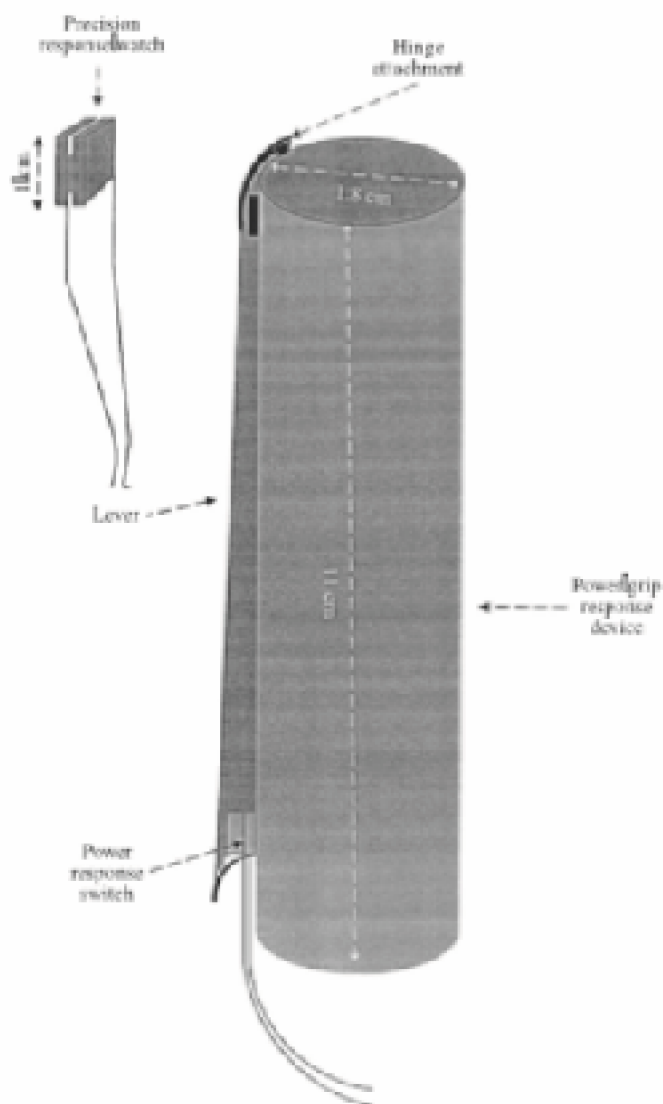


Figure 15 : Dispositifs utilisés par les participants pour réaliser la tâche - Ellis et Tucker (2000)

Chaque son était précédé de l'image d'un objet impliquant lui-même, soit une préhension fine (avec pouce et index), soit une préhension plus globale avec l'ensemble de la main. Les images étaient présentées pendant 700 msec avec une consigne de mémorisation en vue d'une reconnaissance ultérieure. Les auteurs ont obtenu un effet de congruence entre le type de préhension impliqué par l'objet et le type de réponse au son. L'expérience a confirmé cet effet de congruence sur un mouvement de rotation droite/gauche du poignet.

Enfin, Tucker et Ellis en 2004 ont confirmé, à travers trois expériences, qu'un objet visuel amorce l'action qu'il implique. Dans leur première expérience, la moitié des images utilisées représentait des objets naturels (fruit, aliment) et l'autre moitié des objets manufacturés. Pour chaque catégorie, la moitié impliquait un geste précis (petit objet : noix ou cerise pour la catégorie « objets naturels » ; clé ou taille-crayon pour la catégorie « objets manufacturés ») et l'autre moitié nécessitait un geste plus globale (grand objet :

concombre ou poireau pour la catégorie « objets naturels » et bouteille ou brosse pour la catégorie « objets manufacturés »)

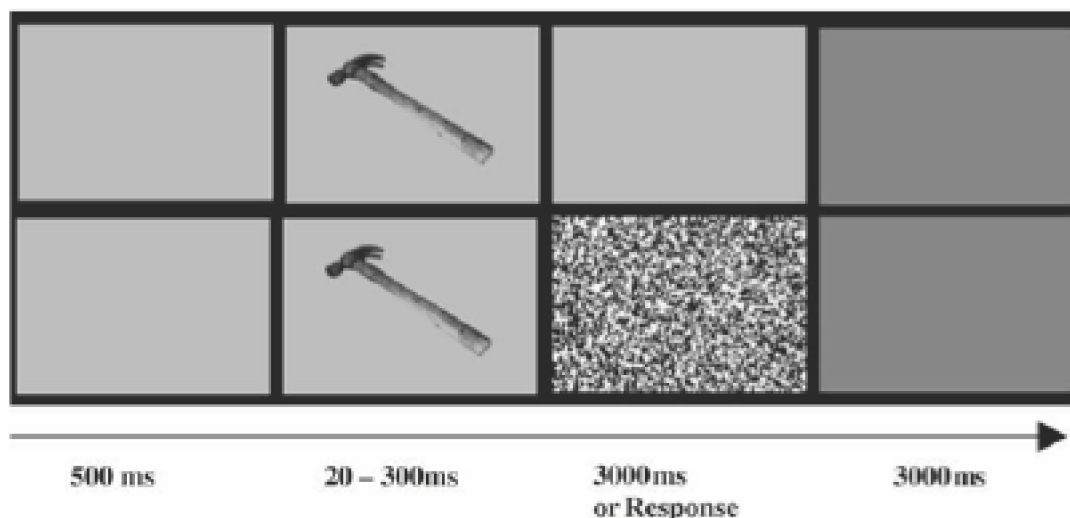


Figure 16 : Exemple d'un essai masqué et d'un essai non masqué dans l'expérience 1

La tâche à réaliser était une tâche de catégorisation en termes d'objets naturels – objets manufacturés. Les participants donnaient leur réponse grâce au dispositif déjà utilisé par Ellis et Tucker (2000), un dispositif de réponse impliquant un geste de précision (pouce – index) et un autre impliquant un geste plus globale (cf. Figure 15). Les résultats obtenus montrent que la composante motrice est activée par la présentation d'un objet (masqué ou non comme présenté sur la Figure 16) et facilite ensuite la réponse du sujet lorsque celle-ci est compatible avec le geste impliqué par l'objet présenté. La seconde expérience a montré que même une image dégradée (image pour laquelle le contraste a été diminué) engendre un phénomène d'amorçage. Enfin, dans une troisième expérience, les auteurs ont observé les mêmes effets d'amorçage en utilisant les noms des objets à la place des images.

Derbyshire *et al.* (2006) ont mené trois expériences pour approfondir les résultats obtenus par Hommel (2002) et Tucker et Ellis (1998, 2004) en s'intéressant plus particulièrement à la distinction entre deux types de préhension (préhension puissante et globale et préhension de précision) ainsi qu'à l'orientation d'un objet à prendre avec une main particulière. Dans une première expérience, les sujets voyaient 4 objets avec la consigne de catégoriser un des objets en tant qu'objet manufacturé ou objet naturel. L'objet à catégoriser était désigné par l'apparition à l'écran d'une flèche le pointant. Ces objets étaient compatibles soit avec une préhension globale impliquant toute la main (marteau ou banane), soit avec une préhension de précision impliquant le pouce et l'index (clé ou cacahuète). La réponse était donnée à l'aide de deux boutons, l'un nécessitant un geste de préhension globale de la main et l'autre impliquant un geste de précision impliquant le pouce et l'index.



Figure 17 : Dispositifs de réponse

Les résultats révèlent un effet de congruence entre la préhension nécessaire à la réponse et la préhension suggérée par l'objet à traiter. Ces résultats sont en accord avec les effets de « micro-affordance » obtenus par Ellis et Tucker (2000). Une seconde expérience a montré que les mêmes résultats sont obtenus que les objets soient vus ou imaginés. Enfin, dans une troisième expérience, proche de celle de Tucker et Ellis, mettant en jeu des ustensiles de cuisine et des outils orientés pour être compatibles avec une préhension soit de la main droite, soit de la main gauche, Derbyshire a obtenu des résultats contraires à ceux de Tucker et Ellis en 1998, c'est-à-dire aucun effet de compatibilité entre l'orientation de l'objet et la main utilisée pour répondre.

Importance de la similarité des dimensions motrices entre une amorce et une cible

Dans une expérience n'utilisant pas l'imagerie motrice, Myung, Blumstein et Sedivy (2006) ont présenté, dans une première expérience, des paires d'amorce-cible auditivement. La tâche du sujet était une décision lexicale sur le mot-cible. Les résultats montrent qu'il est plus rapide de traiter « machine à écrire » après « piano » qu'après « couverture » ; ceci suggère que les réponses des participants sont plus rapides quand l'amorce et la cible impliquent une certaine similarité motrice.

Dans une seconde expérience, Myung *et al.* ont utilisé le paradigme de « eye tracking » dans lequel les mouvements oculaires sont mesurés. Sur l'écran d'ordinateur, quatre images étaient présentées, une dans chaque coin de l'écran. Les participants entendaient un son-cible et devaient toucher la cible le plus rapidement possible.



Figure 18 : Exemple de stimuli utilisés par Myung (2006 - expérience 2)

Les résultats ont montré que lorsque les participants entendent une cible telle que « piano », ils regardent plus souvent « machine à écrire » que d'autres objets non reliés. Ainsi, ces deux expériences ont montré que, face à un stimulus, les traits moteurs sont activés de façon automatique et que cette activation va faciliter le traitement d'une cible même sémantiquement différente si les traits moteurs sont proches. En effet, la première expérience a mis en évidence un amorçage facilitateur sur la base d'une similitude motrice et la deuxième expérience a montré une tendance à fixer les objets qui impliquent les mêmes traits moteurs concernant la manipulation. Ainsi, il existerait une relation étroite entre la perception et les connaissances conceptuelles.

Helbig, Graf et Kiefer (2006) ont montré que simuler une action facilite la reconnaissance de l'objet pour lequel l'action correspond. Par exemple, deux objets sont présentés séquentiellement, un en amorce et l'autre en cible. Ces deux objets pouvaient être associés à la même action (condition congruente) ou à une action différente (condition non congruente).

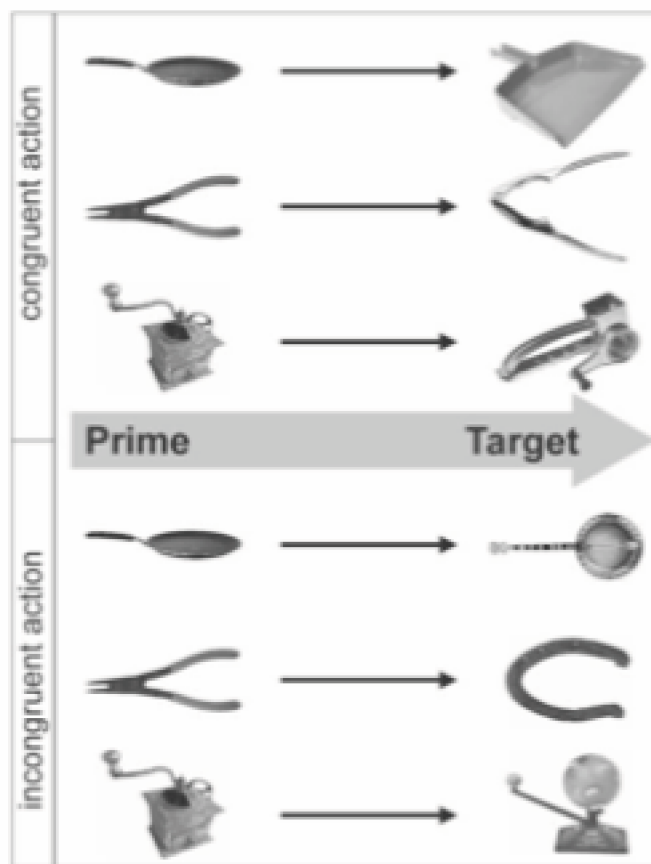


Figure 19 : Exemples de paires d'objets impliquant des actions congruentes ou non congruentes

La tâche des sujets était de nommer chacun des deux objets présentés pour chacun des essais. Les résultats montrent que les sujets dénomment mieux (pourcentage de bonnes réponses plus important) lorsque les deux objets présentés impliquent une action similaire.

L'ensemble des travaux présentés dans cette section met clairement en évidence l'importance des composantes motrices dans la constitution des connaissances. En effet, il apparaît que ces composantes motrices sont activées de façon automatique lorsqu'on perçoit une image d'objet ou quand on imagine l'objet. Dans ces situations, le geste impliqué dans l'utilisation de cet objet est activé et suffisamment pour influencer la réponse motrice suivante.

Les travaux présentés dans la section suivante concernent toujours les composantes motrices et sensorielles des connaissances mais dans un domaine particulier : le langage.

2.1.3. Travaux sur le langage

Les travaux de Zwaan *et coll.* tendent à montrer l'importance des dimensions sensorielles constitutives des traces mnésiques dans la compréhension de texte.

Des connaissances dynamiques

Zwaan, Stanfield, et Yaxley (2002) se sont intéressés à la forme et à l'orientation d'objets pendant la compréhension. Ils ont mis en évidence un effet de simulation perceptive pendant la compréhension. Les participants devaient lire des phrases à propos d'un animal ou d'un objet situé dans un emplacement particulier (par exemple : « aigle dans le ciel » vs. « aigle dans un nid »). Après avoir lu ces phrases, il leur était montré un dessin de l'objet en question et il leur était demandé, dans une première expérience, de décider si l'objet dessiné était mentionné dans la phrase ou pas et, dans une seconde expérience, de nommer l'objet. Dans ces deux expériences, les participants ont répondu plus rapidement lorsque la forme de l'objet dessiné correspondait à la forme de l'objet dans la phrase (aigle avec les ailes déployées ou non). Ces résultats suggèrent donc que, pendant la compréhension de phrase (activité généralement considérée comme utilisant des connaissances abstractives et conceptuelles), les participants utilisent des simulations perceptives telles que les décrit Barsalou. Ces simulations perceptives des situations décrites dans la phrase influencent ensuite la réponse des sujets dans la tâche de vérification d'objets ou de dénomination.

Zwaan, Madden, Yaxley et Aveyard (2004) postulent eux aussi que les connaissances sont des traces perceptives. La compréhension du langage nécessiterait l'activation de représentations perceptives dynamiques. Les participants entendaient une phrase impliquant le mouvement d'un objet se rapprochant ou s'éloignant du participant (par exemple : « les enfants vous jettent la balle » vs. « vous jetez la balle vers les enfants »). Cette phrase était suivie de deux images consécutives (séparées par un masque de 150 msec). Ces images pouvaient représenter deux objets identiques avec une différence de taille entre les deux qui générerait l'impression d'un mouvement d'approche (lorsque la deuxième image était plus grande que la première) ou un mouvement d'éloignement (lorsque la seconde image était plus petite que la première). Les images pouvaient également représenter deux objets différents. La tâche du participant était de dire si ces objets étaient identiques ou différents.

Les résultats ont montré que, lorsque les objets étaient identiques, les participants étaient plus rapides lorsque le mouvement induit par les images était congruent avec le mouvement décrit dans la phrase. Il semble donc, d'après ces résultats, que la compréhension d'une phrase implique une simulation perceptive et dynamique de la situation décrite.

Parallèlement à ces travaux de Zwaan *et al.* (2002), Glenberg et Kaschak (2002) se sont intéressés à l'influence du mouvement dans une tâche où il était demandé aux participants de juger des phrases comme ayant ou non du sens. Les phrases correctes décrivaient une action impliquant un mouvement du bras qui se rapproche ou s'éloigne du corps. Par exemple, « ouvrir le tiroir » ou « mettre votre doigt sous votre nez » implique des actions du bras qui se rapproche du corps ; alors que « fermer le tiroir » ou « mettre le doigt sous le robinet » impliquent des actions du bras qui s'éloigne du corps. La réponse correspondant à ces phrases demandait elle-même un déplacement du bras vers le corps ou s'éloignant du corps. Le boîtier de réponse qui a été créé spécialement comportait trois boutons plus ou moins éloignés du sujet (près, milieu et loin) pour lui permettre de donner

sa réponse. Chaque phrase était initiée en appuyant sur le bouton du milieu, le participant appuyait ensuite pour donner sa réponse, soit sur le bouton le plus loin (mouvement éloignant le bras de son corps), soit sur le bouton le plus près (mouvement rapprochant le bras de son corps). Les résultats montrent que la compatibilité entre le mouvement décrit dans la phrase et le mouvement à réaliser pour répondre améliore les performances du participant. Ces résultats constituent ainsi des arguments supplémentaires en faveur de l'idée de connaissances sensorielles et motrices.

Interaction des dimensions motrices activées

Dans la même lignée, Kaschak, Madden, Therriault, Yaxley, Aveyard, Blanchard, et Zwaan (2005) ont mené des travaux pour valider cette même hypothèse de simulation perceptive de l'événement décrit dans la phrase. Leur objectif était de mieux comprendre comment se construisent ces simulations. Les sujets écoutaient et devaient juger des phrases qui décrivent un mouvement allant dans une direction particulière (la voiture s'approche de vous). Simultanément à la présentation auditive de cette phrase, ils voyaient des stimuli noirs et blancs qui engendraient la perception d'un mouvement dans la même direction ou dans une direction opposée à celle décrite dans la phrase. Les résultats montrent que les sujets sont plus rapides lorsque les phrases décrivent un mouvement dans le sens opposé à celui perçu visuellement. Ainsi, cette expérience, comme la précédente, suggère que les simulations relatives à la compréhension du langage ont un caractère perceptif dynamique dans leur élaboration. L'effet inhibiteur de la congruence des mouvements résulte d'après les auteurs, d'une « compétition » entre l'élaboration de la représentation mentale nécessaire à la simulation de la phrase et celle nécessaire à la simulation de l'objet perçu. Ils considèrent en effet que les régions cérébrales impliquées dans l'élaboration de ces représentations sont sous-tendues par les mêmes structures neuronales et donc que les représentations ne peuvent s'élaborer simultanément mais au contraire successivement.

Dans une étude réalisée en 2006, Kaschak, Zwaan, Aveyard et Yaxley ont eux aussi étudié à travers une série de trois expériences le lien entre perception et langage. D'après ces travaux, la compréhension de phrase peut être perturbée par la présentation visuelle d'un stimulus dans la même direction ou une direction opposée à la direction décrite dans la phrase. Dans la présente étude, Kaschak *et al.* ont montré l'influence d'un stimulus auditif sur la compréhension de phrase. Les participants à cette expérience devaient lire une phrase (présentée mot par mot) qui était accompagnée de la présentation d'un stimulus sonore (un bruit blanc) créé de manière à donner une impression de mouvement. Les résultats montrent que les réponses sont plus rapides lorsque le mouvement décrit dans la phrase diffère de celui suggéré par le bruit blanc.

Ainsi, face à un stimulus, les activations sont multiples, sensorielles, motrices et dynamiques. L'autre phénomène important mis en évidence par les travaux de Zwaan est celui de l'interaction entre les différentes dimensions activées ; ces processus d'interaction seront développés plus longuement dans le chapitre 3.

2.2. Des connaissances sensorielles et motrices : données issues des

neurosciences

2.2.1. Connaissances sensorielles

Grâce à une étude utilisant la technique d'IRMf, Kraut *et al.* (2002) a montré que, contrairement à ce qui a été postulé par certains chercheurs, les connaissances ne seraient pas organisées en catégories mais en fonction des traits qui les caractérisent. En effet, dans une expérience où les participants devaient dire si, oui ou non, deux mots appartenaient à la même catégorie (animaux, outils ou fruits), les résultats ont montré que l'activation des régions cérébrales ne se fait pas sur la base d'une communauté de catégories mais sur la base d'une communauté de traits et notamment de manipulabilité des objets. Ainsi les traits constituent une importante structure organisatrice des connaissances.

L'objectif de Kan *et al.* (2003) a été de montrer que les régions corticales visuelles sont impliquées pendant des traitements sémantiques même s'il n'y a pas de consigne d'imagerie. La tâche du participant était de vérifier une propriété avec deux conditions : paires associées (comme dans les travaux de Solomon, 2004) et paires non associées (comme celles de Kosslyn, 1978). Ainsi, les auteurs ont mis en place trois sortes d'essais : vrais, faux associés comme « canari-chante » (car la propriété n'est pas une partie du concept mais les deux sont associés) et faux non associés comme « canari-vin ». Les résultats montrent que la récupération de connaissances sémantiques, en l'absence de consigne d'imagerie, active des régions du cortex visuel. Cette activation pendant des processus sémantiques étaye l'idée de connaissances conceptuelles qui émergent du système perceptif.

Simmons, Martin et Barsalou (2000) se sont intéressés à une catégorie particulière, les aliments ainsi qu'à une modalité peu étudiée, le goût. Ils ont montré, dans une étude en IRMf que, quand les participants voient une image d'aliment, les aires impliquées dans les traitements gustatifs sont activées. Ainsi, ces aires ne sont pas seulement actives lorsqu'on goûte un aliment mais aussi quand on regarde une image d'aliments. Ces observations vont dans le sens de connaissances multimodales.

Toujours en utilisant la technique d'IRMf, Simmons, Pecher, Hamann, Zeelenberg et Barsalou (2003) montrent que les connaissances émergent d'un système multimodal. En effet, les participants doivent réaliser une tâche de vérification de propriétés sans avoir de consigne d'imagerie. Cette tâche de vérification est réalisée pour chacune des six modalités (pierre précieuse-scintillement pour la vision ; mixeur-bruyant pour l'audition ; robinet-tourner pour l'aspect moteur ; marbre-frais pour le toucher ; concombre-doux pour le goût ; savon-parfumé pour l'odorat). Comparativement à une condition de base (décision lexicale), les résultats ont montré pour chacune des modalités une activation significative des aires neuronales respectives. Il est à noter aussi que les activations ne reflètent pas uniquement la propriété traitée ; en effet, dans les essais de vérification visuelle, il n'y a pas uniquement les aires visuelles qui ont été activées. Ces résultats mettent en évidence une activation multimodale comme le postule le modèle-contexte de notre étude.

Dans une expérience de Wheeler, Petersen et Buckner (2000), les participants

apprenaient un ensemble d'images et de sons puis, ils devaient réaliser une tâche de rappel. Les résultats ont montré que pendant la tâche de rappel, les régions auditives et visuelles du cortex sont activées différemment selon la modalité de l'item rappelé (visuel ou auditif). Ainsi, le fait de rappeler des informations réactive les mêmes régions sensorielles activées pendant la perception de ces items.

Ainsi, un certain nombre d'études dans le domaine des neurosciences confirment ce que les études comportementales présentées auparavant semblaient montrer, c'est-à-dire que les connaissances sont principalement définies à partir de composants sensoriels. En effet, lors de tâches dites sémantiques, les chercheurs ont observé des activations des aires sensorielles et ceci sans consigne d'imagerie. Les travaux présentés dans la section suivante ont permis de montrer, qu'en plus de l'activation des traits sensoriels, les traits moteurs, eux aussi, sont constitutifs des traces stockées en mémoire et sont activés lors de traitements plus conceptuels.

2.2.2. Connaissances motrices

ACTION ET IMAGERIE : MÊMES STRUCTURES IMPLIQUÉES

Decety a réalisé de nombreux travaux sur l'imagerie motrice afin de montrer la similarité des processus impliqués dans l'action et l'imagerie motrice et ceci à l'aide de techniques aussi diverses que la chronométrie mentale¹, l'étude des réponses autonomes ou la mesure du flux sanguin dans les régions cérébrales.

Dans une première expérience utilisant la chronométrie mentale (Decety et Michel, 1989), il était demandé aux sujets de réaliser deux tâches graphiques : dessiner un cube et écrire une phrase en utilisant soit la main droite (dominante), soit la main gauche. Les résultats montrent que les temps nécessaires pour exécuter la tâche physiquement ou pour l'exécuter mentalement sont identiques. De plus, la tâche exécutée mentalement de la main gauche est plus lente que la tâche exécutée mentalement de la main droite et ce dans les mêmes proportions que lors de l'exécution physique de l'action.

Dans une seconde expérience (Decety, Jeannerod et Prablanc, 1989), les sujets, yeux bandés, devaient soit marcher, soit s'imaginer marcher jusqu'à une cible. Les temps pour arriver jusqu'à la cible sont les mêmes quelle que soit la condition, imagerie ou réel. De plus, lorsque la cible s'éloigne, le temps pour l'atteindre augmente aussi dans les deux conditions (ceci réplique les résultats trouvés dans les expériences de Scanning menées en imagerie visuelle). Ces résultats montrent bien que les traitements impliqués dans l'imagerie motrice sont les mêmes que dans la réalité.

En étudiant les réponses du système autonome, l'hypothèse de Decety était la suivante : si l'imagerie motrice implique des processus impliqués dans la programmation motrice, l'activation neuro-végétative doit être proportionnelle à l'effort imaginé. Cette hypothèse a été validée dans une expérience de 1991, qui a montré que le rythme cardiaque et l'activité respiratoire augmentaient en condition d'imagerie avec le degré d'effort imaginé. Wang et Morgan (1992) ont confirmé les résultats précédemment

¹ c'est-à-dire la comparaison entre le temps mis à réaliser mentalement un mouvement et le temps mis à le réaliser réellement.

obtenus par Decety. Dans une expérience où les sujets devaient imaginer soulever des haltères, les résultats ont montré que l'imagerie motrice engendrait une augmentation importante de la ventilation ainsi qu'une augmentation significative de la pression systolique. Ainsi, des gestes imaginés ou réalisés demandent non seulement le même temps pour être exécutés, mais ont également des effets similaires sur les paramètres végétatifs comme le rythme cardiaque ou la respiration.

Enfin, pour finir sur les travaux de Decety, ce dernier a montré (Decety *et al.*, 1988), grâce à la mesure du flux sanguin dans les régions cérébrales, que les mêmes activations cérébrales sont générées pendant une tâche de mouvements graphiques (écrire un, deux, trois, etc.), et dans une activité d'imagerie de ces mêmes mouvements.

Ce constat rejoint les travaux de Beisteiner *et al.* (1995) qui ont montré que les structures impliquées par l'action et l'imagerie motrice sont les mêmes. Hollinger *et al.* (1999) est lui aussi arrivé à la conclusion d'une communauté de structures impliquées dans l'exécution et l'imagination ; ces résultats ont été obtenus en utilisant un EEG² et en étudiant les mouvements de saccades oculaires. Par ailleurs, les sujets avaient pour tâche, dans une première phase, d'observer et de mémoriser le mouvement d'un point exécutant quatre sauts sur l'écran d'ordinateur. Dans une seconde phase, le sujet devait soit bouger les yeux comme la séquence, soit imaginer bouger les yeux comme la séquence, soit imaginer le début de la séquence. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence entre l'activité électrique mesurée pendant l'exécution volontaire des mouvements des yeux et leur simulation ; ce qui suggère que ce sont les mêmes structures cérébrales qui sont impliquées dans les deux cas. Cette expérience réplique l'expérience en TEP³ réalisée par Lang *et al.* (1994) qui avaient trouvé les mêmes résultats dans une tâche où les sujets devaient soit exécuter, soit imaginer des saccades horizontales. Cette conclusion de mécanisme commun a aussi été retrouvé par Stippich *et al.* (2002) dans une étude en IRMf⁴.

Avec une autre technique, celle des stimulations magnétiques transcrâniennes⁵

² L'électro-encéphalographie est la mesure de l'activité électrique du cerveau en appliquant des électrodes sur le cuir chevelu. Le tracé résultant est appelé électro-encéphalogramme (EEG).

³ TEP pour Tomographie à Emissions de Positons. Cette technique est un examen d'imagerie médicale mesurant l'émission photonique après désintégration de positons produisant une image en 3 dimensions.

⁴ L'imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) est une application de l'imagerie par résonance magnétique à l'étude du fonctionnement du cerveau. Elle consiste à alterner des périodes d'activité (par exemple bouger les doigts de la main droite) avec des périodes de repos, tout en acquérant des images de l'intégralité du cerveau toutes les 3 secondes.

⁵ La Stimulation Magnétique Transcrânienne consiste à appliquer une impulsion magnétique sur le cerveau à travers le crâne de façon indolore en plaçant une bobine à la surface de la tête. Ces champs magnétiques induisent un champ électrique qui modifie l'activité des neurones situés dans le champ magnétique de la TMS. La TMS est utilisée comme outil de recherche en neurosciences cognitives. Dans ce cas, la TMS est considérée engendrer une lésion artificielle de la zone visée par le champ magnétique. En observant les modifications des performances cognitives, des informations sur le rôle fonctionnel de la région soumise au champ magnétique peuvent être déduites.

(TMS pour Transcranial Magnetic Stimulation), Abbruzzese *et al.* (1999) ont montré une similarité entre l'inhibition cortico-cortical pendant une contraction volontaire et pendant une imagerie motrice, ce qui suggère là encore des mécanismes identiques dans les deux phénomènes (voir aussi les travaux de Fadiga *et al.* 1999).

Ainsi, l'ensemble des travaux cités précédemment (auxquels nous pouvons ajouter ceux de Jeannerod, 1995, 2001 ; Jeannerod et Frak, 1999 ; Jeannerod et Decety, 1995 ; Papaxanthis *et al.*, 2002 ; Johnson *et al.*, 2002) montrent que lorsque les participants répètent mentalement une action, les activités neuronales impliquées sont similaires à celles impliquées pendant l'exécution motrice de ces mêmes actions. Il semble donc qu'il y ait une similarité des processus impliqués dans les processus de perception et de manipulation.

ACTIVATION AUTOMATIQUE DES DIMENSIONS MOTRICES (SANS IMAGERIE MOTRICE EXPLICITE)

Tout d'abord deux études de type TEP, Grèzes et Decety (2002) et Grafton *et al.* (1997), ont montré l'implication des aires motrices pendant la perception d'objet : quand les participants nommaient et récupéraient des informations à propos d'outils, le cortex prémoteur était activé et ceci en l'absence d'une demande explicite d'action ou d'imagerie motrice. Toujours en TEP, Martin, Wiggs, Ungerleider et Haxby (1996), dans une tâche d'identification de dessins représentant soit des animaux, soit des outils ont montré que l'identification d'animaux implique des aires relatives aux perceptions visuelles précoces alors que celle des objets met en jeu le cortex pré-moteur. Les auteurs ont alors suggéré que les connaissances sont stockées dans un réseau distribué des régions corticales et que cette organisation est étroitement associée à l'organisation sensorielle et motrice. Cette conclusion avait déjà été celle de Rosler, Heil et Henninhsen (1995) dans une étude de mémorisation à long terme à partir de l'observation de potentiels évoqués. Elle est confirmée par Chao et Martin (2000), qui ont observé dans une étude en IRMf, une activation des aires motrices dans une tâche de dénomination d'images d'outils.

Lewis *et coll.* (2005), quant à eux, ont montré qu'entendre un bruit d'un outil et le manipuler (faire un mouvement de la main droite) aboutit à l'activation des mêmes aires cérébrales. Au cours de leurs expériences, les sujets devaient écouter des sons d'objets et d'animaux, leur tâche étant de les catégoriser mentalement en termes d'objet/ être vivant. Les résultats ont montré qu'entendre le bruit d'un outil active le cortex prémoteur.

Enfin, Pulvermüller, Hauk, Nikolin et Ilmoniemi (2005) ont montré en utilisant une technique de TMS que, lorsqu'on stimule les aires de l'hémisphère gauche responsables de la motricité du bras et de la jambe, les performances des sujets étaient facilitées dans une tâche de décision lexicale pour des mots faisant référence à des actions du bras ou de la jambe.

ACTIVATION DU CORTEX PREMOTEUR ET DES ORGANES EFFECTEURS DANS LA COMPRÉHENSION (LECTURE OU ÉCOUTE PASSIVE) DE PHRASES, MOTS OU LETTRES

Martin, Haxby, Lalonde, Wiggs et Ungerleider (1995), dans une étude de type TEP, ont utilisé une tâche de génération de mots désignant soit des couleurs, soit des actions. Les

résultats montrent que la génération de mots de couleur active des zones cérébrales impliquées dans la perception des couleurs, alors que générer un mot désignant une action implique des zones relatives à la perception des mouvements. De la même manière, Ungerleider (1995), avec la même tâche de génération, observe une implication de la région ventrale du cortex temporal pour la génération de noms de couleurs et de la région dorsale du médian temporal pour les actions.

Tyler, Stamatakis, Dick, Bright, Fletcher, et Moss (2003) ont utilisé l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pour examiner les activations neuronales associées à des traitements de noms d'objets et de verbes se référant aux actions potentiellement réalisables sur ces objets. Les résultats montrent que les noms d'objets et les actions qui leur sont associées activent les mêmes régions neuronales. Toujours en utilisant la technique d'IRMf, Hauk *et al.* (2004) ont confirmé le fait que le pattern des activations corticales obtenu en réponse à un mot d'action reflète la représentation corticale de l'action à laquelle le mot se réfère. En effet, dans une tâche de lecture passive, ils ont présenté aux participants des mots d'action faisant référence au visage, aux bras ou aux jambes (par exemple : lick, pick ou kick pour lécher, gratter, donner un coup de pied). Dans cette condition de lecture passive, la présentation de ces items a activé des aires qui sont adjacentes ou qui chevauchent les aires normalement activées par un mouvement de la langue, des doigts ou des pieds. Ainsi, le sens d'un mot d'action est corrélé à l'activation du cortex moteur et prémoteur.

Buccino *et al.* (2005, in press) ont enregistré les potentiels évoqués moteurs des muscles des mains et des pieds pendant que les participants entendaient des phrases décrivant ou non des actions réalisées par les mains ou les pieds. Les résultats montrent qu'il y a clairement une modulation de l'activité du système moteur pendant l'écoute de phrases exprimant des mouvements de mains ou de pieds. Cette modulation est spécifique aux effecteurs impliqués dans l'action écoutée. En effet, écouter une phrase contenant une action de la main induit une diminution de l'amplitude des MPEG enregistrés des muscles de la main. Les données comportementales issues de cette expérience montrent que les temps de réaction sont plus lents quand les participants répondent avec le même effecteur que celui impliqué dans l'action entendue. Dans une expérience complémentaire de celles de Buccino *et al.*, Tettamanti *et al.* (2005), en IRMf, ont montré qu'écouter des phrases exprimant des actions exécutées avec la bouche, la main, ou le pied produisait des activations de différents secteurs du cortex prémoteur dépendant de l'effecteur utilisé dans la phrase.

En ce qui concerne le traitement des lettres, Longcamp, Anton, Roth, et Velay (2003), ont montré, en IRMf, que le cortex prémoteur gauche était activé quand des caractères alphabétiques étaient observés passivement par des droitiers (les régions activées étant les mêmes que celle impliquées dans l'écriture). Ceci suggère que percevoir des lettres active automatiquement les mouvements d'écriture. Dans une expérience complémentaire, destinée à confirmer les résultats précédents, Longcamp *et al.* ont testé des participants gauchers. L'hypothèse était que si les conclusions précédentes étaient correctes, la perception de lettres chez les gauchers devrait activer les aires motrices codant les mouvements pour les gauchers (donc dans l'hémisphère droit). La tâche des participants était de regarder attentivement des lettres. Les résultats ont révélé une

activation d'aires dans l'hémisphère droit symétriques à celles activées chez les droitiers. Ainsi, la perception visuelle de lettres active automatiquement les mêmes aires motrices que celles activées lorsque les participants écrivent ces lettres (voir aussi James et Gauthier, 2006).

Ainsi, l'ensemble des travaux présentés démontre une activation du cortex prémoteur quand on manipule un objet (Matsumura *et al.*, 1996), quand on s'imagine prendre un objet (Decety *et al.*, 1994 ; Grafton *et al.*, 1996), quand on génère silencieusement des mots d'actions avec ou sur des objets (Martin *et al.*, 1995), quand on regarde des outils (Grafton *et al.*, 1997) ou des lettres (Van den Bergh *et al.*, 1990 ; James et Gauthier, 2006 ; Longcamp *et al.*, 2003). De plus, il est possible d'observer des effets d'amorçage facilitateurs basés sur les propriétés motrices des objets (Craighero *et al.*, 1999).

Précisons que d'autres études réalisées sur les animaux apportent de nouveaux arguments en faveur de connaissances sensorielles et motrices notamment celle de Gil da Costa *et al.* (2004) qui ont étudié l'hypothèse d'un réseau distribué chez les macaques. Leur étude montre en effet qu'à l'écoute d'un son, les macaques activent automatiquement tous les éléments sensoriels et émotionnels associés à la situation liée au son.

2.3. Des connaissances sensorielles et motrices : les travaux en neuropsychologie

Peu de travaux dans le domaine de la neuropsychologie apportent des arguments directs en faveur de l'hypothèse de connaissances sensorielles et motrices. La raison en est certainement que la position dominante en neuropsychologie concernant la mémoire est encore l'approche structurale classique. Ainsi très peu de travaux ont jusqu'à présent essayé de valider l'hypothèse défendue dans cette thèse. On peut toutefois relever un certain nombre d'études qui peuvent être interprétées dans ce sens.

Ainsi, Tranel, Damasio et Damasio (1997) ont testé 116 patients ayant une lésion cérébrale unilatérale dans une tâche d'identification visuelle de trois types de stimuli : des visages de personnes célèbres, des outils et des animaux. Les résultats ont mis en évidence une récupération des connaissances de différentes catégories conceptuelles qui dépend de réseaux neuronaux distincts. En effet, la reconnaissance des stimuli de type « visage connu » semble perturbée lors d'une lésion temporale droite, celle des outils lors d'une lésion dans la jonction occipito-temporo-parietal gauche et enfin la perception des animaux est perturbée lors d'une lésion occipito-temporal-droite ou occipital gauche. Ainsi, différents systèmes neuronaux sont impliqués en fonction des catégories testées. Or nous avons justement vu précédemment que la dissociation catégorielle peut avoir pour origine des composants perceptivo-moteurs spécifiques.

La recherche de Buxbaum *et al.* (2002) apporte des arguments plus directes en faveur de notre hypothèse. Les auteurs ont testé deux patients apraxiques (JD et WC) afin de mieux comprendre les connaissances de ces patients sur la fonction et la manipulation d'objets. Les patients ont passé la version imagée d'un test élaboré initialement par Buxbaum et Saffran (Function and manipulation triplets test, 1998) dans

lequel il leur était demandé de regarder trois images d'objets et de sélectionner les deux qui étaient les plus similaires selon un critère spécifié. Ce critère pouvait être soit la fonction de l'objet (par exemple : tourne disque, radio, téléphone), soit la manipulation (par exemple : machine à écrire, piano, fourneau), soit la fonction et la manipulation ensemble (par exemple : rouleau, pinceau, tournevis). Les performances des deux patients sont moins bonnes dans la condition où le critère est la manipulation par rapport à la condition où le critère est la fonction. Leurs performances, dans la condition où la fonction et la manipulation sont ensemble les critères, sont intermédiaires. Cette relation étroite entre l'apraxie et le déficit concernant les connaissances sur la manipulation suggère, selon les auteurs, que les représentations sensorielles et motrices sont impliquées non seulement dans la compréhension et la production de mouvements volontaires mais aussi quand le participant pense à eux.

Enfin, Servos et Goodale (1995) se sont intéressés à un patient (DF) atteint d'une agnosie visuelle. Ils ont montré que la perception et l'imagerie sont sous-tendues par des mécanismes communs (voir aussi Bisiach et Luzzati 1978 ; Farah, Soso, et Dasheiff, 1992).

Ainsi, il est possible de trouver des travaux en neuropsychologie, même s'ils sont encore peu nombreux, qui corroborent notre hypothèse. Il semble justifié de penser que, si de prochaines recherches dans ce domaine s'inscrivent dans cette perspective théorique, d'autres arguments pourront être avancés.

2.4. Synthèse

Tous les travaux présentés dans ce chapitre, qu'ils soient issus de la psychologie, des neurosciences cognitives ou de la neuropsychologie, aboutissent à la conclusion suivante : les connaissances sont multimodales.

Les données comportementales (issues de la psychologie cognitive) ont notamment montré que les résultats obtenus dans des tâches telle que la vérification de propriétés ne peuvent s'expliquer par une vision amodale des connaissances. Il semble en effet que, face à un stimulus, le participant simule la présence de ce dernier afin de réaliser la tâche demandée. Ainsi, les connaissances sensorielles et motrices d'un stimulus seraient activées de façon automatique et ceci sans consigne explicite d'imagerie. Cette activation influence les traitements ultérieurs que le participant doit à réaliser.

Les données issues des neurosciences et de la neuropsychologie ont montré que les connaissances conceptuelles et la perception sont sous-tendues par les mêmes mécanismes neuronaux. En effet, de nombreux résultats indiquent que, face à un stimulus tel un mot désignant un objet, les aires sensorielles et motrices associées à la perception et la préhension de cet objet sont activées automatiquement, sans que la tâche demandée au sujet ne le nécessite.

Aussi, comme l'a avancé Slotnik (2004), il pourrait être conclu que la mémoire et la perception (visuelle) impliquent les mêmes substrats neuronaux et que les connaissances émergeraient de l'activation des systèmes neuronaux associés aux mécanismes perceptivo moteurs. Cette activation permettrait la récupération des traits et composantes

de la trace mnésique afin qu'émerge un ensemble cohérent.

En dépit de cette abondance d'arguments, l'hypothèse selon laquelle les dimensions sensorielles et motrices sont les principales dimensions constitutives de la trace mnésique, doit encore être validée par de nouvelles données afin d'une part de démontrer le caractère prépondérant de ces dimensions et d'autre part d'écarter toute hypothèse alternative pouvant éventuellement expliquer certains des résultats.

Dans cette thèse, nous nous intéresserons plus particulièrement aux points suivants :

- L'étude de dimensions sensorielles autres que la dimension visuelle

La majorité des travaux relatifs à notre problématique s'intéresse à la dimension visuelle des connaissances. Les travaux qui s'intéressent à une autre modalité sensorielle ou à deux modalités (avec un paradigme intermodal) sont très rares. L'un des objectifs du présent travail de thèse est donc de montrer l'importance des dimensions sensorielles non visuelles à partir de paradigmes d'amorçage à court terme visuel-moteur et auditif-visuel : nous montrerons que la confrontation à un objet active automatiquement les composants sensoriels en lien avec la modalité d'apparition de l'objet, mais aussi que cette activation se propage vers les autres composants sensori-moteurs associés à l'objet en mémoire. Ces activations peuvent ainsi faciliter le traitement de ce même objet présenté dans une autre modalité sensorielle ou un traitement impliquant une des dimensions activées sans forcément impliquer le même objet.

- Utilisation d'un paradigme d'amorçage à long terme

La majorité des travaux relatifs à l'étude des dimensions sensorielles et motrices utilise un paradigme d'amorçage à court terme et montre que les dimensions sensorielles et motrices sont activées très rapidement. L'originalité de ce travail de thèse sera donc d'utiliser un paradigme à long terme pour tenter de confirmer les résultats déjà obtenus en court terme mais aussi de montrer que les dimensions sensorielles et motrices sont des composants constitutifs de la trace mnésique.

- Arguments supplémentaires en faveur du caractère purement perceptif des composants

La majorité des travaux comportementaux relatifs à notre problématique montre qu'il y a une activation automatique des dimensions sensorielles et motrices lorsqu'on perçoit un objet ou lorsqu'on l'imagine. Cependant, rien dans ces travaux ne permet véritablement d'affirmer que ces activations sont purement perceptives. En effet, ces traits sensoriels pourraient être activés à partir d'activation sémantique. Le troisième objectif de ce travail de thèse sera donc de démontrer le caractère véritablement perceptuel de ces activations en introduisant dans les expériences d'amorçage des interférences perceptives. Si une interférence perceptive supprime l'amorçage, alors ceci validera l'origine perceptuelle de cet amorçage.

Chapitre 3 : L'émergence des connaissances : dynamique d'activation et intégration multimodales

Le chapitre précédent a montré que les connaissances stockées en mémoire seraient constituées de composants sensori-moteurs sous-tendus par les mêmes structures neuronales que celles impliquées dans nos expériences perceptivo-motrices. En effet, il est apparu à travers de nombreux travaux, tant en psychologie cognitive qu'en neurosciences ou en neuropsychologie, que, face à un stimulus donné, nous activons de façon automatique les connaissances sensorielles et motrices relatives à cet objet (son bruit, son goût, la façon de le manipuler, etc.). Ces activations impliqueraient alors les mêmes aires cérébrales que celles qui sont activées en présence de l'objet.

Dans un premier temps, ce troisième chapitre reprendra le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) en définissant plus particulièrement les deux mécanismes décrits dans celui-ci : le mécanisme d'activation des dimensions sensorielles et motrices et le mécanisme d'intégration de ces dimensions. En effet, nous verrons que le seul mécanisme d'activation ne permet pas d'expliquer l'émergence de connaissances cohérentes et unitaires en rapport avec les objets ; une intégration des dimensions activées est nécessaire. La description de travaux relatifs à cette problématique apportera des arguments en faveur de notre conception.

Enfin, ce chapitre décrira les protocoles expérimentaux que nous avons utilisés pour tester nos hypothèses relatives à ces deux mécanismes d'activation et d'intégration.

3.1. L'émergence des connaissances dans le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002)

Comme nous l'avons déjà vu, ce modèle est un modèle épisodique de la mémoire. Il postule l'existence d'une mémoire unique stockant des traces **épisodiques, multidimensionnelles et distribuées**. Distribuées puisque les traces mnésiques stockées dans cette mémoire ne sont pas localisées ni indépendantes les unes des autres, mais distribuées sur un ensemble de composants ou modules. Ce serait l'ensemble du cerveau qui serait mis en jeu dans la constitution, le stockage et la récupération des connaissances.

Les traces sont multidimensionnelles car chacun des modules code de manière distribuée les différentes composantes, ou dimensions, associées à chaque trace. Ces dimensions sont essentiellement sensorielles, motrices et émotionnelles. Ainsi dans chacune des traces seraient codés les aspects sensoriels, moteurs et émotionnels. Enfin, les traces sont épisodiques puisque les traits codés au niveau de chacune des dimensions ne sont pas des invariants mais dépendent de nos expériences passées. Chacune des traces reflète le contenu de nos expériences passées.

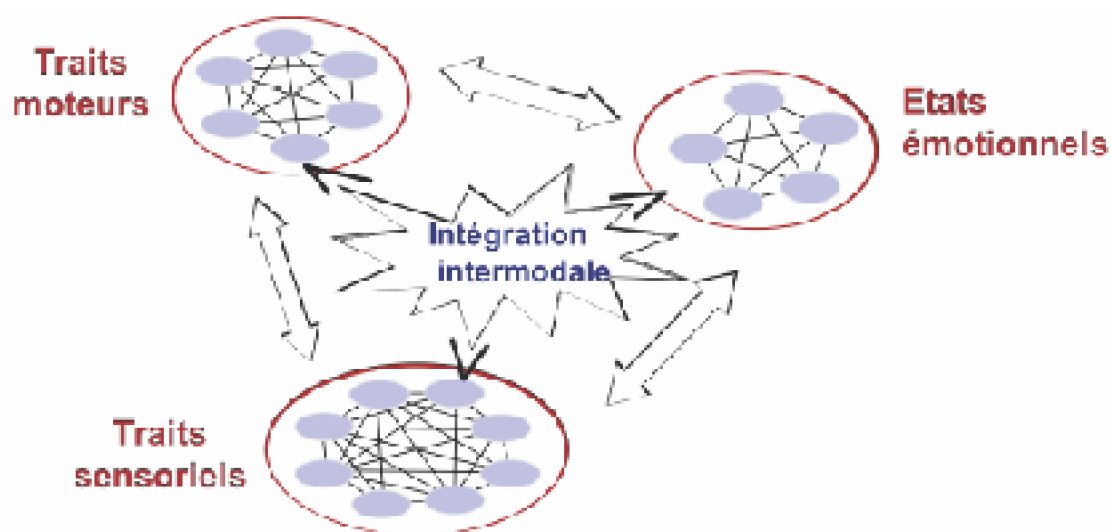


Figure 20 : Architecture d'un modèle épisodique et multidimensionnel de la mémoire à long terme

Ainsi, dans ce modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) une trace correspond à une synchronisation d'activations au sein des différentes dimensions qui la constituent, ou du moins à l'impact à long terme de cet état d'activation. Les connaissances n'auraient pas d'existence réelle en mémoire, mais émergeraient des interactions entre l'individu et son environnement, donc du fonctionnement cognitif (connaissances fonctionnelles et situationnelles). Plus précisément, la confrontation avec l'environnement se traduirait très rapidement par des activations en parallèle dans de nombreuses structures codant les dimensions sensorielles des objets. Ces premières activations se propageraient ensuite, en cascade, vers d'autres composants en rapport avec les autres propriétés de l'environnement (dont les composants moteurs et affectifs). Ces activations précoces, spécifiques aux propriétés élémentaires des objets, seraient suivies par des intégrations de plus en plus poussées, intra et inter-modales, qui permettraient un accès à des connaissances de plus en plus élaborées et unitaires en rapport avec l'environnement présent.

On voit très clairement ici que les connaissances, qu'il s'agisse de souvenirs ou de connaissances catégorielles, n'ont pas d'existence indépendamment des situations dans lesquelles elles sont impliquées. Ces connaissances sont toujours créées ou recrées dans le cadre des interactions entre l'individu et son environnement. Elles sont issues non seulement des propriétés objectives des situations, mais aussi du sujet lui-même (de ses expériences antérieures, de son état affectif, des objectifs qu'il s'est fixés, et donc des actions qu'il entreprend pour atteindre ces objectifs). Ce n'est pas le cas dans les modèles classiques structuraux de la mémoire, dans lesquels seules les connaissances de la mémoire dite épisodique sont supposées être dépendantes de la situation d'encodage.

Nous nous intéresserons plus particulièrement dans ce troisième chapitre d'une part à la nature situationnelle des connaissances et d'autre part aux mécanismes d'activation et d'intégration des dimensions sensori-motrices des traces, en présentant des travaux ou modèles de la littérature qui décrivent des mécanismes similaires ou qui défendent des points de vue proches.

3.2. Des connaissances situationnelles – fonctionnelles

3.2.1. Le « Perceptual Symbol System » (PSS) de Barsalou

Nous avons dit que dans le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002), la confrontation à un objet est supposée activer de façon automatique toutes les dimensions sensorielles et motrices associées à cet objet. Barsalou (1999) a développé un modèle, le « perceptual symbol system model », qui rend compte des mécanismes d'activation mis en jeu dans la catégorisation. Dans son modèle, Barsalou propose que toute forme de connaissance est rattachée à des expériences perceptivo-motrices et émotionnelles, et n'émerge que par la ré-évoation de ces expériences. Les perceptions sont donc mises au premier plan. Selon Barsalou, lorsque nous sommes confrontés à un objet, celui-ci va activer toutes les aires sensorielles relatives à ce stimulus (face à une voiture, vont être activées les aires traitant la couleur, la forme, le bruit, etc.).

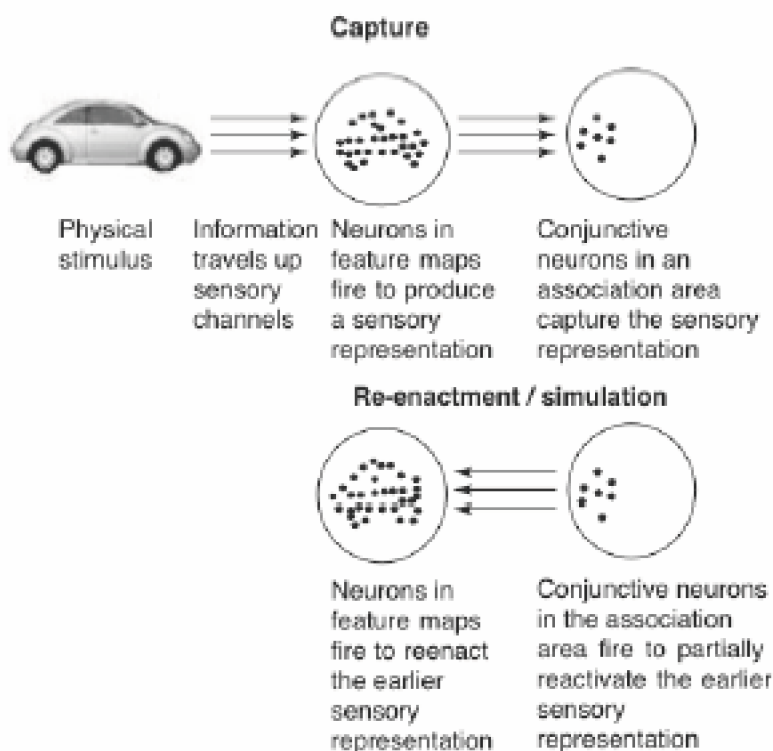


Figure 21 : Perceptual Symbol System de Barsalou (1999)

Parallèlement à ces activations des aires sensorielles, motrices et émotionnelles, les aires associatives vont enregistrer les pattern d'activations engendrées par la stimulation (ceci n'est pas sans rappeler les zones de convergence de Damasio, 1989). Ces patterns d'activation stockés permettent ultérieurement la réactivation, la ré-évoation de l'objet même en son absence. La similarité entre les multiples activations engendrées par la confrontation à différents exemplaires d'une même catégorie, permet le renforcement et

donc la construction de ce que Barsalou appelle des symboles perceptifs, c'est-à-dire des résumés des expériences, schématisant leurs principales caractéristiques perceptuelles et se modifiant au fur et à mesure des expériences. Ces symboles perceptifs seraient fortement liés à des simulateurs qui nous permettraient de générer des simulations d'objets (ou d'événements) en leur absence. Les simulateurs sont en fait équivalents aux concepts et les simulations sont les différentes instanciations des concepts. Le résultat de ces simulations serait fortement dépendant de facteurs inhérents au contexte (l'état du sujet, les buts, etc.).

Ainsi, les connaissances engendrées par les simulateurs dépendent du contexte et plus largement du fonctionnement cognitif en jeu, elles sont donc fonctionnelles et situationnelles. D'autres travaux vont également dans le sens de ce caractère situationnel des activations et des connaissances qu'elles engendrent.

3.2.2. Autres travaux

Nos connaissances sont donc issues de notre interaction avec l'environnement. Certains auteurs parlent de connaissances fonctionnelles. Les représentations mentales que nous avons en mémoire ne sont donc pas figées mais au contraire continuellement modifiées et enrichies par les variations de l'environnement.

Dès 1997, Glenberg a évoqué cette interaction entre l'individu et l'environnement dans sa description d'une « embodied memory » ou mémoire « incarnée » dans laquelle il considère la mémoire comme étant au service de la perception et de l'action. Les systèmes perceptifs auraient évolué pour faciliter les interactions entre l'individu et l'environnement et donc, le monde serait conceptualisé selon les possibles interactions entre le corps et l'environnement. D'où l'idée de représentations « incarnées » car issues du monde environnant et surtout des actions sur ce monde.

Une des particularités de cette approche fonctionnelle de la mémoire est qu'elle permet d'envisager le fonctionnement cognitif dans sa globalité d'une manière très intégrée. Les mécanismes perceptifs, les mécanismes mnésiques, les mécanismes liés à l'imagerie mentale sont ici indissociables. La perception et l'imagerie sont décrites comme le résultat de l'activité du sujet ou plus largement du système cognitif sur l'environnement. Déjà Gibson (1979), il y a plus de vingt ans, s'est opposé aux théories computo-symboliques de la vision et a proposé une conception d'une perception directe du monde, sans calcul ou transformation impliquant une succession de représentations. Le système nerveux serait fait de telle sorte qu'il pourrait capter directement, dans les objets, l'information utile à un moment donné. Par exemple, la possibilité qu'a le système nerveux de capter des gradients de texture, des changements qualitatifs et quantitatifs du champ visuel lors de déplacements, etc, peut suffire à la perception adéquate, non ambiguë et surtout adaptée des objets. Les déplacements et actions du sujet sur l'environnement fournissent des indications indispensables et permettent souvent de lever des ambiguïtés. Gibson utilise la notion d'affordance pour évoquer cette question de l'adaptation de la perception. L'affordance est la potentialité des objets pour l'action. Cette affordance est centrale et conditionne la perception. Un objet est perçu selon ses affordances, donc selon la manière avec laquelle il peut être utilisé par le sujet (pour des

travaux plus récents voir aussi par exemple O'Regan et Noë, 2001).

Ainsi, la perception de notre environnement, tout comme les connaissances associées à cet environnement, sont issues de notre activité. Mais ce sont aussi nos expériences passées avec des environnements multimodaux qui conditionnent notre mode d'exploration et donc nos perceptions actuelles. C'est pour cette raison que O'Regan considère le monde extérieur comme une « mémoire externe » qui peut être « explorée » par les systèmes sensoriels, engendrant ainsi nos perceptions, un peu comme la « mémoire interne » peut être « explorée » et engendrer des représentations mentales sans véritable support matériel. La perception et la mémoire sont finalement très similaires à la fois au niveau des mécanismes et des structures nerveuses impliquées, mais aussi au niveau des représentations, conscientes ou non conscientes, qui leur sont associées. Les percepts, comme toutes les autres formes de représentations mentales, sont issus de l'interaction entre l'individu et son environnement et reflètent à la fois les propriétés de l'expérience présente et celles des expériences passées qui ont façonné notre système nerveux.

Toujours dans cette conception de connaissances fonctionnelles, l'objectif des travaux de Borghi (2004) était de montrer que les connaissances sont multimodales mais aussi que la saillance des parties d'un objet dépend du rôle que ces parties jouent dans les actions standards. La saillance des parties varierait en fonction de l'action actuellement activée. La partie la plus importante est celle permettant d'exécuter les actions les plus fréquentes avec l'objet. Dans une tâche de génération des parties d'objets (2004), les sujets étaient répartis en 4 groupes (3 groupes avec une consigne d'imagerie, soit utiliser, soit construire, soit voir ; et 1 groupe « contrôle » sans consigne d'imagerie). Les hypothèses étaient les suivantes : si les concepts sont amodaux : (1) les parties pertinentes de l'action ne seront pas plus fréquemment et plus rapidement données ; (2) les mêmes parties seront données dans les trois conditions. Si les concepts sont modaux et situationnels, les parties pertinentes à une action donnée vont être produites plus rapidement lorsque la condition d'imagerie se réfère à cette action. Ainsi, dans la condition d'imagerie « voir », les parties pertinentes pour cette action seront produites plus tôt que les autres parties moins pertinentes. Par exemple, pour le concept « voiture », « accélérateur » ou « pédales » seront des concepts dominants dans la condition « utiliser », « transmission » dans la condition « construction » et « pare-brise » dans la condition « voir ».

Les résultats confirment cette hypothèse : selon la condition d'imagerie, les parties saillantes de l'objet diffèrent. Les parties les plus rapidement et les plus fréquemment citées sont celles qui sont nécessaires à l'action évoquée par la consigne d'imagerie. Dans la condition sans imagerie (condition contrôle), ce sont les parties relatives à l'action standard qui sont le plus souvent générées. Ainsi, l'activation des dimensions est bien situationnelle, c'est-à-dire fortement dépendante du contexte et du but poursuivi.

Une seconde série d'expérience de Borghi (2004) va dans le sens de ces premiers résultats de connaissances situationnelles. L'objectif est encore ici de montrer que les différentes parties d'un objet sont activées en fonction de l'action activée. Par exemple, la partie « tranche, rondelle » va être plus activée par l'action « couper une orange » que la partie « pulpe ». Un essai se composait d'une phrase suivie d'un nom, ce nom était soit

congruent avec l'action exprimée par la phrase (l'enfant coupe l'orange – tranche), soit non congruent (l'enfant coupe l'orange – pulpe), soit n'appartenant pas à l'objet (l'enfant coupe l'orange – manette). La tâche des sujets était de dire si oui ou non le nom présenté est une partie de l'objet de la phrase.

Les résultats montrent que les actions exprimées par la phrase activent différentes parties de l'objet. Les parties les plus congruentes à l'action activée sont traitées plus rapidement et avec moins d'erreurs (la femme mange de la pastèque – graines) par rapport aux parties non congruentes avec l'action (la femme mange de la pastèque – peau). Ainsi les activations engendrées par un stimulus sont fortement dépendantes du contexte d'activation. Face à un stimulus, nous activons toutes les connaissances relatives à ce stimulus (dimensions sensorielles, émotionnelles et motrices) mais le but de l'action détermine la saillance de chacune de ces dimensions.

Nous avons ainsi mis en évidence dans le chapitre 2 et cette première partie du chapitre 3 que les dimensions activées sont essentiellement sensorielles et motrices, et que les activations sont situationnelles. La section suivante va permettre d'aborder un mécanisme central dans l'émergence des connaissances, celui d'intégration des différentes dimensions.

3.3. Intégration des différents composants

Comme nous l'avons vu précédemment, face à un objet, nous activons de façon automatique toutes les dimensions sensorielles, motrices et émotionnelles associées à cet objet. Aussi, toutes ces activations en parallèle ne permettent pas d'avoir accès à une connaissance unifiée. Une synchronisation de ces différentes activations est nécessaire pour qu'émerge une connaissance cohérente. Aussi, cette section s'intéresse au mécanisme d'intégration mis en jeu dans l'émergence des connaissances. Il est à noter que les travaux réalisés jusqu'à présent dans le domaine de l'intégration sont presque exclusivement consacrés aux intégrations sensorielles, c'est-à-dire aux intégrations de composants sensoriels effectivement présents. Ils peuvent cependant apporter des éléments de réponse intéressants concernant les phénomènes d'intégration liés au système mnésique puisque, nous l'avons vu, les formes de connaissances impliquées dans la perception et la mémoire sont très similaires. Nous pouvons penser que les mécanismes qui les impliquent sont eux aussi très similaires.

3.3.1. Le mécanisme d'intégration

Le modèle de Versace *et al.* (2002) postule qu'au fur et à mesure que les dimensions sensorielles, motrices sont activées, un processus d'intégration se mettrait en place, processus nécessaire à l'émergence d'une connaissance cohérente. Cette façon d'envisager l'émergence des connaissances n'est pas sans rappeler les mécanismes proposés par Treisman et collaborateurs. En effet, même si ces théories s'appliquent à un autre domaine qui est celui de la perception visuelle et de l'attention, les processus impliqués sont très similaires. Dès 1980, dans leur théorie d'intégration des traits (feature-integration theory), Treisman et Gelade proposent que l'identification visuelle est

un processus décomposable en deux mécanismes : un premier de détection de traits et un second de combinaison et d'intégration de ces traits pour la construction d'un tout unitaire. Il convient de noter que, même si le processus d'intégration proposée par Treisman se rapproche de ce que postule notre modèle, il n'en reste pas moins que Treisman se situe dans une conception de la mémoire (dite structurale) très éloignée de celle de notre modèle qui lui, se rapprocherait plus de celle de Cowan (1988).

De nombreux travaux mettent ainsi en évidence l'existence de mécanismes d'intégration intermodale qui apparaissent très tôt dans le fonctionnement cognitif, avant même l'intervention de l'attention, contrairement à ce que prévoyait Treisman. En effet, pour Treisman, un traitement attentionnel est nécessaire à l'intégration des dimensions des stimulus. Ces processus intégratifs ont un rôle essentiel dans nos comportements puisqu'ils permettent notre perception des événements ou d'objets formés d'éléments de plusieurs modalités.

3.3.1.1. EXEMPLE DES ILLUSIONS PERCEPTIVES

L'effet *McGurk* (McGurk et McDonald, 1976) est un exemple qui met en évidence des effets d'interaction engendrant une illusion perceptive. Cet effet *McGurk* est dû à l'influence de la perception visuelle du mouvement articulatoire des lèvres sur la perception auditive de la parole. Dans leur expérience, les auteurs montrent que la perception auditive de la syllabe /ba/ est modifiée par la perception simultanée du mouvement des lèvres articulant la syllabe /ga/, la syllabe finalement perçue étant la fusion des syllabes /ba/ et /ga/ en l'occurrence /da/. Cet effet persiste même lorsque les sujets connaissent la nature de l'information unimodale.

Plus récemment, Massaro et Stork (1998) ont montré que cet effet pouvait également être observé pour des phrases. La présentation visuelle de la phrase « my gag kok me koo grive » présentée simultanément à la séquence sonore « my bab pop me poo brive » induit la perception de la phrase « my dad taught me to drive ». Ainsi ces deux résultats montrent bien que l'intégration des informations visuelles et auditives intervient de manière irréprouvable dans le fonctionnement cognitif.

Une autre illusion dans laquelle la vision altère l'audition est le phénomène de ventriloquie. Il apparaît à travers ce phénomène que la perception d'un mouvement articulatoire peut influencer le jugement de la localisation d'une source sonore. En effet, lorsqu'un ventriloque parle en évitant de bouger les lèvres et en animant la bouche d'une marionnette, la parole est alors attribuée à cette dernière. Ainsi la vision peut altérer l'audition, l'inverse existe aussi. En effet, Shams *et al.* (2000, 2002) ont montré qu'un simple flash lumineux pouvait être perçu comme une succession de plusieurs flashes lorsqu'ils étaient accompagnés de plusieurs « bips » auditifs.

Il existe bien d'autres expériences qui montrent que notre cerveau peut être trompé par l'interaction entre deux modalités sensorielles. Par exemple la couleur peut influencer nos perceptions gustatives et olfactives. Dubose *et al.* (1980) ont montré que le goût d'une boisson aromatisée à la cerise sera jugée de façon correcte lorsqu'elle est colorée en rouge alors que son goût sera perçu comme celui de l'orange si la boisson est colorée en orange. De la même façon, l'odeur d'un vin blanc colorée en rouge sera décrite

comme celle du vin rouge (Morrot *et al.* ; 2001). La couleur d'un aliment induit ainsi des illusions gustatives et olfactives.

Tous les travaux présentés dans cette section mettent en évidence l'existence d'interactions multisensorielles qui induisent une illusion. Ces cas ne sont pas heureusement les plus fréquents dans notre quotidien et il existe des situations « non illusoire » qui mettent en évidence ces interactions multisensorielles (cf. ci-après).

3.3.1.2. SITUATIONS NON ILLUSOIRES

Molholm et collaborateurs (2002) ont montré qu'un objet bimodal est mieux et plus rapidement traité que le même objet défini par une seule de ses composantes (dans le cas où les composants sensoriels sont congruents). En effet, dans leur expérience, dans une tâche de détection de stimuli présentés soit visuellement, soit auditivement, soit dans les deux dimensions simultanément, ils montrent que les temps de détection sont plus courts (255 msec) lorsque les participants traitent des stimuli bimodaux par rapport à la condition « visuel seul » ou « auditif seul » (respectivement 305 msec et 297 msec). De plus, ils ont observé des interactions dans le cortex visuel dès 45 msec après la stimulation.

De la même manière, Schroger et Widmann (1998) ont présenté dans leur étude un stimulus audio-visuel composé d'un bruit blanc et d'un flash lumineux. Ce stimulus était présenté de façon répétée à partir d'une source spatiale fixe située à 15° à droite ou à gauche d'un point de fixation placé à 0° dans le plan azimutal. Occasionnellement, le flash et/ou le son provenaient d'une source spatiale différente (stimulus déviant 15%). Les sujets devaient détecter tous les stimuli déviants. Les temps de réaction étaient plus courts lorsque les deux composantes du stimulus étaient déplacées (316 msec) que lorsque seule l'information auditive (360 msec) ou visuelle (361 msec) l'était.

3.3.2. Bases neuronales de l'intégration chez l'homme

Certains chercheurs pensaient que le mécanisme d'intégration intervenait une fois les informations sensorielles traitées indépendamment (Felleman et Van Essen, 1991). Les travaux actuels apportent un nouvel éclairage sur ces processus d'intégration et proposent que les interactions multisensorielles pourraient avoir lieu très tôt dans les aires sensorielles. Les activations et intégrations interviendraient donc en cascade plutôt que successivement.

Par exemple, Giard et Peronnet (1999) ont mis en évidence des interactions bimodales très précoces dans une tâche d'identification d'objets définis par des composantes auditives et visuelles. Dans cette étude, les sujets devaient discriminer deux objets, nommés A et B. Chaque objet était défini, soit par une composante visuelle seule (déformation d'un cercle en ellipse horizontale (objet A) ou verticale (objet B)), soit par une composante auditive seule (son grave (A) ou aigu (B)), soit par la combinaison de ses deux composantes unimodales. Des exemples de stimuli visuels utilisés sont présentés sur la figure suivante.

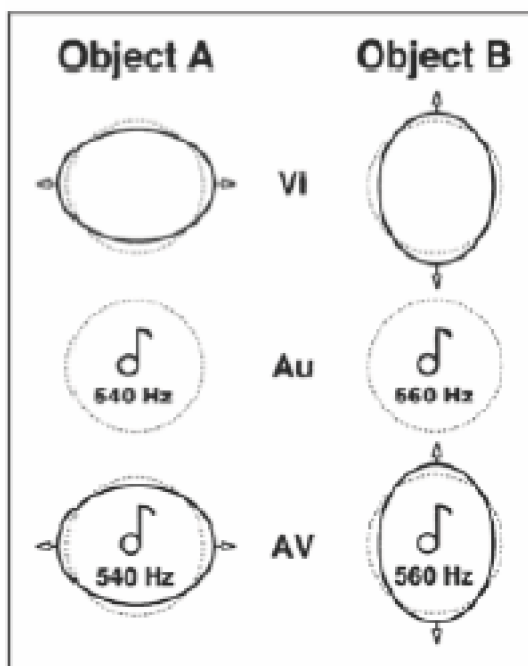


Figure 22 : Exemple de stimuli utilisés par Giard et Peronnet (1999)

Les résultats montrent que les objets sont mieux et plus rapidement identifiés sur la base de leurs composantes multimodales (TR moyen : 562msec) par rapport aux conditions « auditif seul » (TR moyen : 621 msec) ou « visuel seul » (TR moyen : 631 msec). Ainsi, il semblerait que les informations auditives et visuelles interagissent et permettent un traitement plus rapide et plus efficace de la cible. De plus, l'enregistrement des potentiels évoqués a montré que cette interaction est très précoce au niveau des aires sensorielles, dès 40 msec après la stimulation. Les analyses montrent aussi l'activation des cortex sensoriels spécifiques auditifs et visuels ainsi que de la région temporo-frontale droite (nous évoquerons plus en détail les bases neuronales de l'intégration dans la section suivante).

D'autres travaux confirment cette interaction multimodale précoce. Par exemple Foxe *et al.* (2000) ont présenté à leurs sujets un stimulus auditif (son pur 1000Hz) et/ou un stimulus somesthésique (stimulation électrique du nerf médian). Les sujets devaient ignorer ces stimulations et porter leur attention sur des photographies distrayantes. Les résultats montrent l'existence d'une interaction précoce générée dans le cortex somesthésique puis dans le cortex auditif. En IRMf, Foxe *et al.* (2002) ont demandé à des sujets d'observer passivement des stimuli auditifs et somesthésiques présentés séparément. Les résultats ont confirmé ceux de Foxe *et al.* (2000) en mettant en évidence une zone de convergence des informations auditives et somesthésiques au niveau du cortex auditif (région commune activée séparément en conditions unimodales auditive et somesthésique).

En utilisant un enregistrement électrophysiologique, Fu *et al.*, 2003 ; Schroeder et Foxe 2002 ; Schroeder *et al.* 2001, 2003 ont montré chez le singe une réponse à une stimulation visuelle et tactile dans le cortex auditif. Toujours chez le singe, Kayser *et al.*

(2005) ont étudié l'intégration multisensorielle (toucher-audition) et ont montré que l'intégration multisensorielle intervient très tôt et dans des zones proches des aires sensorielles primaires.

Ainsi, l'un des résultats importants des travaux présentés dans cette section sur le traitement intermodal est l'implication des cortex dits modalités-spécifiques dans les processus intégratifs (voir aussi Pourtois *et al.*, 2002 ; Falchier *et al.*, 2002 ; Murray, 2005 ; Giard et Peronnet, 1999). En effet, de nombreux travaux en IRMf montrent des interactions multisensorielles précoces dans ou proche des aires considérées comme « unisensorielle » (Calvert, 2001 ; Foxe et Schroeder, 2005 ; Macaluso et Driver, 2005; Schroeder et Foxe 2005 ; Beauchamp, 2005 pour revue)

De plus, les données mettent en évidence l'existence d'un réseau distribué impliquant à la fois le cortex modalité-spécifique et des régions frontales, temporales et pariétales. Ainsi, c'est l'ensemble du cerveau qui est mis en jeu pour parvenir à un percept unifié et cohérent des objets ou des événements.

En effet, dans une étude portant sur l'intégration visuo-tactile, Hadjikhani et Roland (1998) ont montré dans une étude en TEP une zone spécifiquement activée dans le transfert intermodal. Dans leur étude, il était demandé aux sujets de déterminer si deux objets tri-dimensionnels possédaient la même forme. L'expérience comportait 3 conditions expérimentales : deux conditions intramodales dans lesquelles les deux objets étaient soit explorés visuellement à l'aide d'un écran soit explorés manuellement et une condition intermodale où l'un des objets était exploré visuellement et l'autre tactilement. Les résultats montrent une activation spécifique de l'insula/clastrum droit en cas d'informations intermodales.

Banati *et al.* 2000 ont étudié, eux aussi, l'intégration de stimulus tactiles et visuels en TEP, la tâche des sujets étant de déterminer si la courbure d'un arc de cercle métallique exploré manuellement correspondait à l'un des 4 cercles (de diamètres différents) présentés simultanément sur un écran. Ils ont observé un réseau beaucoup plus large d'activation incluant le cortex cingulaire antérieur, le lobule pariétal inférieur, le cortex préfrontal dorso-latéral mais aussi l'insula/clastrum.

Ainsi, c'est bien un réseau distribué sur l'ensemble du cerveau qui participe aux processus d'intégration comme le postule notre modèle. De plus il apparaît que les composantes sensorielles d'un stimulus peuvent interagir très tôt. Cependant, il est important de noter que ces processus très précoces définis comme intégratifs par les auteurs pourraient être uniquement des « interactions » précoces. Par interaction, nous signifions une influence mutuelle entre les composants sans qu'il y ait eu d'intégration, de constitution d'une unité. Dans ce cas-là, les dimensions existent encore de façon indépendante et agissent indépendamment tout en s'influençant. En effet, comme l'ont montré Falchier *et al.* (2002) et Rockland et Ojima (2001) chez le singe, le cortex auditif peut directement moduler l'activité du cortex visuel par des connexions directes.

Les expériences suivantes vont aller plus loin en montrant que si le temps de présentation de l'objet est trop court l'intégration n'a pas le temps de se réaliser ce qui entraîne des activations indépendantes des composantes (une interaction comme nous venons de le signifier).

Stoet et Hommel (1999) montrent que la planification d'une action (B) peut être perturbée par la planification antérieure d'une autre action (A) qui est exécutée après l'action (B). Ainsi, les participants doivent réaliser deux tâches, une tâche A et une tâche B. Le stimulus A apparaît toujours avant le stimulus B mais la réponse correspondant au stimulus A est à donner après celle donnée au stimulus B (le paradigme est présenté sur la figure suivante). Cela implique que le participant doit mémoriser la réponse A pendant qu'il réalise la tâche B.

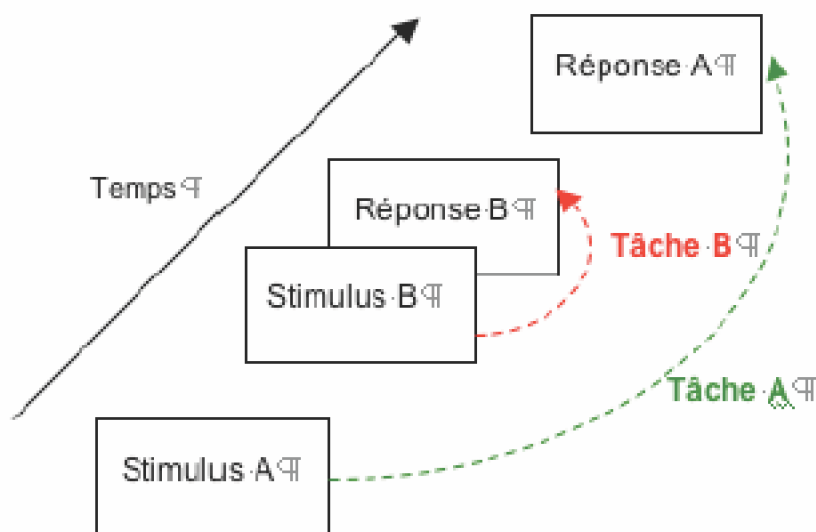


Figure 23 : Le paradigme « ABBA » utilisé par Stoet et Hommel (1999)

Les résultats montrent que la planification d'une action est perturbée par la planification préalable d'une autre action à exécuter plus tard si les deux actions partagent des composants moteurs. Ils font l'hypothèse que la planification d'une action nécessite un assemblage temporel (une intégration) d'étapes motrices, lesquelles sont moins disponibles pour la planification d'autres actions nécessitant ces mêmes étapes motrices.

En 2002, les mêmes auteurs se sont intéressés, toujours en utilisant le paradigme ABBA, au partage de dimensions motrices communes entre la représentation mentale issue de la perception d'un stimulus A et la planification motrice pour répondre à un stimulus B qui lui succède. Le stimulus A variait en fonction de sa position (droite ou gauche), de sa forme (ronde ou carrée) et de sa couleur (rouge ou vert). Il était demandé au participant de mémoriser le stimulus A en vue d'un futur rappel. Suite à ce stimulus A, un stimulus B (la lettre H ou la lettre X) était présenté au centre de l'écran et nécessitait pour sa réponse l'utilisation de l'index droit ou de l'index gauche. Les résultats montrent que si l'action nécessaire à la réponse de B partage des dimensions spatiales avec le stimulus A, comme par exemple la spatialité droite ou gauche, alors les temps pour répondre à B sont plus longs. En effet, si le stimulus A est à droite de l'écran et la réponse à B nécessite l'utilisation de la main droite alors les temps de réponse sont plus longs par rapport à une condition où il n'y a pas de chevauchement d'activations spatiales. Les auteurs suggèrent que cette baisse des performances résulte du partage des dimensions

communes entre A et B. Les dimensions déjà activées par le stimulus A seraient moins disponibles pour la préparation de la réponse au stimulus B d'où une chute des performances. Même si cela n'est pas explicitement dit par les auteurs, on peut faire l'hypothèse que les dimensions du stimulus A ont été intégrées et n'existent plus indépendamment les unes des autres. C'est ce qui expliquerait la baisse des performances dans cette condition. Cette explication semble confirmée par le fait que les auteurs montrent aussi que si le temps séparant la présentation de A et de B, est plus court (100 msec), le ralentissement de l'action pour répondre à B disparaît et même, au contraire, le partage de dimensions spatiales a un effet facilitateur. Il semblerait que le stimulus A ait activé les dimensions spatiales mais le temps étant trop court entre A et B, ces dimensions ne se sont pas intégrées aux autres dimensions du stimulus et agissent donc de façon indépendante.

La possibilité d'un effet perturbateur de l'intégration apparaît également dans une expérience de Huang, Hollocombe et Pashler (2004). Les participants devaient détecter l'item qui différait par sa taille parmi 20 items (selon l'essai, la cible était le plus petit des items ou le plus grand) et donner son orientation à l'aide de deux touches du clavier. Chaque item pouvait varier selon son orientation (-45° ou 45°), ou sa couleur (noir ou blanc). Les résultats montrent que lorsque la taille de la cible dans deux essais consécutifs est la même, la répétition de la couleur entre ces cibles diminue le temps de réponse. En revanche lorsque la taille de la cible change entre deux essais consécutifs, le fait que ces deux cibles soient de la même couleur ralentit la réponse. Huang, Hollocombe et Pashler interprètent ces résultats par un phénomène d'amorçage dû à la réactivation de la trace mnésique de la dernière cible traitée. Lorsque toutes les dimensions constitutives sont congruentes entre les deux cibles successives, le traitement de la seconde cible sera facilité. En revanche, si une dimension diffère, le traitement de la seconde cible sera ralenti.

Un des objectifs de cette thèse est d'étudier ces processus intégratifs et de montrer que lorsque les dimensions d'un objet ont été intégrées, l'entité qui en résulte (l'objet dans sa globalité) n'est pas forcément équivalente à la somme des parties qui la compose. Ainsi les dimensions constitutives ne peuvent plus agir d'une manière isolée et leurs effets respectifs ne s'ajoutent plus.

3.4. Hypothèses générales et Protocoles expérimentaux

Le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) suppose que la mémoire est un système unique et que les connaissances émergent de la réactivation de traces **multidimensionnelles**, **épisodiques** et **distribuées**. **Distribuées** puisque les traces mnésiques stockées ne sont pas localisées ni indépendantes les unes des autres, mais distribuées sur un ensemble de composants. Ce serait l'ensemble du cerveau qui serait mis en jeu dans la constitution, le stockage et la récupération des connaissances. **Multidimensionnelles** car chacun de ces modules code de manière distribuée les différentes composantes, ou dimensions, associées à chaque trace. Ces dimensions sont essentiellement sensorielles, motrices et émotionnelles. Enfin, les traces sont **épisodiques** puisque les traits codés au niveau de chacune des dimensions dépendent

de nos expériences passées.

Suivant cette description, les auteurs prédisent que la présentation d'un stimulus va engendrer très rapidement l'activation de nombreuses activations sensorielles, motrices et émotionnelles. Ainsi, face à l'image d'une voiture, par exemple, l'individu va activer de façon automatique toutes les dimensions sensorielles associées à cet objet, tout d'abord en intrasensoriel (ici visuel) puis en intersensoriel (son bruit, son odeur, etc.). Ces activations vont continuer à se propager et ce sont les dimensions motrices et émotionnelles qui vont être activées. Toutes ces activations vont subir un processus d'intégration nécessaire à l'émergence d'une connaissance cohérente et unifiée.

Pour apporter de nouveaux arguments en faveur de ce modèle et de ses prédictions, ce travail de thèse s'articule autour des trois objectifs suivants :

· Premier objectif : Des dimensions sensorielles et motrices

Le premier objectif est d'étudier les toutes premières activations engendrées par un stimulus multimodal et de démontrer que ces premières activations concernent avant tout des dimensions sensori-motrices.

Les travaux présentés dans le chapitre 2 apportent des arguments en faveur d'une conception multimodale des connaissances. En effet, que ce soit en psychologie cognitive, en neurosciences ou en neuropsychologie, les études montrent l'importance des dimensions sensorielles et motrices. Il apparaît que, face à un objet ou lorsqu'on l'imagine, ces dimensions sont activées de manière automatique.

Nous voulons confirmer ces premiers résultats mais aussi montrer que ceci est vrai en utilisant un paradigme intersensoriel auditif-visuel. En effet, comme nous l'avons vu, très peu de travaux se sont penchés sur les modalités autre que visuelle et sur les paradigmes intermodaux.

Par ailleurs, ces études ont certes montré une activation des dimensions sensorielles et motrices mais rien dans ces travaux ne permet de conclure à la nature purement perceptuelle de ces activations. Aussi, nous nous attacherons à montrer que ces activations sont bien perceptuelles en testant l'effet d'une interférence perceptive.

· Deuxième objectif : Des dimensions sensorielles et motrices intégrées

Après l'étude des premières activations précoces, l'objectif principal de cette thèse est de mettre en évidence l'intégration multimodale des dimensions et donc de répondre aux questions suivantes : quand l'intégration intervient-elle, quelles sont les conditions nécessaires à sa mise en place ?

Nous avons vu que certains auteurs ont montré une intégration des composantes très précoce (dès 40 msec, Giard et Peronnet (1999) notamment). Cependant, nous ne pensons pas que ces phénomènes soient réellement des intégrations mais plutôt des interactions précoces comme le suggèrent par exemple les travaux de Falchier *et al.* (2002). Notre objectif est ainsi de montrer que les processus d'intégration ne sont pas si précoces et n'interviendraient pas avant 100 msec.

- Troisième objectif : Des dimensions sensorielles et motrices intégrées constitutives de la trace

Enfin, en étudiant l'impact à long terme des activations précoces et de l'intégration multimodale, le troisième objectif de cette thèse est de déterminer la nature des traces mnésiques conservées à long terme.

De plus en plus de chercheurs s'intéressent aux activations multimodales générées par la présentation d'un stimulus. Nous allons, nous aussi, nous y intéresser dans un premier temps. Mais, dans un second temps, l'originalité de nos travaux sera de s'intéresser à l'impact de ces activations précoces à long terme. En effet, les études actuelles se sont penchées sur les activations précoces et ont montré que ces activations étaient sensorielles et motrices mais aucune n'a étudié l'impact de ces activations sur le long terme et leur possible influence sur des traitements ultérieurs.

3.4.1. Première série d'expériences : amorçage inter sensoriel

L'objectif de cette première série de quatre expériences est d'étudier les activations des dimensions sensorielles des connaissances. Le paradigme expérimental utilisé est un paradigme d'amorçage à court terme, amorçage de nature sensoriel intermodal. Le principe de ce paradigme (schématisé sur la figure suivante) consiste à présenter un premier stimulus amorce auditif, puis une cible sur laquelle le sujet a une réponse à fournir. L'amorce est un stimulus purement auditif généralement associé à une composante visuelle (rugissement associé à l'image d'un lion).

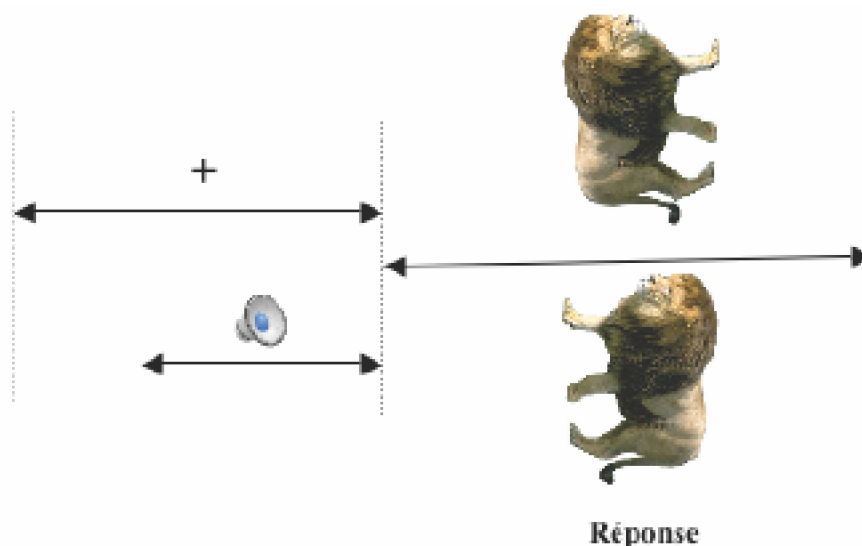


Figure 24 : Présentation simplifiée du paradigme à court terme utilisé

Notre modèle fait l'hypothèse qu'à l'écoute du stimulus sonore « rugissement », le sujet va activer toutes les dimensions sensorielles, motrices et émotionnelles associées à ce stimulus sonore et notamment la dimension visuelle, l'image du lion. Aussi, lorsque ce son-amorce est suivi d'une image-cible congruente (représentant un lion dans l'exemple donné) alors le participant devrait être plus performant (meilleur taux de bonnes réponses et temps de réponse plus courts) pour réaliser la tâche demandée sur la cible. De plus, si

l'image-cible n'est pas congruente avec le son-amorce (rugissement - image d'un coq) ou si le son-amorce est un bruit-blanc alors le participant devrait avoir de moins bonnes performances (taux de bonnes réponses moindre et temps de réponse plus longs) que dans la condition « congruente ».

Une confirmation du caractère perceptuel de l'amorçage (c'est-à-dire que le son active bien une représentation visuelle, comme si l'on voyait l'objet) fait l'objet d'une seconde expérience. L'objectif étant de montrer qu'une interférence perceptuelle est capable de supprimer cet amorçage. Aussi, en utilisant toujours le même paradigme son-amorce suivi d'une image-cible nous allons tenter d'empêcher l'amorçage de se réaliser en présentant un masque visuel pendant l'écoute du son. Ce masque visuel est censé activer les aires visuelles et ainsi perturber la pré-activation de l'image associée au son entendu en amorce.

Hypothèse : l'interférence visuelle va perturber la pré-activation de la dimension visuelle associée au son entendu en amorce, il n'y aura ainsi plus d'effet d'amorçage.

3.4.2. Deuxième série d'expériences : amorçage moteur et intégration

L'objectif de cette seconde série d'expérience est de montrer que l'activation générée par la présentation d'un objet non seulement se propage aux autres dimensions sensorielles mais aussi à d'autres dimensions et notamment motrices. La simple vue d'un objet peut activer les gestes généralement impliqués lors de l'utilisation de l'objet et donc les zones neuronales motrices concernées. Dans les cinq expériences de cette série nous essayons de démontrer l'existence d'un amorçage à court terme moteur à partir d'images d'objets.

La figure 25 présente un des paradigmes utilisé dans cette seconde série d'expérience, une image-amorce présentant un objet et une image-cible, un cercle avec des croix à l'intérieur ; la tâche du sujet étant dénombrer les croix.

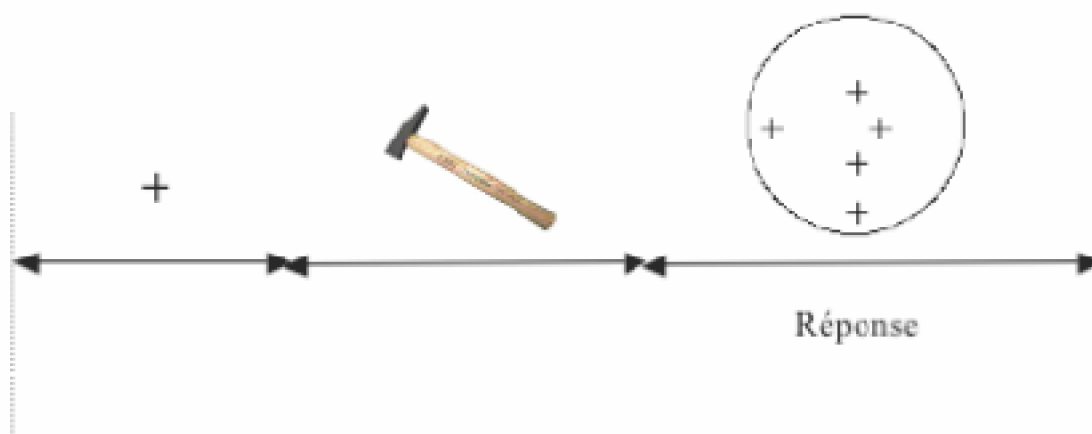


Figure 25 : Présentation simplifiée d'un des paradigme à court terme moteur

Notre modèle fait l'hypothèse que, face à un stimulus visuel, nous allons activer toutes les dimensions associées à cet objet et notamment motrices. Aussi, par exemple, lorsque nous regardons un marteau, nous allons activer de manière automatique le geste

associé à l'utilisation de ce marteau et la main d'utilisation. Si la cible nécessite une réponse de la main activée par l'amorce, notre modèle prédit un temps de réponse plus court.

Suite à cette première expérience, d'autres expériences seront mises en place pour montrer l'existence d'un amorçage moteur mais aussi, en faisant varier le temps de présentation, l'existence d'un processus d'activation des dimensions très précoce et d'un processus d'intégration de ces dimensions activées plus tardif.

3.4.3. Troisième série d'expérience : amorçage à long terme

L'objectif de cette troisième série d'expérience est de mettre en évidence la nature mnésique des représentations perceptuelles impliquées dans les expériences à court terme précédentes. En effet, au-delà de confirmer les résultats précédents, cette série d'expériences va nous permettre de montrer que les dimensions sensorielles et motrices sont des composants constitutifs d'une trace mnésique.

Cette série d'expériences est composée de 4 expériences. La première et la seconde expérience ont pour objectif de montrer l'existence d'un amorçage à long terme intermodal. L'expérimentation comporte deux phases, une phase d'apprentissage et une phase test. Lors de la phase d'apprentissage, nous allons présenter aux sujets des images associées naturellement à des sons mais sans présenter les sons correspondants. Nous faisons l'hypothèse que cette présentation de stimuli visuels va activer et renforcer les représentations auditives associées aux images. Dans la phase test, les sujets devront effectuer une tâche de catégorisation sur des sons ; ces sons étant soit les sons correspondant aux images présentées à l'encodage, soit non associés à ces images. Nous faisons l'hypothèse que les temps de réponse pour juger les sons associés (appelés anciens) seront plus courts que ceux pour juger les sons non associés (appelés nouveaux).

La troisième expérience a pour objectif de confirmer l'origine perceptuelle de l'amorçage. En effet, pour tester le caractère véritablement sensoriel du renforcement et non pas conceptuel, nous avons mis en place lors de l'expérience une condition « interférence », condition pour laquelle les sujets sont confrontés en phase d'apprentissage aux mêmes stimuli visuels mais avec la présentation simultanée d'une interférence auditive afin que l'activation de la représentation auditive soit fortement perturbée.

Enfin, la quatrième expérience permet de tester si cette activation des dimensions sensorielles peut aussi se réaliser à partir d'un matériel verbal.

Étude expérimentale

Chapitre 1 : Amorçage intersensoriel à court terme

L'objectif de cette expérience est d'apporter de nouveaux arguments en faveur du modèle de mémoire épisodique défendu. Selon ce modèle, la présentation d'un objet va activer la ou les dimensions sensorielles directement impliquées par l'objet (par exemple la modalité visuelle si l'objet est présenté visuellement), activation qui va se propager en cascade en inter-sensoriel vers les autres modalités non sollicitées du point de vue purement perceptif. Ainsi, nous pensons que la présentation d'un stimulus auditif relatif à un objet va activer automatiquement et très précocement les différentes propriétés sensorielles qui lui sont associées.

1.1. Expérience 1

1.1.1. Objectifs et Hypothèses

L'hypothèse générale repose ainsi sur l'idée que la présentation d'un stimulus auditif active automatiquement et de façon précoce les différentes propriétés sensorielles (notamment visuelles) qui lui sont associées. Pour tester cette hypothèse, nous avons

utilisé un paradigme d'amorçage à court terme inter-sensoriel (auditif-visuel) avec des sons en amorce et des images en cible. Nous faisons l'hypothèse qu'à l'écoute d'un son, les participants vont activer de façon automatique toutes les connaissances sensorielles et notamment visuelles de l'objet ou de l'animal auquel le son fait référence. Les dimensions sensorielles activées sont supposées être les mêmes que celles qui seraient activées si le sujet se trouvait face au stimulus lui-même. Si ensuite l'image-cible correspond au son-amorce, le traitement de cette image sera facilité.

Pour tester le caractère perceptuel et non pas abstraitif des connaissances impliquées dans l'amorçage, notre expérience comporte 3 blocs. Dans les deux premiers blocs, les couples amorce-cible sont les mêmes ; dans le troisième bloc, chaque image-cible est remplacée par un autre exemplaire du même objet ou animal. Si ce changement de nature perceptuelle et non pas conceptuelle provoque un ralentissement des temps de réponse, ce serait en accord avec notre hypothèse sur la nature perceptuelle de l'amorçage et des connaissances sous-jacentes activées par l'amorce.

Ainsi nous pouvons formuler 2 hypothèses :

H1 : Les participants auront de meilleures performances c'est-à-dire des temps de réponses plus courts et des pourcentages de bonnes réponses plus élevés dans la condition où l'amorce et la cible sont congruentes.

H2 : Nous nous attendons à une diminution des performances dans le bloc 3 c'est-à-dire des temps de réponses plus longs et un pourcentage de bonnes réponses plus faible que dans le bloc 2.

1.1.2. Méthode

1.1.2.1. PARTICIPANTS

36 étudiants de l'Université Lumière Lyon 2, de langue maternelle française ayant une vue normale ou corrigée ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires et aucun d'entre eux n'était familier avec les buts de l'expérience.

1.1.2.2. STIMULI

Les **stimuli visuels** expérimentaux (au nombre de 72) étaient des images représentant pour une moitié des objets et pour l'autre moitié des animaux. 12 images supplémentaires ont été utilisées pour les essais d'entraînement. Ces stimuli ont été traités grâce au logiciel Adobe Photoshop afin que toutes les images aient la même taille, 393 pixels pour la longueur et 295 pixels pour la largeur. Les objets ou animaux étaient dégagés de tout contexte en apparaissant sur fond blanc et ils avaient tous subi une rotation de 90° soit vers la droite soit vers la gauche ceci pour créer la tâche (cf. tableau 1 et annexe 1 pour d'autres exemples). En effet, la tâche des participants était de déterminer si l'objet ou l'animal était orienté vers la droite ou vers la gauche. Toutes les cibles choisies avaient donc toutes une orientation typique c'est-à-dire une partie habituellement haute et une partie habituellement basse.

Les images étaient les mêmes dans les deux premiers blocs ; dans le troisième bloc,

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

les essais étaient les mêmes (conditions expérimentales identiques) mais les images étaient remplacées par des images différentes du même objet ou animal (cf. Tableau 2).





	Objet	Animal
Orienté à droite		
Orienté à gauche		

Tableau 1 : Exemple de stimuli utilisés





	Blocs 1 & 2	Bloc 3
Orienté à droite		
Orienté à gauche		

Tableau 2 : Exemple de distinction entre les Blocs 1 et 2 et le bloc 3

Les **stimuli sonores** étaient au nombre de 37 : 36 correspondant aux stimuli visuels et un bruit blanc (son rassemblant toutes les fréquences à une même intensité). Ces sons ont été modifiés par le logiciel Dsound Pro afin qu'ils aient tous une durée de 1000 msec.

Les participants étaient exposés aux stimuli par paire : un son-amorce suivi d'une image-cible. L'amorce était soit congruente avec la cible (le son correspondait à l'image), soit non congruente (le son ne correspondait pas à l'image mais appartenait à la même catégorie), soit neutre (le son était un bruit blanc).

1.1.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). L'écran était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

Déroulement de l'expérience

Les passations se sont déroulées dans une salle d'expérimentation insonorisée du laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EMC) de l'université Lumière Lyon 2. Chaque participant était testé individuellement. Après avoir rempli un formulaire de

consentement, il s'installait devant un ordinateur à environ 50 cm de l'écran. Une mentonnière permettait de maintenir cette distance constante au cours de la passation, pour chaque participant.

L'expérience était composée de 3 blocs de 36 essais (12 essais pour la condition « congruent », 12 pour la condition « non congruent » et 12 pour la condition « bruit blanc »). Les 3 blocs de 36 paires de stimuli de la phase expérimentale étaient précédés de 12 paires d'entraînement constitués de stimuli différents de ceux utilisés lors de la phase test. La passation durait environ 10 minutes avec deux pauses inter-bloc.

Déroulement d'un essai

Chaque essai était composé des événements suivant : un point de fixation était présenté pendant 1500 msec, 500 msec après le début du point de fixation une amorce (un son) était présentée pendant 1000 msec puis 20 msec après la fin du son, la cible (une image) apparaissait à la fin de l'amorce (cf. Figure 26). La cible restait à l'écran jusqu'à la réponse du sujet. L'intervalle inter-essai était de 1000 msec. Tous les stimuli étaient présentés au centre de l'écran. La luminosité et le contraste étaient maintenus constants dans chaque condition expérimentale et pour tous les participants.

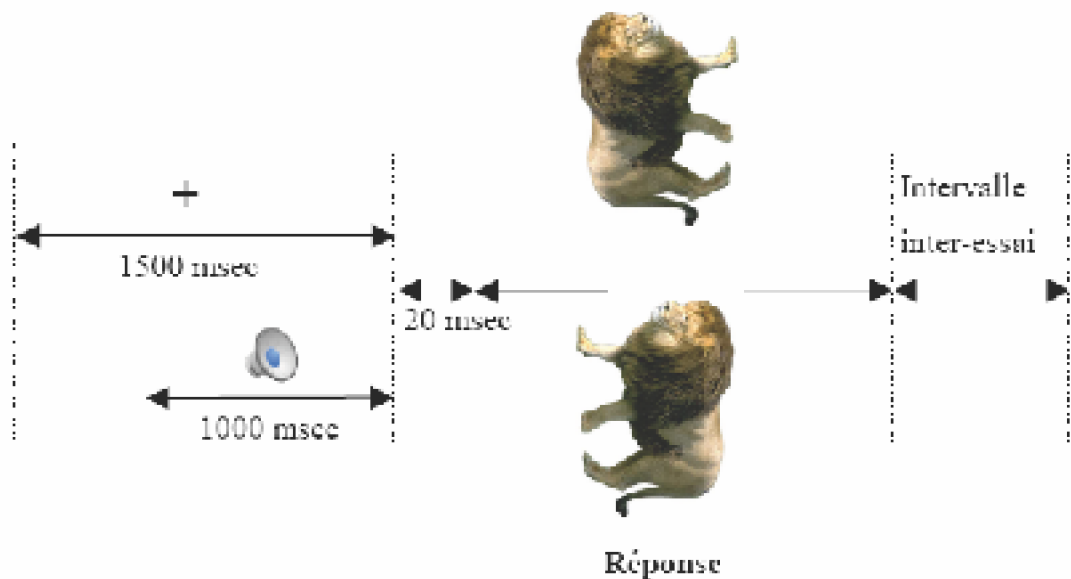


Figure 26 : Succession des événements ou décours temporel d'un essai type

Les participants avaient pour consigne d'indiquer le plus rapidement et précisément possible, si le second stimulus de chaque paire était orienté vers la droite ou vers la gauche. Ils donnaient leur réponse en appuyant sur les touches « C » et « N » du clavier (respectivement libellées « D » pour signifier qu'il s'agissait d'un objet ou d'un animal orienté à droite et « G » pour signifier qu'il s'agissait d'une image orientée à gauche), avec l'index de chaque main. L'ordinateur enregistrait les temps de réponse des participants, c'est-à-dire le temps qui s'écoulait entre le moment où la cible apparaissait à l'écran et le moment où le sujet appuyait sur une touche du clavier. La qualité de la réponse étaient également enregistrée.

1.2.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le pourcentage de bonnes réponses. Les variables indépendantes sont :

- **le type d'image (I_2) : objet ou animal (variable intra-sujet) ;**
- **l'amorce (A_3) : neutre, congruente et non-congruente (variable intra-sujet) ;**
- **le bloc (B_3) : bloc 1, bloc 2 et bloc 3 (variable intra-sujet).**

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{36} * A_3 * I_2 * B_3$

Afin de contrôler certaines variables, nous avons effectué un certain nombre de contre-balancements : les images orientées à droite pour la moitié des participants étaient orientées à gauche pour l'autre moitié des participants. Les images étaient vues pour un tiers des participants dans la condition « congruente », pour un autre tiers des participants dans la condition « non congruente » et enfin dans la condition « bruit blanc » pour le dernier tiers. L'ordre des différentes conditions expérimentales était aléatoire, mais deux ordres ont été utilisés : les premiers essais pour la moitié des participants étaient les derniers pour l'autre moitié. Cet ensemble de contrôles a donc nécessité 12 groupes de participants.

Le facteur « Main de réponse » a été contrôlé par constance, la réponse « est orienté à droite » étant toujours donnée avec l'index droit et la réponse « est orienté à gauche » avec l'index gauche. En effet, alors que dans toutes les autres expériences de cette thèse, ce facteur « main de réponse » a été contrebalancé, il ne nous est pas apparu judicieux de le faire dans cette expérience.

1.2.3. Résultats et discussion

Pour l'ensemble des expériences, les analyses présentées sont des analyses de variance effectuées à l'aide du logiciel SuperAnova.

Les analyses de cette expérience ont été effectuées sur les pourcentages de bonnes réponses et sur les temps moyens des réponses aux cibles. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes. Pour cette première série d'expérience, nous avons considéré comme « latences déviantes », tous les temps de réponses supérieurs à 1200 msec ainsi que tous les temps inférieurs à 100 msec. En effet, il est probable que des temps supérieurs à 1200 msec impliquent d'autres traitements cognitifs qui interféraient avec l'effet d'amorçage étudié. Quant aux temps inférieurs à 100 msec, nous les avons considérés comme trop courts pour une réelle analyse catégorielle correspondant plus à une anticipation du sujet et non à une réponse à un stimulus. Selon ces critères (réponses incorrectes et temps déviantes), moins de 6 % des données ont été supprimés.

Des analyses de variances séparées ont été réalisées avec les sujets (notées F_s) et avec les items (notées F_i) en tant que facteurs aléatoires.

1.2.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 1.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	568 (19,0)	570 (14,3)	507 (19,0)
	Non congruent	582 (20,8)	594 (14,1)	525 (17,4)
	Bruit blanc	590 (21,8)	500 (16,7)	519 (19,2)
Animal	Congruent	583 (19,0)	525 (12,1)	550 (16,9)
	Non congruent	587 (16,9)	555 (15,7)	556 (16,7)
	Bruit blanc	578 (20,4)	554 (13,8)	576 (18,0)

Tableau 3 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats montrent un effet principal du facteur « Catégorie » ; $F_s(1,35)=172.17$, $p<.01$; $F_i(1,34)=10.62$, $p<.01$. Globalement, les participants ont de meilleures performances pour traiter les stimuli représentant des animaux (563 msec) que pour traiter des stimuli représentant des objets (628 msec).

L'analyse des résultats met aussi en évidence un effet principal du facteur « Bloc » (illustré par la Figure 27); $F_s(2,35)=20.61$, $p<.01$; $F_i(2,34)=57.49$, $p<.01$.

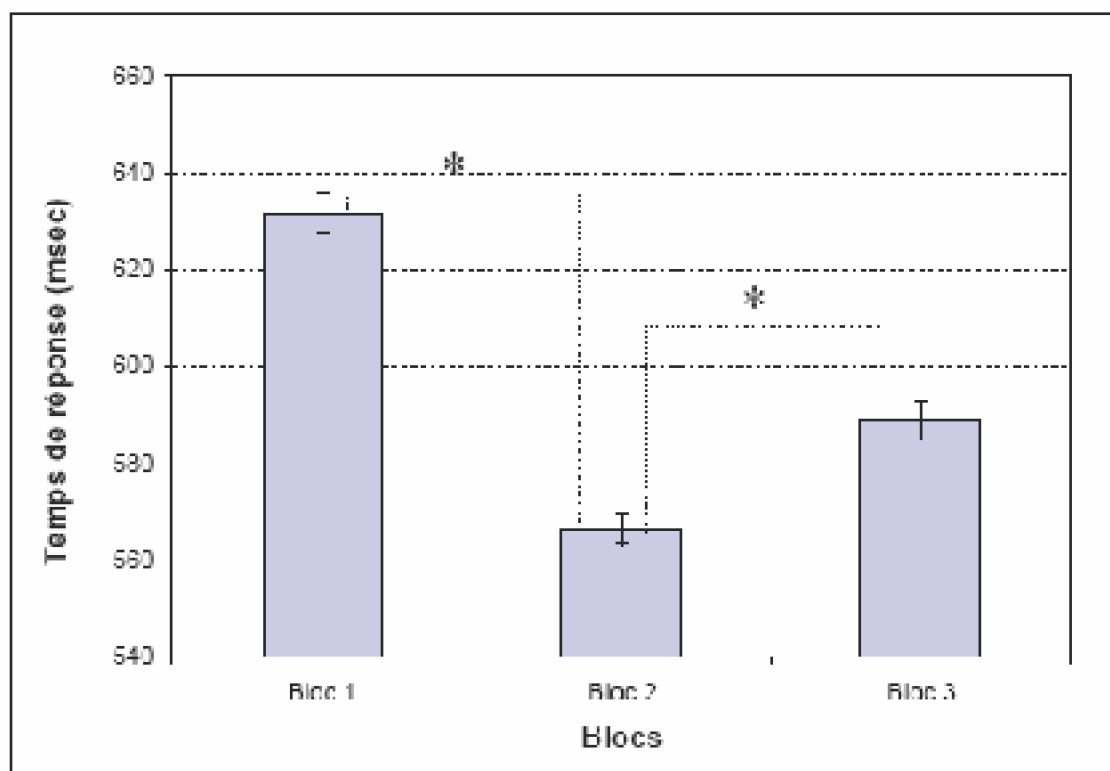


Figure 27 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

Une analyse de contraste a permis de mettre en évidence une différence significative entre le bloc 1 et le bloc 2 ($F_s(2,35)= 39.95, p<.01$; $F_i(2,34)=109.51, p<.01$) ; ainsi en moyenne les participants sont plus rapides pour décider de l'orientation de l'image dans le bloc 2 (566 msec) par rapport au bloc 1 (631 msec). Il s'agit ici d'un effet d'apprentissage dû à la répétition des mêmes couples amorce-cible. Plus intéressant pour nous, l'analyse démontre une différence significative entre le bloc 2 et le bloc 3 ($F_s(2,35)=4.76, p<.05$; $F_i(2,34)=10.28, p<.01$) ; les participants sont plus rapides dans le bloc 2 (566 msec) que dans le bloc 3 (589 msec). Nous obtenons donc un ralentissement significatif des performances dans le bloc 3 comme nous en faisons l'hypothèse, en raison du changement perceptif et non pas conceptuel des cibles.

Enfin, nos résultats mettent en évidence un effet principal du facteur « Amorce » ($F_s(2,35)=3.58, p<.05$). Comme le montre la Figure 28, les participants sont plus rapides lorsque l'amorce et la cible sont congruentes par rapport aux conditions « non congruent » ou « bruit blanc ».

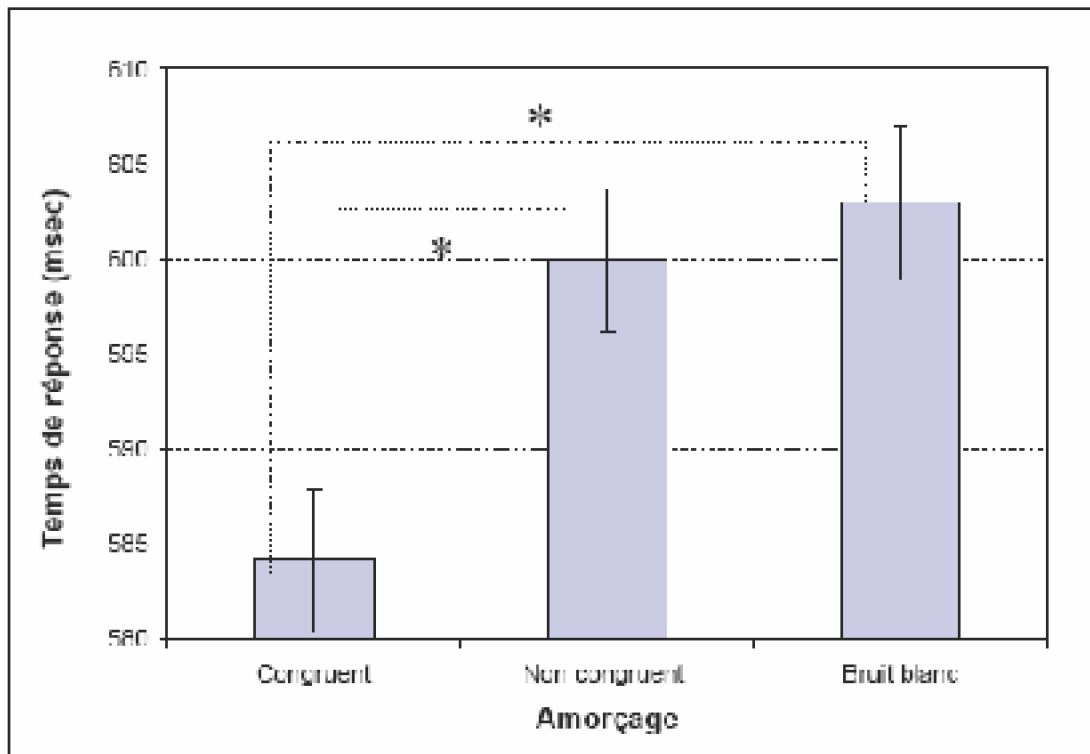


Figure 28 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différentes conditions d'amorçage

Les analyses de contraste confirment l'effet observé en révélant une différence significative entre la condition « congruente » et la condition « non congruente » ($F_s(2,35) = 4.36, p < .05$) ainsi que entre la condition « congruente » et la condition « bruit blanc » ($F_s(2,35) = 6.20, p < .05$). Ainsi les participants sont plus rapides pour décider si l'objet est orienté à droite ou à gauche lorsque l'amorce et la cible sont congruentes (584 msec) par rapport aux conditions « non congruente » (600 msec) et « bruit blanc » (603 msec).

Ainsi, cette analyse révèle un effet du facteur « Catégorie », les images représentant des animaux sont plus rapidement traitées que les images représentant de objets. Au vu de la tâche à réaliser (déterminer l'orientation de l'image), il semble normal que les participants aient vu leurs réponses facilitées pour les images d'animaux. En effet, nous pouvons supposer que l'orientation d'un animal est plus vite déterminée que celle d'un objet grâce à ses pattes.

De plus, en ce qui concerne l'analyse des latences de cette première expérience, il apparaît bien qu'il est possible d'obtenir un amorçage d'une image à partir d'un son. En effet, lorsque le son est congruent avec l'image, le traitement de cette image est facilité, ceci s'exprimant par des temps de réponses plus courts dans la condition « congruente ».

Enfin, nous avons observé que l'introduction d'un changement perceptif dans le bloc 3 entraîne un ralentissement significatif des performances, ce qui confirme l'hypothèse d'un amorçage de nature non pas conceptuelle mais perceptuelle.

1.2.3.2. ANALYSE DU POURCENTAGE DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correcte des images cibles dans le cas de l'expérience 1.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	87,4 (2,0)	92,5 (1,9)	94,4 (1,5)
	Non congruent	87,8 (1,8)	92,5 (1,9)	90,2 (1,9)
	Bruit blanc	88,4 (2,1)	91,6 (1,7)	91,6 (1,8)
Animal	Congruent	97,2 (1,2)	96,2 (1,2)	95,3 (1,6)
	Non congruent	95,8 (1,4)	97,6 (1,2)	97,6 (1,0)
	Bruit blanc	95,7 (1,4)	97,6 (1,2)	96,2 (1,0)

Tableau 4 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats montrent un effet principal du facteur « Catégorie », $F_s(1,35)=73.65$, $p<.01$; $F_i(1,34)=7.87$, $p<.01$. Les participants ont de meilleures performances lorsqu'ils doivent traiter des stimuli représentant des animaux (96,7 %) par rapport aux stimuli représentant des objets (90,7 %).

Comme pour l'analyse des latences, l'analyse de variance révèle un effet du « Bloc » ; $F_s(2,35)=4.27$, $p<.05$; $F_i(2,34)=3.14$, $p<.05$. Les performances des participants (cf. Figure 29) en termes de pourcentages de bonnes réponses varient en fonction du bloc.

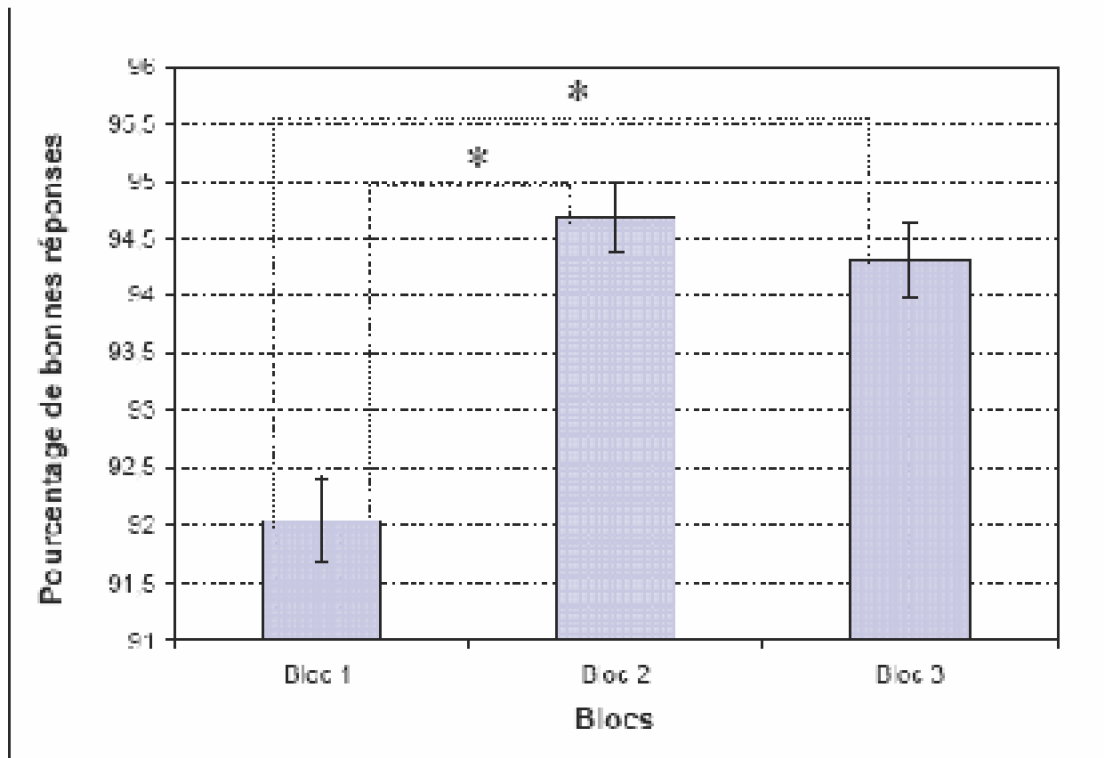


Figure 29 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

Après analyse des contrastes, il apparaît que les participants ont de meilleurs pourcentages de bonnes réponses ($F_s(2,35)=7.31, p<.01$; $F_i(2,34)=5.38, p<.05$) dans le bloc 2 (94,7 %) par rapport au bloc 1 (92,0 %). Dans le bloc 3, les participants ont de meilleures performances (94,3 % vs 92,0 %) que dans le bloc 1 ($F_s(2,35)=5.35, p<.05$). Toutefois, contrairement à l'analyse des latences, les performances du bloc 3 ne diffèrent pas de celles du bloc 2.

1.2.3.3. DISCUSSION

Les résultats montrent un effet significatif du facteur « Catégorie ». Que ce soit en termes de taux de bonnes réponses ou de temps de réaction, les participants obtiennent de meilleures performances pour le jugement des images représentant des objets.

De plus, les résultats observés pour cette première expérience montrent un amorçage auditif/visuel dans les 3 blocs. En effet, l'analyse des latences révèle des performances significativement meilleures (temps de réponse plus courts) dans la condition congruente, condition dans laquelle l'image à traiter est précédée du son qui lui correspond. Cet avantage est vrai quelle que soit la catégorie de l'image à traiter. Ainsi, comme le défend notre modèle, il semble bien qu'à l'écoute du son-amorce, les participants ont activé de façon automatique les autres dimensions sensorielles associées à l'objet ou à l'animal entendu. La dimension visuelle étant ainsi pré-activée, le traitement de l'image est facilitée quand cette dernière correspond à cette pré-activation (condition congruente), ceci se traduit par de meilleures performances (ici des temps de réponses).

Il est à noter que nous n'obtenons pas de différence entre la condition « non congruente » et la condition « bruit blanc ». En effet, nous nous attendions à ce que dans la condition « non congruente », les sujets soient significativement moins performants (temps de réponses plus élevés et pourcentage de bonnes réponses moins important) par rapport à la condition « bruit blanc ». En effet, nous nous attendions à ce que la présentation d'un son « non congruent » active des représentations visuelles inhérentes à l'objet ou à l'animal et que cette pré-activation perturbe le traitement de l'image suivante du fait de leur incompatibilité. Nous discuterons plus longuement de cette observation lorsque nous ferons une synthèse des résultats obtenus dans cette première série d'expériences.

Enfin, l'analyse des résultats révèle une baisse des performances dans le bloc 3, significative pour les latences. Cet effet vérifie notre hypothèse d'une pré-activation des représentations visuelles perceptuelles et non pas abstractives à partir des sons. En effet, si l'on se place dans le cadre théorique de connaissances abstractives, il serait difficile d'expliquer les résultats obtenus et notamment la baisse significative des performances entre le bloc 2 et le bloc 3. Dans ce cadre théorique, un changement uniquement perceptif des stimuli entre ces deux blocs ne devrait pas influencer les performances.

1.2. Expérience 2

1.2.1. Objectifs et hypothèses

La première expérience a réussi à mettre en évidence un amorçage inter-sensoriel à court terme. Lorsque le son-amorce était congruent avec l'image-cible, le traitement de cette dernière était facilitée. L'augmentation des latences dans le bloc 3 nous a permis de penser que cet amorçage était bien perceptuel et non pas sémantique. Cependant, une confirmation plus directe du caractère perceptuel de l'amorçage (c'est-à-dire que le son active bien une représentation visuelle, comme si l'on voyait l'objet), nous a semblé nécessaire. C'est l'objectif de la seconde expérience, en montrant qu'une interférence perceptive est capable de supprimer cet amorçage.

Aussi, en utilisant toujours le même paradigme son-amorce suivi d'une image-cible nous allons tenter d'empêcher l'amorçage de se faire en présentant un masque visuel pendant l'écoute du son. Ce masque visuel est censé activer les aires visuelles et ainsi perturber la pré-activation de l'image associée au son entendu en amorce.

Hypothèse : l'interférence visuelle va interférer avec la pré-activation de la dimension visuelle associée au son entendu en amorce, il n'y aura ainsi plus d'effet d'amorçage. Toutefois, cette hypothèse étant une hypothèse de type H_0 , il nous sera nécessaire de faire une analyse en regroupant les résultats de l'expérience 1 et ceux de l'expérience 2 (facteur « Groupe »). Nous attendons donc une interaction « Amorce*Groupe ».

1.2.2. Méthode

1.2.2.1. PARTICIPANTS

36 étudiants de l'université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous de langue maternelle française avec une vue normale avec ou sans correction. Ils étaient tous volontaires et aucun d'entre eux n'était familier avec les buts de l'expérience.

1.2.2.2. STIMULI

Les stimuli utilisés sont les mêmes que ceux utilisés pour la première expérience c'est-à-dire :

- 72 stimuli visuels représentant des objets ou des animaux orientés soit vers la droite soit vers la gauche ;
- 37 sons : 1 bruit blanc et 36 correspondant aux stimuli visuels ;
- **1 film servant de stimulus interférence. Afin de se représenter ce film, la Figure 30 est une image fixe extraite du film. Cette vidéo a pour objectif d'induire une interférence de type masque-bruit, c'est à dire un ensemble de points disposés aléatoirement qui vont activer les aires visuelles et empêcher la pré-activation de l'image associée au son entendu simultanément au film.**

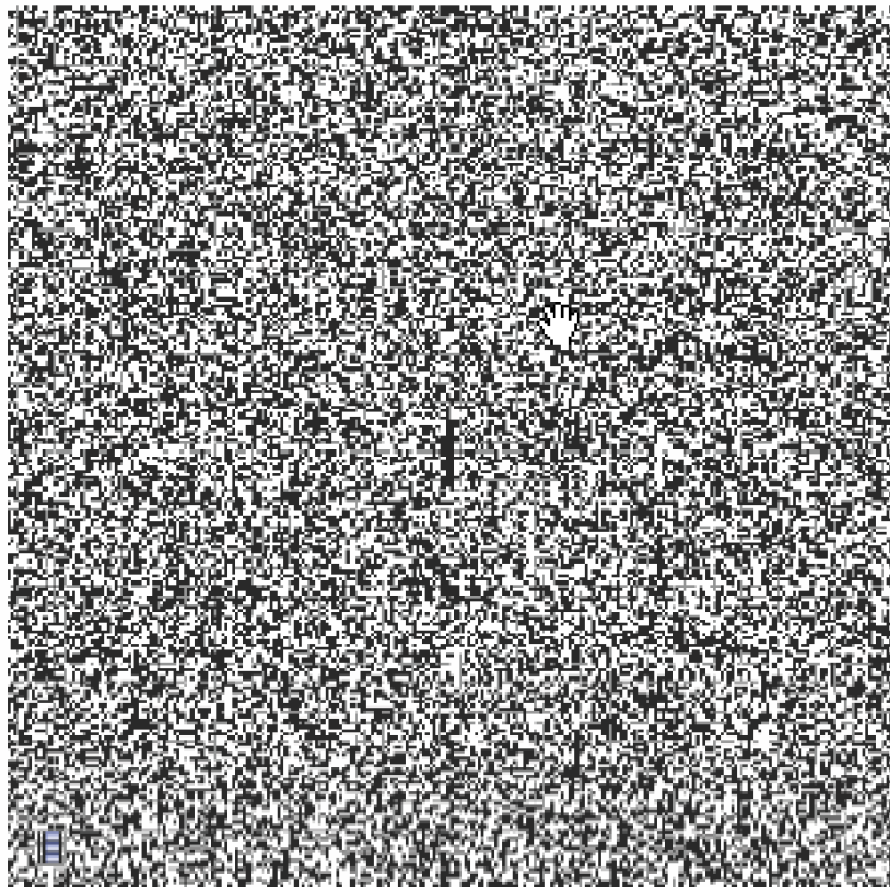


Figure 30 : Image fixe issue du film-interférence

1.2.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). L'écran était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

Déroulement de l'expérience

Le déroulement de cette expérience est le même que celui de l'expérience précédente (cf. page 48).

Déroulement d'un essai

Comme l'illustre la Figure 31, chaque essai était composé des évènements suivants : un point de fixation était présenté pendant 500 msec, 800 msec après le début du point de fixation une amorce (un son) était présentée pendant 1000 msec parallèlement à cet évènement amorce un film interférence commençait 500 msec avant le début du son-amorce et s'arrêtait 500 msec après la fin de ce même son-amorce puis la cible (une image) apparaissait 300 msec après la fin du film interférence. La cible restait à l'écran jusqu'à la réponse du sujet. L'intervalle inter-essai était de 1000 msec. Tous les stimuli étaient présentés au centre de l'écran. La luminosité et le contraste étaient maintenus constants dans chaque condition expérimentale et pour tous les participants.

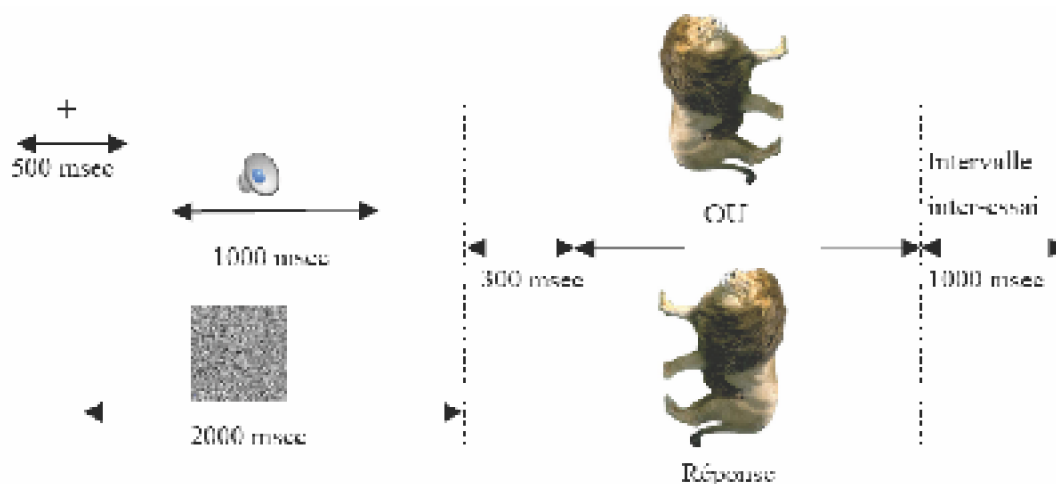


Figure 31 : Déroulement d'un essai type avec interférence

1.2.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Comme pour l'expérience précédente, les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le pourcentage de bonnes réponses. Les variables indépendantes sont :

- le type d'image (I_2) : objet ou animal (variable intra-sujet) ;
- l'amorce (A_3) : neutre, congruent et non-congruent (variable intra-sujet) ;
- le bloc (B_3) : bloc 1, bloc 2 et bloc 3 (variable intra-sujet).

Le plan expérimental est le suivant : $S_{36} * A_3 * I_2 * B_3$

Les contre-balancements effectués sont les mêmes que ceux réalisés pour l'expérience précédente.

1.2.3. Résultats et discussion

Une analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel SuperAnova. Les analyses de cette expérience ont été effectuées sur les pourcentages de bonnes réponses et sur les temps moyens des réponses aux cibles. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 6,5 % des données ont été supprimés. Des analyses de variances séparées ont été réalisées avec les sujets (notées Fs) et avec les items (notées Fi) en tant que facteurs aléatoires.

1.2.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 2.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	665 (22,6)	573 (17,8)	594 (17,6)
	Non congruent	670 (23,2)	606 (17,0)	626 (19,2)
	Bruit blanc	722 (26,2)	609 (17,3)	645 (17,4)
Animal	Congruent	591 (21,3)	503 (15,1)	517 (16,4)
	Non congruent	590 (19,0)	530 (14,2)	541 (15,4)
	Bruit blanc	595 (19,3)	534 (12,4)	559 (15,7)

Tableau 5 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Comme précédemment nous obtenons un effet principal du facteur « Catégorie » ($F_s(1,35)=123.52, p<.01$ et $F_i(1,35)=9.19, p<.01$). En effet, les participants à l'expérience sont beaucoup plus rapides pour traiter les images représentant des animaux (551 msec) que pour traiter des images représentant des objets (635 msec).

De plus, comme l'illustre la , les analyses ont mis en évidence un effet du « Bloc » ($F_s(2,35)=32.47, p<.01$ et $F_i(2,34)=90.39, p<.01$).

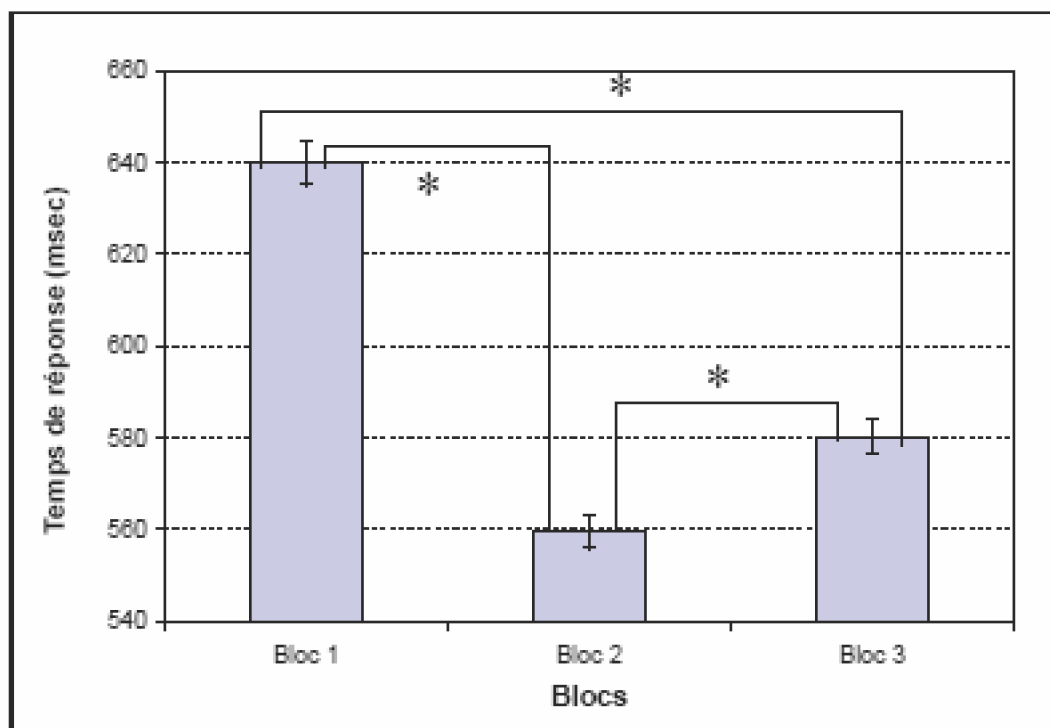


Figure 32 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

L'analyse des contrastes révèle une différence significative ($F_s(2,35)=60.26, p<.01$ et $F_i(2,34)=166.66, p<.01$) entre le bloc 1 (640 msec) et le bloc 2 (559 msec). Nous observons également une différence significative ($F_s(2,35)=4.03, p<.05$ et $F_i(2,34)=10.24, p<.01$) entre le bloc 2 (559 msec) et le bloc 3 (580 msec). Enfin, les participants ont des performances significativement meilleures dans le bloc 3 (580 msec vs 640 msec) par rapport au bloc 1 ($F_s(2,35)=33.10, p<.01$ et $F_i(2,34)=94.28, p<.01$).

Enfin et contrairement à nos attentes, les résultats mettent en évidence un effet du facteur « Amorce » ($F_s(2,35)=11.70, p<.01$).

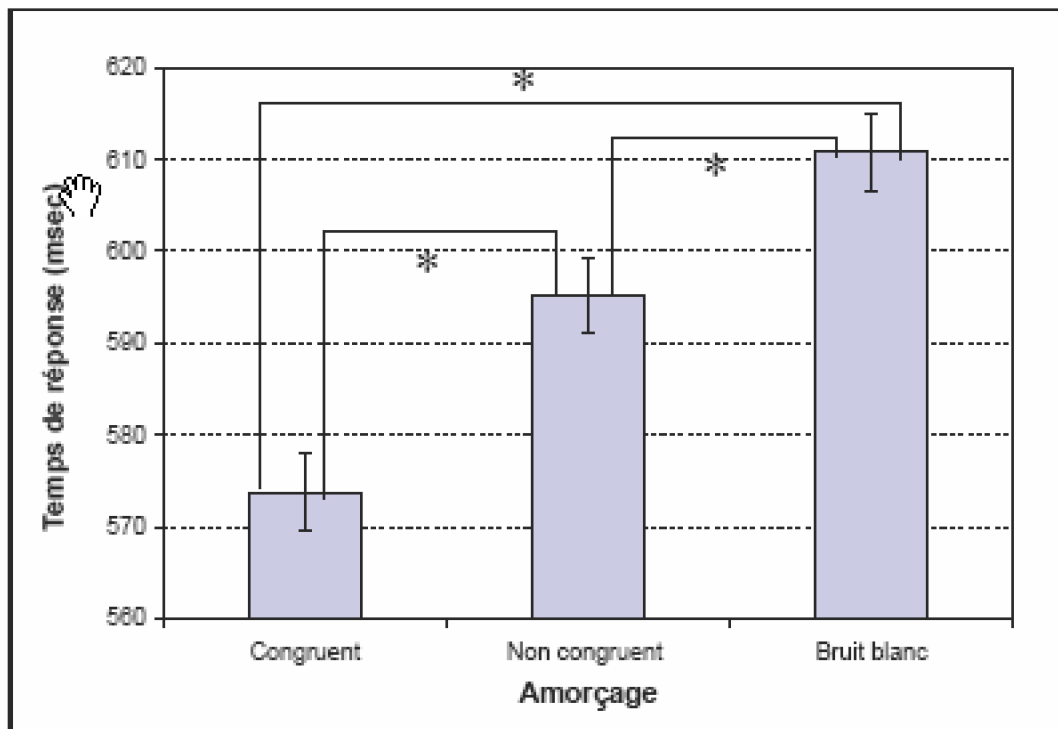


Figure 33 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différentes conditions d'amorçage

L'analyse des contrastes (cf. Figure 33) montre que, malgré notre interférence, les participants ont de meilleures performances dans la condition où l'amorce et la cible sont congruentes (574 msec) par rapport à la condition « non congruente » (595 msec) ($F_{s(2,35)}=7.78, p<.01$). De plus, les participants sont plus performants dans la condition « congruente » (574 msec) par rapport à la condition « bruit blanc » (611 msec) ($F_{s(2,35)}=23.20, p<.01$). Enfin, l'analyse des contrastes met en évidence une différence significative ($F_{s(2,35)}=4.11, p<.05$) entre la condition « non congruente » (595 msec) et la condition « bruit blanc » (611 msec), différence qui n'était pas significative dans la première expérience.

Ainsi, de même que dans l'expérience précédente, les résultats révèlent un ralentissement des performances (temps de réponses plus longs) dans le bloc 3 ceci allant dans le sens d'une nature perceptive de notre amorçage. Mais contrairement à nos attentes, cet effet d'amorçage n'a pu être bloqué par notre film-interférent. En effet, celui-ci s'est révélé inefficace, les participants obtenant toujours de meilleurs performances dans la condition « congruente » par rapport aux deux autres conditions.

1.2.3.2. ANALYSE DU POURCENTAGE DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des images cibles dans le cas de l'expérience 2.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	86,5 (2,1)	94,4 (1,6)	93,4 (1,5)
	Non congruent	86,1 (2,2)	96,7 (1,3)	92,3 (1,7)
	Bruit blanc	88,4 (2,1)	93,4 (1,5)	92,3 (1,6)
Animal	Congruent	95,7 (1,2)	96,3 (1,5)	95,3 (1,4)
	Non congruent	93,0 (1,8)	94,8 (1,5)	95,3 (1,4)
	Bruit blanc	95,3 (1,4)	95,8 (1,7)	96,2 (1,3)

Tableau 6 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les analyses effectuées mettent en évidence un effet principal du facteur « Catégorie » ($F_{s(1,35)}=17.19$, $p<.01$), les participants ont des pourcentages de bonnes réponses plus élevés lorsque l'image à traiter représente un animal (95,4 % vs 91,4 %).

De plus, les résultats montrent un effet du facteur « Bloc » (cf. Figure 34) ; $F_{s(2,35)}=13.71$, $p<.01$ et $F_{i(2,34)}=15.49$, $p<.01$

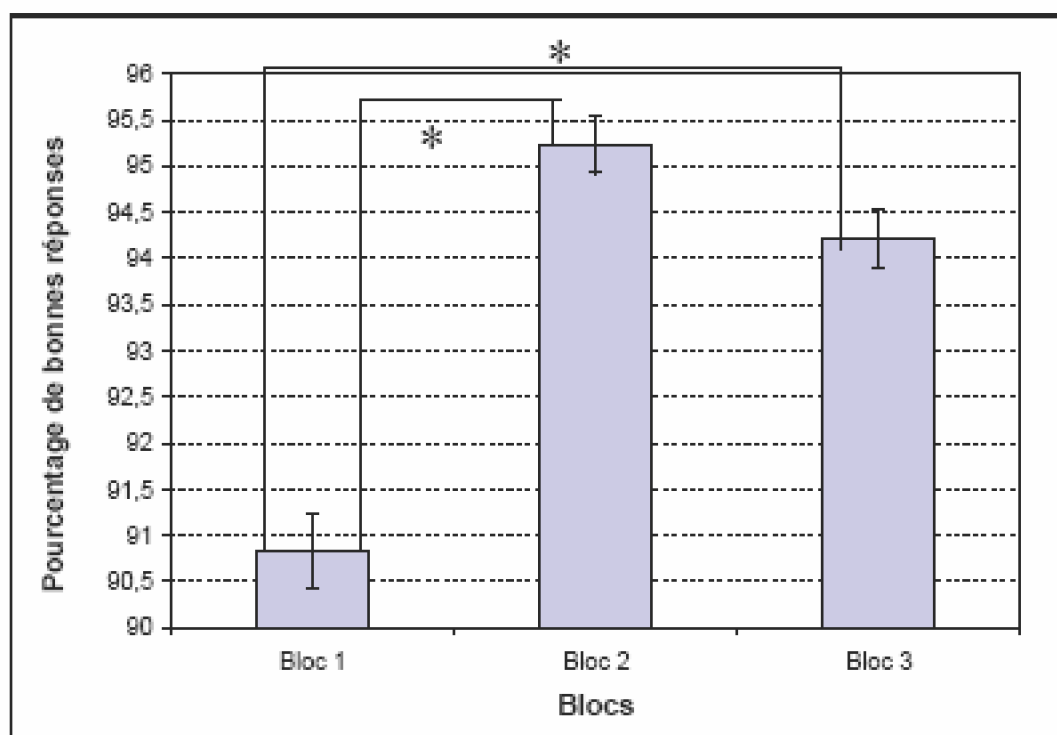


Figure 34 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

L'analyse de contrastes met en évidence une différence significative entre le bloc 1 et le bloc 2 ($F_{s(2,35)}=25.09$, $p<.01$ et $F_{i(2,34)}=28.21$, $p<.01$) mais aussi entre le bloc 1 et le

bloc 3 ($F_s(2,35)=14.68, p<.01$ et $F_i(2,34)=16.78, p<.01$). Les participants ont de meilleures performances dans le bloc 2 (95,2 %) et le bloc 3 (94,2 %) par rapport au bloc 1 (90,8 %), en revanche leurs performances ne varient pas significativement entre le bloc 2 et le bloc 3.

1.2.3.3. DISCUSSION

Contrairement à nos attentes, le film n'a pas pu être efficace dans son rôle d'interférence puisque nous obtenons toujours un effet du facteur « Amorce » avec de meilleures performances dans la condition « congruente » par rapport aux deux autres conditions. Il semble que ce film n'ait pas pu interférer avec la pré-activation de la dimension visuelle associée au son entendu en amorce. Aussi, nous allons tenter dans l'expérience suivante de mettre en évidence la nature perceptuelle de notre amorçage en utilisant un autre type de film-interférent.

1.3. Expérience 3

1.3.1. Objectifs et hypothèses

L'objectif de cette expérience est de répliquer l'expérience 2 en utilisant un masque plus efficace afin d'empêcher l'amorçage. Le film interférent utilisé ici est une succession d'images de masque de différentes valeurs de fréquences spatiales. Même s'il reste un masquage de type masque bruit, il s'est révélé efficace pour leurs concepteurs et leurs utilisateurs ultérieurs⁶ et notamment dans une tâche de catégorisation dans laquelle il était demandé au sujet de relâcher un bouton si l'image présentée contenait un animal ou maintenir la pression sur le bouton de réponse dans le cas contraire.

Ainsi, notre hypothèse reste la même que dans l'expérience 2, à savoir : l'interférence visuelle va interférer avec la pré-activation de la dimension visuelle associée au son entendu, il n'y aura ainsi plus d'effet d'amorçage.

1.3.2. Méthode

1.3.2.1. PARTICIPANTS

36 étudiants de l'université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous de langue maternelle française, avec une vue correcte avec ou sans correction.

1.3.2.2. STIMULI

Les stimuli utilisés sont les mêmes que ceux utilisés dans les 2 premières expériences à savoir 72 stimuli visuels représentant des objets ou des animaux orientés soit vers la droite soit vers la gauche et 37 stimuli sonores, 36 correspondant aux images et 1 bruit blanc.

⁶ Ce masque a été créé par Nadège Bacon-Macé et coll (2005) puis utilisé par Christian Marendaz.

Pour la condition d'interférence, nous avons créé un film d'une durée de 2000 msec à partir des images de masque. Ces images sont au nombre de 4 (cf. Figure 35) ayant différentes valeurs de fréquences spatiales. Pour chacune de ces 4 images, 3 autres images ont été créées par rotation. Ainsi, notre film-interférence se compose de la succession de 16 images masques.

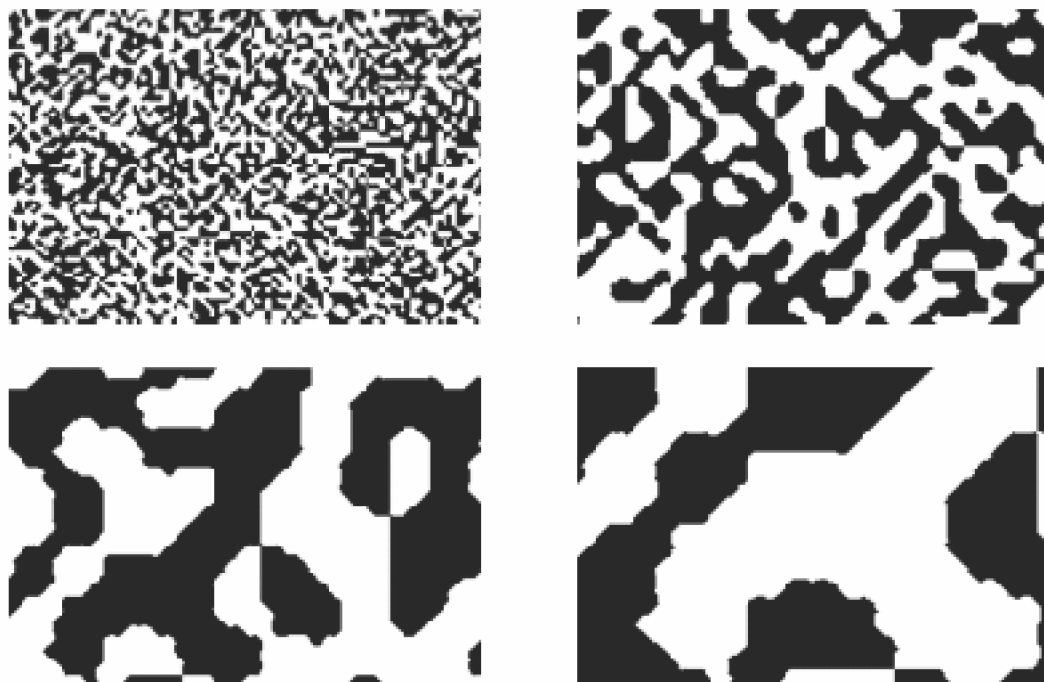


Figure 35 : Exemples d'images avec différentes fréquences spatiales utilisées pour créer le film interférence

1.3.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

Le dispositif expérimental et la procédure sont les mêmes que dans l'expérience 2 (cf. page 55).

1.3.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Comme pour l'expérience précédente, les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le pourcentage de bonnes réponses. Les variables indépendantes sont :

- le type d'image (I_2) : objet ou animal (variable intra-sujet) ;
- l'amorce (A_3) : neutre, congruente et non-congruente (variable intra-sujet) ;
- le bloc (B_3) : bloc 1, bloc 2 et bloc 3 (variable intra-sujet).

Le plan expérimental est le suivant : $S_{36} * A_3 * I_2 * B_3$

Les contre-balancements sont les mêmes que dans les expériences précédentes.

1.3.3. Résultats et discussion

Une analyse de variance a été réalisée à l'aide du logiciel SuperAnova. Les analyses de cette expérience ont été effectuées sur les pourcentages de bonnes réponses et sur les temps moyens des réponses aux cibles. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 7 % des données ont été supprimés. Des analyses de variances séparées ont été réalisées avec les sujets (notées Fs) et avec les items (notées Fi) en tant que facteurs aléatoires.

1.3.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 3.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	637 (17,8)	648 (15,4)	631 (20,1)
	Non congruent	646 (19,1)	602 (14,6)	536 (17,2)
	Bruit blanc	651 (17,1)	582 (15,9)	631 (17,9)
Animal	Congruent	554 (12,7)	500 (12,1)	514 (15,2)
	Non congruent	553 (11,6)	525 (12,4)	528 (11,4)
	Bruit blanc	534 (13,6)	532 (13,9)	542 (11,5)

Tableau 7 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Comme lors de nos autres expériences, nous observons un effet du facteur « Catégorie » ($F_s(1,35)=116.48$, $p<.01$ et $F_i(1,35)=14.04$, $p<.01$). Les participants sont beaucoup plus rapides pour traiter les images d'animaux (535 msec) que pour traiter des objets (607 msec) et ceci quelle que soit la condition expérimentale.

Les analyses mettent aussi en évidence un effet du facteur « Bloc » ($F_s(2,35)=21.01$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=24.75$, $p<.01$).

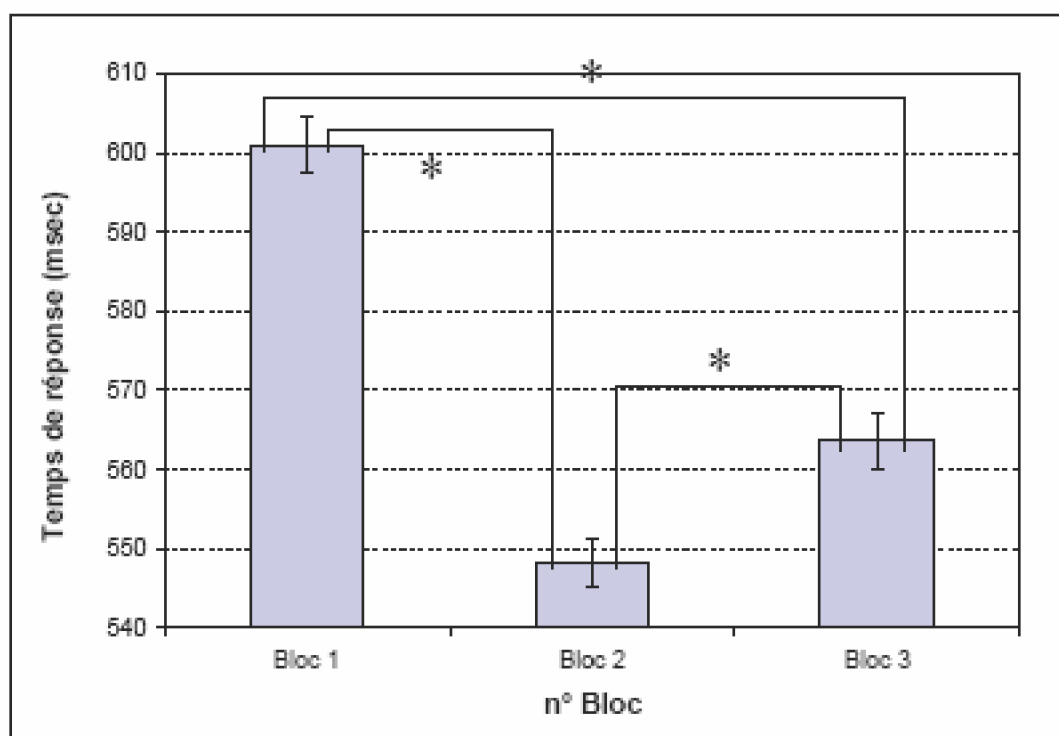


Figure 36 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

L'analyse de contraste réalisée (cf. Figure 36) met en évidence une différence significative entre le bloc 1 et le bloc 2 ($F_s(2,35)=39.73, p<.01$ et $F_i(2,34)=47.64, p<.01$) mais aussi entre le bloc 1 et le bloc 3 ($F_s(2,35)=19.91, p<.01$ et $F_i(2,34)=21.47, p<.01$) et enfin entre le bloc 2 et le bloc 3 ($F_i(2,34)=5.14, p<.05$). Ainsi, les participants ont des temps de réponses plus courts dans le bloc 2 (548 msec) et le bloc 3 (564 msec) par rapport au bloc 1 (601 msec). Il apparaît ainsi un ralentissement des performances entre le bloc 2 et le bloc 3.

Comme l'illustre la et contrairement à nos attentes, nous observons un effet du facteur « Amorce » ; $F_s(2,35)=4.38, p<.05$ et $F_i(2,34)=3.19, p<.05$

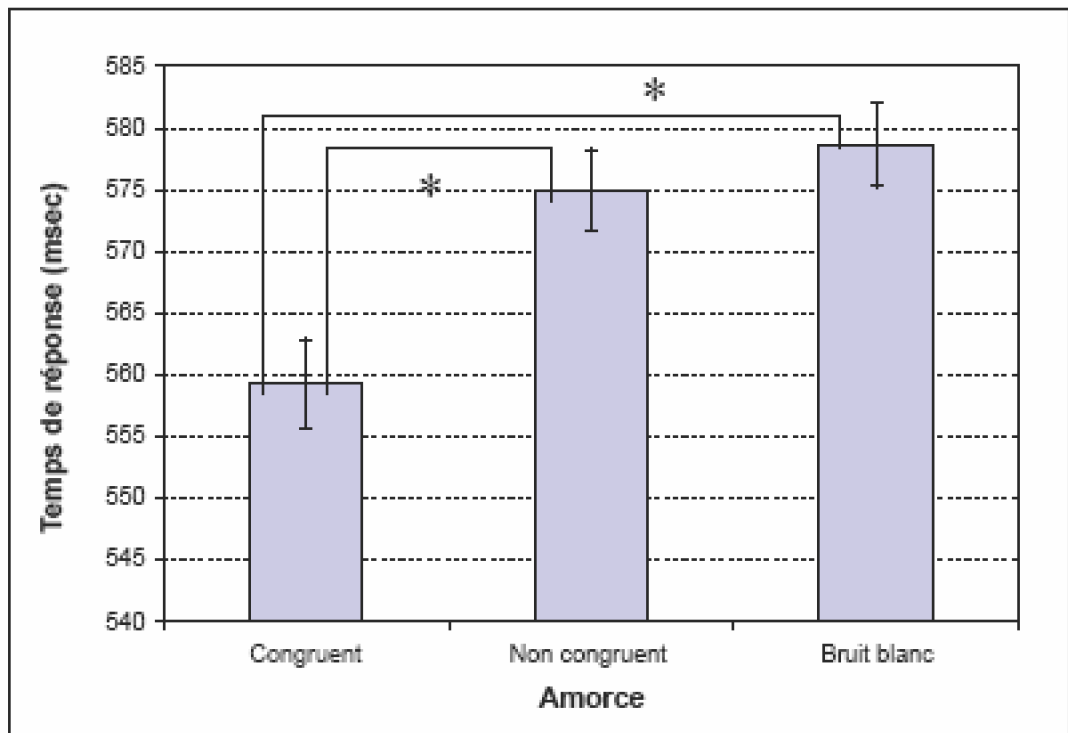


Figure 37 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différentes conditions d'amorçage

L'analyse de contrastes montre une différence significative entre la condition « congruente » et la condition « non congruente » ($F_s(2,35)=5.09$, $p<.05$ et $F_i(2,34)=4.08$, $p<.05$), les participants sont plus rapides pour traiter la cible lorsque celle-ci est congruente avec l'amorce (559 msec) par rapport à la condition « non congruente » (575 msec). Cet avantage pour la condition « congruente » s'observe aussi dans la comparaison avec la condition « bruit blanc » ($F_s(2,35)=7.77$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=5.39$, $p<.05$), les participants sont plus rapides dans la condition « congruente » (559 msec) par rapport à la condition « bruit blanc » (579 msec). Enfin, nos analyses ne montrent pas de différence significative entre la condition « non congruente » (575 msec) et la condition « bruit blanc » (579 msec).

Cependant, notre analyse de variance révèle une interaction « Bloc*Amorce » significative dans l'analyse par item et tendancielle dans l'analyse par sujet ($F_s(4,35)=2.31$, $p=.06$ et $F_i(4,34)=2.61$, $p<.05$). Cette interaction est représentée sur la figure suivante.

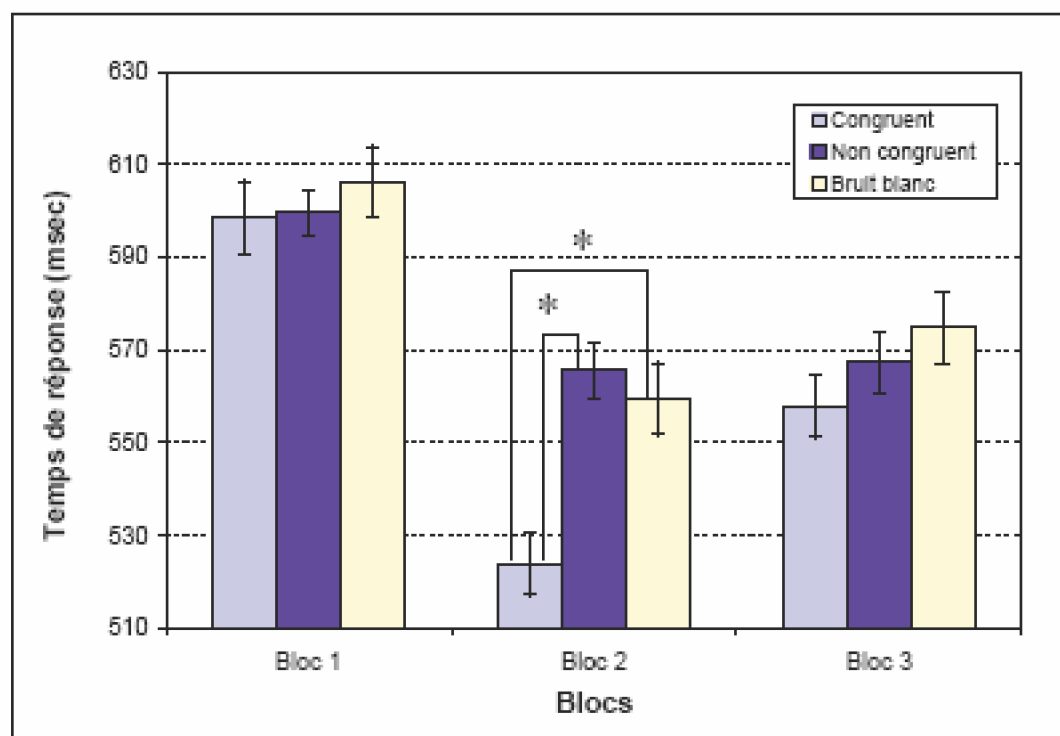


Figure 38 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs et les différentes conditions d'amorçage

Afin de mieux comprendre cette interaction, il est nécessaire de faire une analyse distincte de chacun des blocs. Ces analyses montrent que l'effet d'amorçage ne s'exprime significativement que dans le bloc 2 ($F_s(2,35)=9.09, p<.01$ et $F_i(2,34)=8.14, p<.01$), avec de meilleures performances pour la condition « congruente » par rapport aux conditions « non congruente » ($F_s(2,35)=15.93, p<.01$ et $F_i(2,34)=13.96, p<.01$) et « bruit blanc » ($F_s(2,35)=10.84, p<.01$ et $F_i(2,34)=10.17, p<.01$). Cette observation montre que le masque n'a été efficace que dans le bloc 2, ceci peut s'expliquer par le fait que dans ce bloc les participants ont déjà été confrontés une première fois (dans le bloc 1) aux sons et aux images rendant l'interférence beaucoup moins perturbante.

1.3.3.2. ANALYSE DU POURCENTAGE DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correcte des images cibles dans le cas de l'expérience 3.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	90,2 (2,0)	92,0 (1,7)	92,1 (1,9)
	Non congruent	89,2 (1,9)	93,0 (1,9)	93,8 (1,4)
	Bruit blanc	86,5 (2,4)	90,2 (1,9)	93,4 (1,5)
Animal	Congruent	94,4 (1,9)	95,3 (1,4)	97,2 (1,1)
	Non congruent	94,9 (1,9)	94,8 (1,5)	93,8 (1,8)
	Bruit blanc	92,6 (2,2)	94,8 (1,5)	95,3 (1,6)

Tableau 8 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse du pourcentage de bonnes réponses révèle un effet du facteur « Catégorie » ($F_{s(1,35)}=16.35, p<.01$), les participants ont des pourcentages de bonnes réponses supérieurs lorsqu'ils doivent traiter des stimuli représentant des animaux (94,8 %) par rapport à ceux représentant des objets (91,2 %).

Notre analyse de variance met en évidence (cf. Figure 39) un effet du facteur « Bloc » ($F_{s(2,35)}=6.32, p<.01$ et $F_{i(2,34)}=4.93, p<.01$).

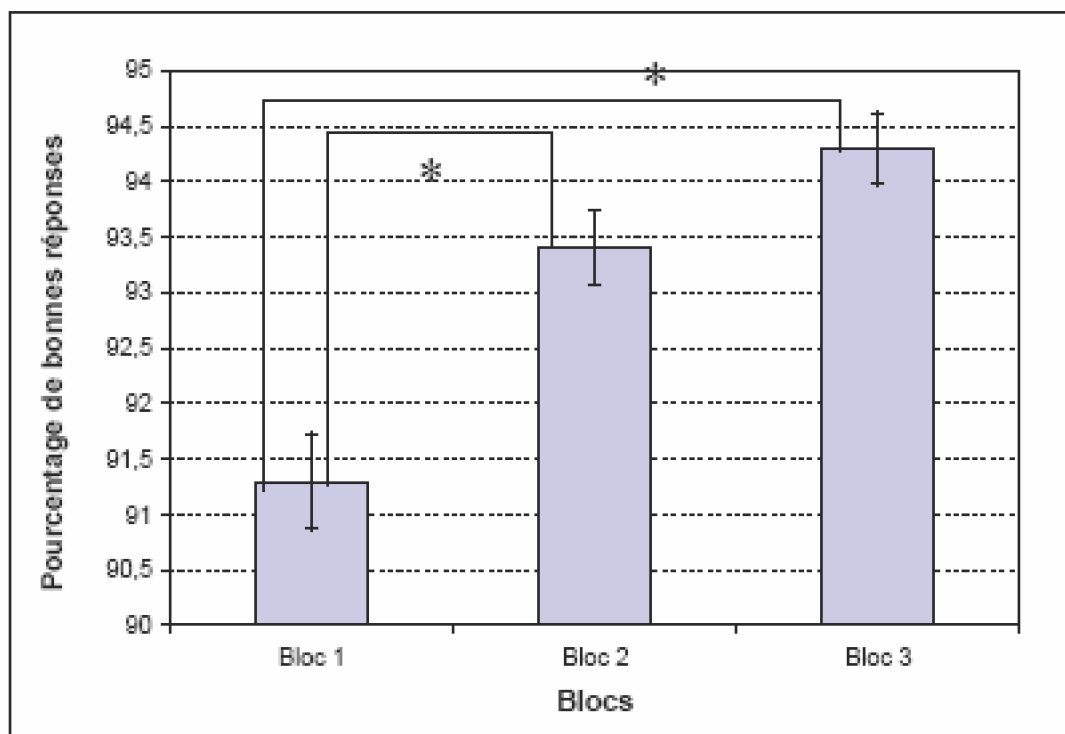


Figure 39 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

L'analyse de contraste met en évidence une différence significative entre le bloc 1 et

le bloc 2 ($F_s(2,35)=5.69$, $p<.05$ et $F_i(2,34)=4.52$, $p<.05$), les participants ont un meilleur pourcentage de bonnes réponses dans le bloc 2 (93,4 %) par rapport au bloc 1 (91,3 %). Cette différence se retrouve aussi entre le bloc 1 (91,3 %) et le bloc 3 (94,3 %), les participants sont meilleurs dans le bloc 3 par rapport au bloc 1 ($F_s(2,35)=12.07$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=9.39$, $p<.01$). En revanche, nous n'observons pas de différence significative entre le bloc 2 (93,4 %) et le bloc 3 (94,3 %).

1.3.3.3. DISCUSSION

Dans cette troisième expérience, le film interférence n'a pu bloquer le mécanisme d'amorçage. En effet, même s'il ne s'exprime que dans un bloc sur les trois, le facteur « Amorce » reste globalement significatif. Ainsi, les participants à l'expérience sont toujours plus rapides pour catégoriser les images-cibles lorsque celles-ci sont précédées d'un son-amorce congruent.

L'inefficacité de notre interférence peut être due à sa nature puisque c'est une interférence de type masque-bruit. Or, dans le domaine du masquage visuel, il a été démontré, notamment par Turvey (1973), qu'un masquage de type pattern était plus efficace ; le masque pattern étant un masque qui reprend de façon désordonnée les principales caractéristiques visuelles de la cible. Aussi, dans l'expérience suivante, nous allons utiliser un masque de type pattern, ce masque étant créé à partir de nos stimuli expérimentaux.

1.4. Expérience 4

1.4.1. Objectifs et hypothèses

L'objectif de cette quatrième expérience est de répliquer les 2 expériences précédentes en utilisant un nouveau type d'interférence qui se rapprochera du masque-pattern utilisé en masquage visuel.

Notre hypothèse reste la même : notre interférence visuelle va perturber la pré-activation de la dimension visuelle associée au son entendu, il n'y aura ainsi plus d'effet d'amorçage.

1.4.2. Méthode

1.4.2.1. PARTICIPANTS

36 étudiants de l'université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires, de langue maternelle française, avec une bonne vue avec ou sans correction

1.4.2.2. STIMULI

Les stimuli sont toujours identiques à ceux utilisés dans les trois précédentes expériences c'est à dire : 72 stimuli visuels représentant des objets ou des animaux orientés soit vers

la droite, soit vers la gauche et 37 stimuli sonores, 36 correspondant aux images et 1 bruit blanc.

Pour créer la condition d'interférence nous avons choisi de créer un film à partir d'images (cf. Figure 40). Ces images sont créées à partir d'images utilisées dans l'expérience, découpées grâce à Photoshop en petits carrés replacés de façon aléatoire (cf. Figure 41). Un film de 2 secondes a ainsi été créé à partir de 16 images modifiées et répétées de façon aléatoire.

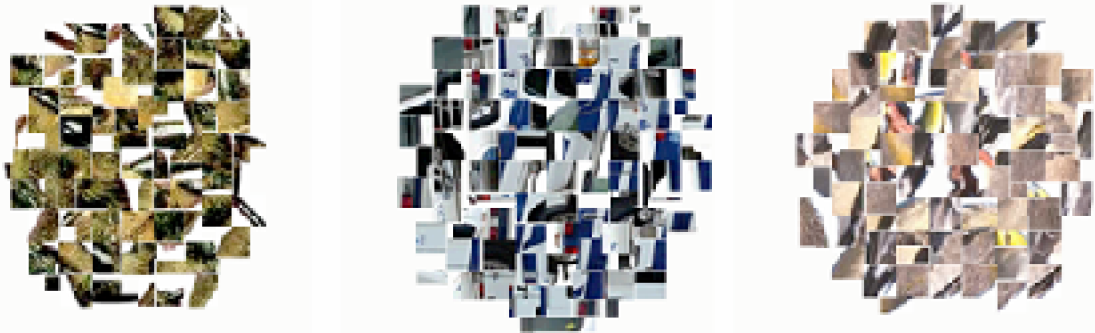


Figure 40 : Exemple d'images utilisées pour créer le film interférence (une abeille, une ambulance et un oiseau)

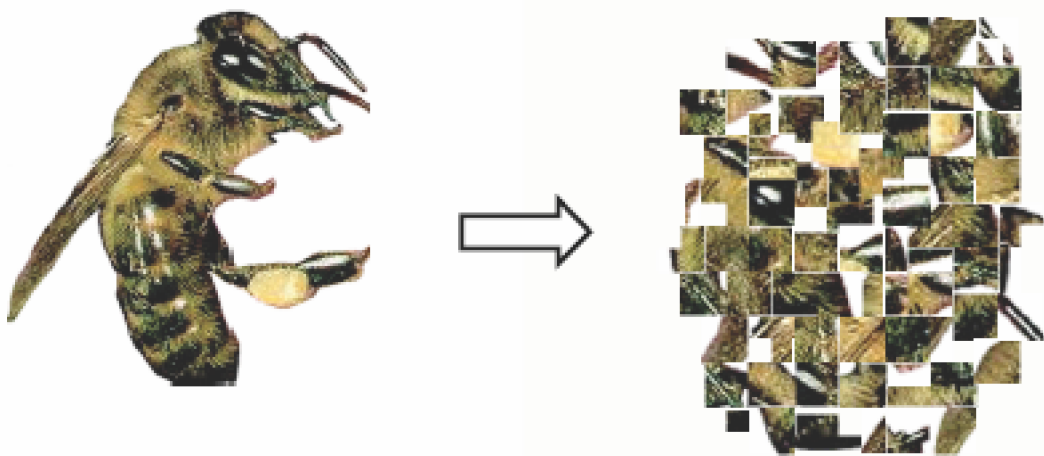


Figure 41 : Exemple de création d'une image partie du masque à partir d'un stimulus de l'expérience

Nous pensons que ce film serait plus efficace car il s'apparente plus au masque de type pattern utilisé dans le domaine de la vision. En effet, ce masque reprend de façon désordonnée les principales caractéristiques de la cible. Aussi, nous pensons qu'il allait plus efficacement interférer avec la dimension visuelle pré-activée par le son-amorce.

1.4.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

Le dispositif expérimental et la procédure sont identiques aux deux expériences précédentes.

1.4.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Comme pour l'expérience précédente, les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le pourcentage de bonnes réponses. Les variables indépendantes sont :

- le type d'image (I_2) : objet ou animal (variable intra-sujet) ;
- l'amorce (A_3) : neutre, congruente et non congruente (variable intra-sujet) ;
- le bloc (B_3) : bloc 1, bloc 2 et bloc 3 (variable intra-sujet).

Le plan expérimental est le suivant : $S_{36} * A_3 * I_2 * B_3$

Les contre-balancements effectués sont les mêmes que ceux réalisés dans les expériences précédentes.

1.4.3. Résultats et discussion

Une analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel SuperAnova. Les analyses de cette expérience ont été effectuées sur les temps moyens des réponses aux cibles. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 6 % des données ont été supprimés. Des analyses de variances séparées ont été réalisées avec les sujets (notées Fs) et avec les items (notées Fi) en tant que facteurs aléatoires.

1.4.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 4.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	641 (21,8)	538 (17,2)	582 (22,9)
	Non congruent	658 (19,9)	591 (19,0)	611 (22,6)
	Bruit blanc	650 (21,3)	576 (17,3)	513 (19,2)
Animal	Congruent	563 (18,5)	519 (15,3)	513 (17,4)
	Non congruent	564 (19,6)	511 (15,0)	509 (18,9)
	Bruit blanc	564 (17,4)	521 (18,1)	534 (17,8)

Tableau 9 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats révèlent un effet du facteur « Catégorie » ; $F_s(1,35)=127.84$, $p<.01$ et $F_i(1,34)=17.90$, $p<.01$; les participants sont beaucoup plus rapides pour traiter les stimuli représentant des animaux (533 msec) que pour traiter des stimuli représentant des objets (605 msec).

D'autre part, comme l'illustre la , l'analyse de variance met en évidence un effet du facteur « Bloc » ($F_s(2,35)=26.15$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=55.98$, $p<.01$).

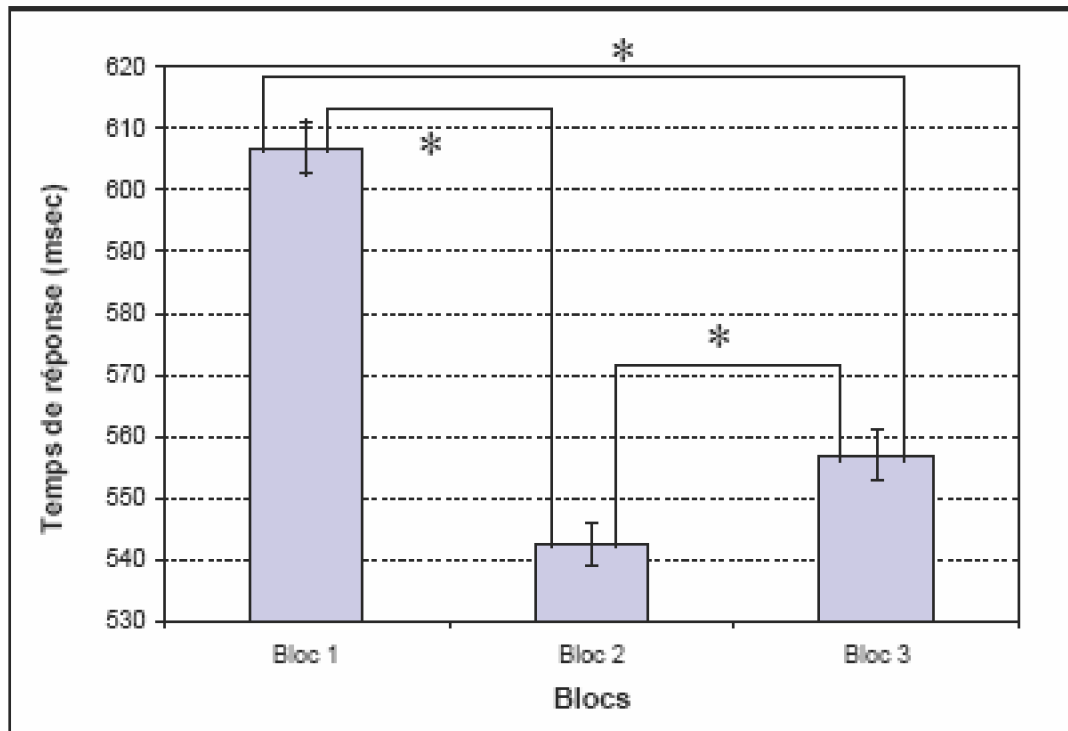


Figure 42 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

L'analyse des contrastes montre une différence significative des performances entre le bloc 1 et le bloc 2 ($F_s(2,35)=47.48$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=99.92$, $p<.01$) ainsi qu'entre le bloc 1 et le bloc 3 ($F_s(2,35)=28.57$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=64.04$, $p<.01$). La différence entre le bloc 2 et le bloc 3 est significative uniquement dans l'analyse par item ($F_i(2,34)=3.97$, $p=.05$). Ainsi, les participants voient leurs performances s'accroître entre le bloc 1 (609 msec) et le bloc 2 (545 msec) puis leurs performances diminuent dans le bloc 3 (558 msec) même si elles restent inférieures au bloc 1.

Les résultats mettent en évidence une interaction « Catégorie*Amorce » ; $F_s(2,35)=6.91$, $p<.01$ et $F_i(2,34)=3.61$, $p<.05$). Cette interaction est représentée sur la figure suivante.

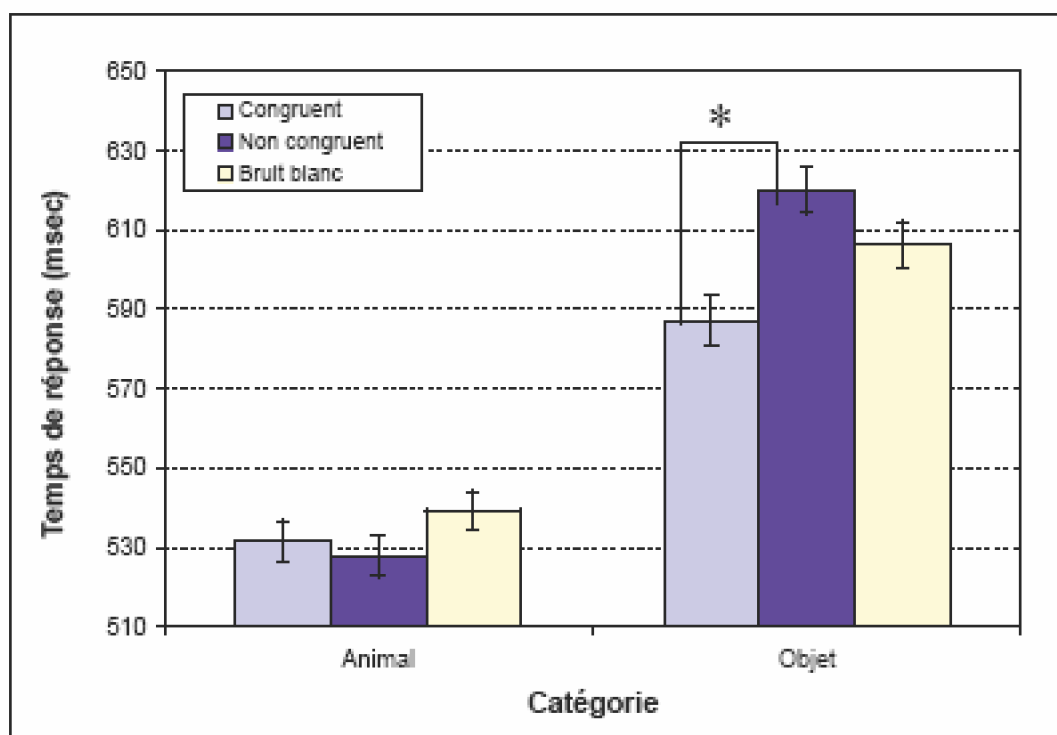


Figure 43 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différentes conditions d'amorçage et les catégories

Une analyse indépendante de chacune des catégories permet de montrer qu'alors que nous observons un effet d'amorçage pour les objets ($F(2,17)=5.07, p<.01$), cet effet d'amorçage ne se retrouve pas pour les animaux. Pour la catégorie des objets, les performances des participants sont significativement différentes entre la condition « congruente » et la condition « non congruente » ($F(2,17)=10.15, p<.01$), aucune autre différence significative est observée entre les autres conditions.

Ainsi, comme nous en faisons l'hypothèse, nous ne retrouvons plus dans cette expérience d'effet principal du facteur « Amorce ».

1.4.3.2. ANALYSE DU POURCENTAGE DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des images cibles dans le cas de l'expérience 4.

		Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Objet	Congruent	87,9 (2,1)	91,6 (2,0)	92,9 (1,7)
	Non congruent	86,0 (2,0)	94,4 (1,5)	90,7 (1,9)
	Bruit blanc	86,9 (2,0)	94,8 (1,5)	90,6 (1,8)
Animal	Congruent	96,7 (1,4)	96,2 (1,2)	97,7 (1,2)
	Non congruent	96,3 (1,6)	97,7 (1,2)	97,2 (1,4)
	Bruit blanc	94,4 (1,5)	95,0 (1,6)	95,8 (1,5)

Tableau 10 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse de variance met en évidence un effet du facteur « Catégorie » ($F_s(1,35)=73.26, p<.01$ et $F_i(1,34)=6.68, p<.05$). Les participants obtiennent de meilleurs pourcentages de bonnes réponses pour traiter des animaux (96,8 %) par rapport aux objets (90,7 %).

De plus, les analyses mettent en évidence un effet du facteur « Bloc » ($F_s(2,35)=15.87, p<.01$ et $F_i(2,34)=9.18, p<.01$) illustré par la Figure 44.

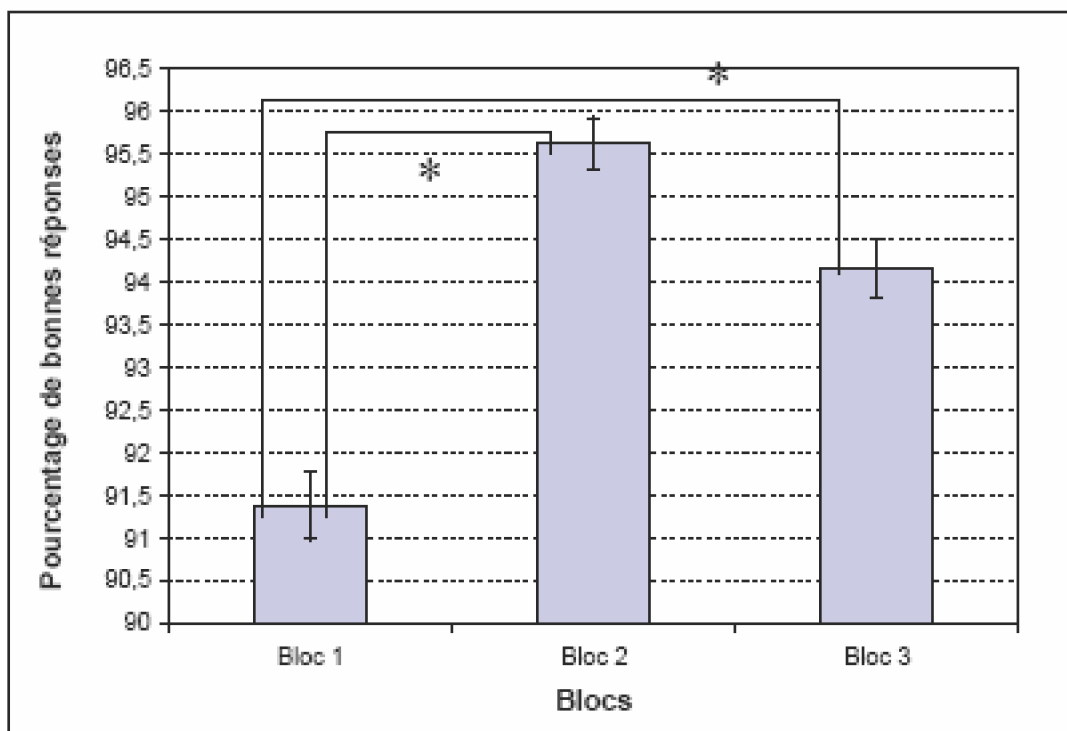


Figure 44 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les différents blocs

L'analyse des contrastes révèle une différence significative entre le bloc 1 (91,4 %) et

le bloc 2 (95,6 %) ($F_s(2,35)=30.77, p<.01$ et $F_i(2,34)=17.79, p<.01$) ainsi qu'entre le bloc 1 (91,4 %) et le bloc 3 (94,2 %) ($F_s(2,35)=13.19, p<.01$ et $F_i(2,34)=7.65, p<.01$). La différence entre le bloc 2 (95,6 %) et le bloc 3 (94,2 %) n'est qu'une tendance dans l'analyse par sujets ($F_s(2,35)=3.67; p=.06$).

1.4.3.3. DISCUSSION

Comme dans les expériences précédentes, il apparaît que les stimuli représentant des animaux sont mieux et plus rapidement traités que les stimuli représentant des objets.

De plus, nous n'obtenons plus d'effet principal du facteur « Amorce », même si l'interaction « Catégorie*Amorce » révèle une facilitation pour traiter les stimuli congruents par rapport aux deux autres conditions uniquement pour la catégorie des objets. La catégorie des animaux semble être plus sensible à notre amorçage mais aussi à notre interférence.

1.5. Synthèse de l'amorçage à court terme inter sensoriel

Quelle que soit l'expérience, nous avons toujours observé un effet principal du facteur « Catégorie », que ce soit pour les latences ou pour les pourcentages de bonnes réponses. Il apparaît dans la littérature que la catégorie des objets et celle des animaux sont assez distinctes parce que définies par des traits différents. Aussi, leur sensibilité à un amorçage intersensoriel n'est pas équivalent. En effet, de nombreux travaux ont mis en évidence un traitement spécifique des stimuli selon leur appartenance catégorielle. Grâce à l'étude de quatre patients, Warrington et Shallice (1984) ont mis en évidence un déficit spécifique à la catégorie « animal » alors que l'identification d'objets inanimés restait normale. Le déficit inverse a été observé par Warrington et McCarthy en 1983. Ces observations semblent montrer qu'il existe une distinction entre êtres vivants et objets inanimés ; cette distinction reposant sur le fait que les êtres vivants seraient stockés principalement sous forme de traits sensoriels et les objets inanimés de traits fonctionnels. Turnbull et Laws (2000) confirment cette hypothèse en étudiant le cas d'un patient souffrant d'un déficit de reconnaissance plus important pour les objets inanimés que pour les êtres vivants, cette différence étant due à une utilisation de propriétés structurales pour la reconnaissance des objets inanimés et sensorielles pour les êtres vivants. Enfin, Caramazza et Shelton (1998) proposent que la différence observée s'explique par le fait que les deux catégories ne se situent pas au même endroit de l'espace sémantique et que les exemplaires de la catégorie « vivants » possèdent beaucoup plus de propriétés en commun que ceux de la catégorie « inanimés ».

Lors de notre première expérience, sans film-interférent, nous avons pu observer un amorçage d'un son sur une image. En effet, lorsque le son-amorce est congruent avec l'image-cible, les performances des participants sont meilleures. Il est à noter que les performances des participants ne sont pas différentes entre la condition « non congruente » et la condition « bruit blanc ». Nous ne nous attendions pas à ces résultats, notre hypothèse étant que, dans la condition « non congruente », les performances des sujets allaient être moins bonnes que dans la condition « bruit blanc ». En effet, nous

faisons l'hypothèse que, dans la condition « non congruente », le son allait activer toutes les connaissances relatives à ce son et notamment la dimension visuelle, l'image-cible présentée ensuite ne correspondant pas aux dimensions visuelles pré-activées, la réponse du participant devrait être ralentie. Cette hypothèse était aussi compatible avec la théorie de connaissances amodales ; selon cette conception, le son active une connaissance sémantique qui, si elle est non congruente avec la cible, ralentit les performances. Or, dans notre expérience, nous ne retrouvons pas de perturbation dans la condition « non congruente ». Cependant, si cette absence de différence entre la condition « non congruente » et la condition « bruit blanc » est difficilement explicable dans la conception de connaissances amodales, celle-ci peut tout à fait s'expliquer dans notre cadre théorique de connaissances multi-modales. En effet, que ce soit dans la condition « congruente » ou la condition « non congruente », le son présenté en amorce active des zones visuelles ; ces activations facilitent ensuite le traitement de la cible même si ce ne sont pas les mêmes représentations visuelles.

Afin de montrer que cet effet d'amorçage est de nature perceptive, nous avons, dans un premier temps, introduit au sein de l'expérience « contrôle » un 3^{ème} bloc avec un changement de nature uniquement perceptive entre ce bloc et les blocs 1, 2. La comparaison des performances entre le bloc 3 et les deux autres blocs a toujours montré une baisse significative des performances dans le bloc 3. Ainsi, nous avons pu en conclure que notre amorçage était bien de nature perceptuelle.

Afin de confirmer cette première observation, nous avons mis en place trois autres expériences, toutes trois ayant pour objectif de montrer qu'une interférence visuelle pendant la présentation du son-amorce allait empêcher l'amorçage de s'exprimer car le film utilisé allait interférer avec la dimension visuelle pré-activée par le son-amorce. L'utilisation du premier et du second film-interférent s'est révélée inefficace. Comme nous l'avons déjà vu, ceci est sans doute dû à la nature de ces deux films puisqu'ils étaient du type masque-bruit. Le troisième film, qui s'apparentait lui à un masque pattern, a permis d'observer les effets attendus : l'analyse de variance n'a pas montré d'effet principal du facteur « Amorce ». Notre troisième film-interférent s'est donc révélé efficace puisqu'il n'a pas permis à notre amorçage de s'exprimer. Cependant, il est important de noter que même si nous n'obtenons plus d'effet principal du facteur « Amorce », nous retrouvons l'effet de ce facteur pour la catégorie des objets. Nous pouvons imaginer que le son présenté en amorce active de multiples dimensions notamment visuelles ou motrices ; les activations motrices pouvant à elles seules faciliter ensuite le traitement de l'image-cible. Dans ce cas, les activations motrices suffisant à faciliter le traitement de la cible, l'effet d'amorçage ne peut être supprimé par une simple interférence visuelle. Ainsi, se dégage de ces observations la difficulté de créer une interférence pour des stimuli visuels, sauf pour la catégorie des êtres vivants, qui, comme nous l'avons vu précédemment, sont particulièrement sensibles aux dimensions visuelles.

Pour conclure sur cette première série d'expérience concernant l'amorçage intersensoriel à court terme, il apparaît clairement que la présentation d'un son en amorce facilite le traitement d'une image-cible si celle-ci est congruente. Cet effet d'amorçage est dû à la nature perceptive des connaissances : face à un stimulus amorce (ici sonore), le participant active de façon automatique toutes les connaissances sensorielles et motrices

liées à cet objet. Ces activations sont les mêmes que celles qu'elles seraient en présence de l'objet et facilitent le traitement de l'image-cible. Afin de montrer que cet amorçage est de nature perceptive et non pas sémantique comme pourraient le prétendre les défenseurs des connaissances amodales, deux types de vérifications ont été introduits : un changement perceptif entre le bloc 2 et le bloc 3 et la présentation d'une interférence visuelle pendant la présentation de l'amorce. Ces deux éléments nous ont permis de conclure à la nature perceptive de l'amorçage puisque ce dernier est perturbé par un changement perceptif et un masquage visuel.

Chapitre 2 : Amorçage moteur à court terme

Notre première série d'expérience a montré qu'il existe un amorçage à court terme inter-sensoriel. En effet, nous avons pu montrer qu'un son-amorce peut faciliter le traitement d'une image-cible lorsque ceux-ci sont congruents. Ainsi, il est apparu, que face à un stimulus sensoriel, le sujet active automatiquement toutes les autres dimensions sensorielles relatives à ce stimulus.

L'objectif de cette seconde série d'expérience est de montrer que cette activation se propage, non seulement, aux autres dimensions sensorielles, mais aussi à d'autres dimensions et notamment motrices. La simple vue d'un objet peut activer les gestes généralement impliqués lors de l'utilisation de l'objet et donc les zones neuronales motrices concernées. Dans les cinq expériences qui suivent nous avons donc essayé de démontrer l'existence d'un amorçage à court terme moteur à partir d'images d'objets.

2.1. Expérience 1

2.1.1. Objectifs et hypothèses

Dans la première expérience, l'hypothèse était que les performances pour effectuer un geste sont améliorées si celui-ci est précédé d'une image représentant un objet impliquant la main nécessaire à la réponse. Dans cette expérience utilisant un paradigme d'amorçage à court terme, le participant voit en amorce une image d'objet (cet objet implique dans son utilisation, soit la main droite, soit les deux mains, soit aucune main) puis, en cible, un cercle contenant soit 5 croix, soit 7 croix. La tâche du participant est de déterminer le nombre de croix dans l'image-cible, sa réponse étant donnée soit par sa main droite, soit par sa main gauche. Une réponse de la main droite sera facilitée si l'image présentée en amorce implique dans son utilisation cette même main droite (e.g. un stylo).

2.1.2. Méthode

2.1.2.1. PARTICIPANTS

24 étudiants de l'université Lumière Lyon 2 ont participé de façon volontaire à cette expérience. Ils avaient une vue normale avec ou sans correction. Pour les besoins de l'expérience, ils étaient tous droitiers avec un score au test de latéralité d'Edinburgh (Oldfield, 1971) supérieur à 0.80.

2.1.2.2. STIMULI

Pour pouvoir sélectionner des stimuli, nous avons d'abord réalisé un pré-test auprès de 41 étudiants de l'université Lumière Lyon 2. L'objectif étant qu'à l'issue de ce pré-test, nous puissions choisir un corpus d'images d'objets pour lesquels les participants n'avaient quasiment aucun doute quant à la ou les mains à utiliser dans leur usage courant. Ainsi, ce prétest se composait de 77 images : 24 représentant des objets n'impliquant aucune main dans leur utilisation, 27 impliquant une main et 26 impliquant 2 mains (cf. Figure 45)

Il était distribué au participant un fascicule comprenant une consigne, un encart où il devait spécifier sa préférence manuelle, puis l'ensemble des 77 stimuli à traiter. Pour chaque image, le sujet devait déterminer si l'objet présenté sur l'image impliquait dans son utilisation habituelle (et non sa préhension) la main droite, la main gauche, les deux mains ou aucune des deux mains. Le sujet donnait sa réponse en cochant la proposition appropriée.

À l'issue de ce prétest, 21 stimuli par condition ont été sélectionnés dont un pour la phase d'entraînement. Des exemples de ces stimuli sont présentés en Annexe 2.



Figure 45 : Exemple de stimuli utilisés - objets impliquant dans leur utilisation aucune, une ou deux mains

Tous ces stimuli expérimentaux ont le même format : 393 pixels de longueur et 295 pixels de largeur (obtenu grâce au logiciel Adobe Photoshop).

En plus des stimuli représentant des objets, nous avons créé 12 images de cercle (cf. Figure 46) avec des croix à l'intérieur pour créer la tâche. Ces cercles contenaient soit 5 croix, soit 7 croix ; c'est sur ce critère que le participant devait traiter les cercles.

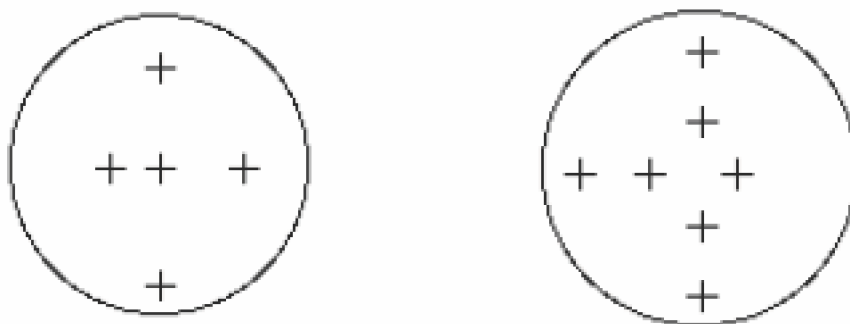


Figure 46 : Exemple de cibles - cercle avec 5 ou 7 croix

2.1.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (8300) utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). Les images étaient présentées sur un écran ProNitron réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 800*600 » et une fréquence de balayage de 120 Hz.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement et un test de latéralité (Edinburgh Handedness Inventory, Oldfield, 1971), il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur. Le sujet devait placer ses index sur les touches indiquées (5 et 7) du boîtier de réponse qui lui permettait de donner sa réponse tout au long de l'expérience.

Une fois le participant installé, une consigne lui était présentée au centre de l'écran, présentant le déroulement de l'expérience ainsi que la tâche qu'il allait devoir accomplir.

L'expérience se compose de la succession de 3 essais d'entraînement suivis de 60 essais test.

Déroulement d'un essai (cf. Figure 47)

Un point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 750 msec puis une image représentant un objet apparaissait pendant 1000 msec enfin un cercle à l'intérieur duquel se trouvait 5 ou 7 croix, restant à l'écran jusqu'à la réponse du sujet (au maximum 1250 msec).

La tâche du sujet était de déterminer le plus rapidement possible le nombre de croix, sa réponse étant donné à l'aide du boîtier de réponse disposé devant lui.

L'essai suivant débutait 1250 msec après la fin de l'essai.

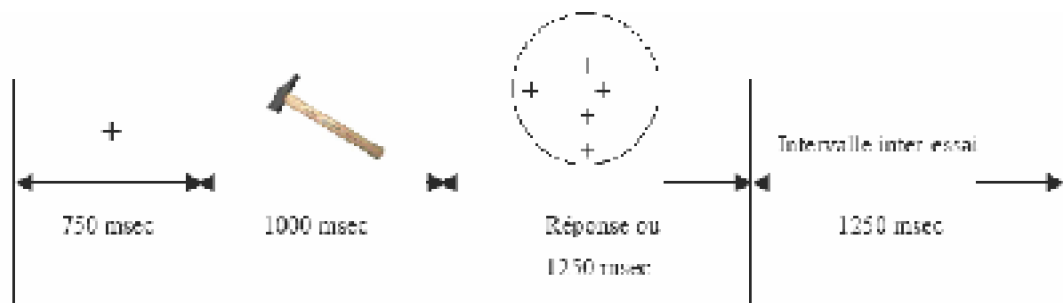


Figure 47 : Déroulement temporel d'un essai

2.1.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Le facteur doigt de réponse a été contre-balancé : pour la moitié des participants, le bouton indicé « 5 » était le bouton de droite du boîtier de réponse et le bouton « 7 » le bouton de gauche et inversement pour l'autre moitié des participants. De plus, les images associées à une réponse « 7 croix » pour la moitié des participants étaient associées à une réponse « 5 croix » pour l'autre moitié des participants.

Les variables dépendantes sont les temps de réaction et le taux de bonnes réponses.

Les variables indépendantes sont :

- **le type d'objet (O_3)** : objet impliquant 0 main, la main dominante (droite pour notre population) ou 2 mains pour leur utilisation (variable intra-sujet) ;
- **la main de réponse (M_2)** : droite ou gauche (variable intra-sujet).

Le plan expérimental est le suivant : $S_{24}^* O_3^* M_2$

2.2.3. Résultats et discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médianes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 3 % des données ont été supprimées.

2.2.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour dénombrer correctement le nombre de croix dans le cas de l'expérience 1.

	Zéro	Une	Deux
Gauche	585 (20,5)	529 (18,3)	604 (17,0)
Droite	589 (19,9)	568 (17,0)	583 (17,8)

Tableau 11 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse des latences met en évidence une tendance du facteur « objets » ($F_{s(2,23)}=2.449, p=.09$). Ainsi, comme l'illustre la Figure 48, les participants ont tendance à être plus rapides pour répondre à la tâche lorsque celle-ci est précédée d'un objet impliquant une main par rapport aux deux autres type d'objets

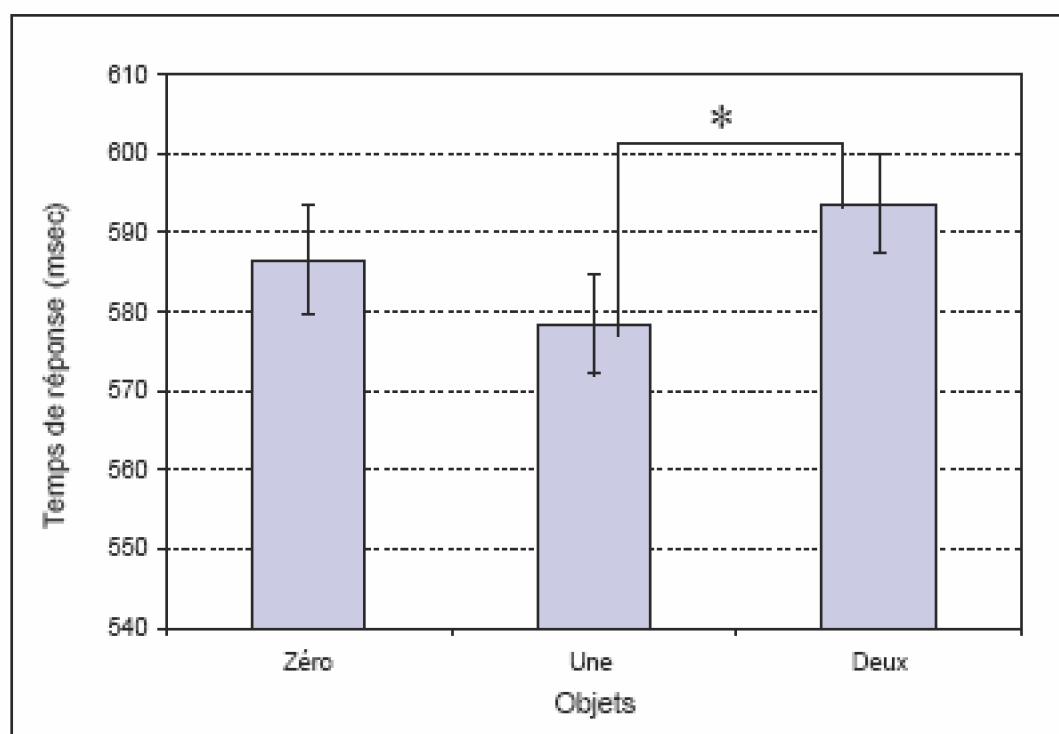


Figure 48 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de dénombrement selon les différents items

Après analyse des contrastes, nous observons une différence significative entre les objets impliquant une main et les objets impliquant deux mains ($F_{s(2,23)}=4.89, p<.05$). Les participants sont plus rapides pour déterminer s'il y a 5 croix ou 7 croix sur l'image lorsque celle-ci est précédée d'un objet impliquant une main (578 msec) par rapport à la condition où cette image est précédée d'un objet impliquant deux mains (594 msec).

Une analyse complémentaire a été réalisée sur les temps médians étant donné la grande disparité des temps de réponses. Le tableau suivant présente les temps de réponse médians nécessaires pour dénombrer les croix dans le cas de l'expérience 1.

	Zéro	Une	Deux
Gauche	577 (20,2)	581 (10,2)	587 (10,9)
Droite	571 (18,5)	554 (18,2)	565 (17,0)

Tableau 12 : Temps de réponse médians (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse de variance met en évidence deux tendances : une pour le facteur « Main de réponse » et une pour l'interaction « Objets*Main de réponse ».

Ainsi, les participants ont tendance à être plus rapides pour répondre avec la main droite (568 msec) que pour répondre avec la main gauche (582 msec) - $F_s(1,23)=3.014$, $p=.0959$

De plus, comme l'illustre la figure suivante, les résultats montrent une tendance pour l'interaction « Main de réponse*Objets » ($F_s(2,23)=2.5$, $p=.0932$).

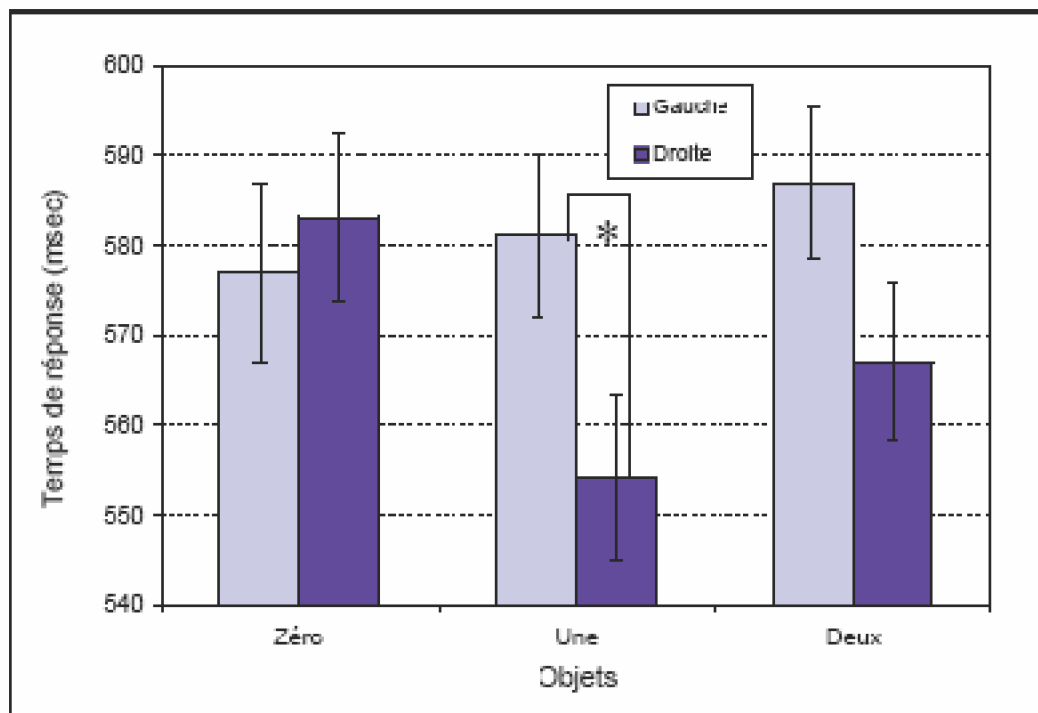


Figure 49 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de dénombrement selon les différents items et les catégories

Après analyse des contrastes, nous observons une différence significative pour le facteur « Main de réponse » uniquement pour les objets impliquant une main ($F_s(2,23)=5.922$, $p<.05$), les participants sont plus rapides pour réaliser la tâche de la main droite (554 msec) que de la main gauche (581 msec) mais ceci uniquement lorsque la cible est précédée d'un objet impliquant la main droite dans son utilisation.

De plus, les analyses montrent une tendance en ce qui concerne les objets impliquant deux mains ($F_s(2,23)=3.704$, $p=.06$) ; les participants ont tendance à être plus rapides pour répondre de la main droite (566 msec vs 588 msec) lorsque la cible est précédée d'un objet impliquant deux mains dans leur utilisation.

2.2.3.2. ANALYSE DES POURCENTAGES DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de réponses correctes dans la tâche de dénombrement de croix dans le cas de l'expérience 1.

	2ème main	Une	Deux
Gauche	97,9 (0,8)	98,2 (0,6)	97,1 (0,8)
Droite	97,5 (0,8)	98,3 (1,0)	98,3 (1,2)

Tableau 13 : Pourcentage de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats montrent une tendance du facteur « Main de réponse » ($F_s(1,23)=4.148$, $p=.0534$ et $F_i(1,2)=2.886$, $p=.0948$). Les participants ont tendance à avoir de meilleures performances ; le pourcentage de bonnes réponses est plus important lorsqu'ils répondent de la main gauche (98,1 %) que lorsqu'ils répondent de la main droite (96,5 %).

2.2.3.3. DISCUSSION

Cette première expérience met en évidence un amorçage inter modal visuel-moteur à court terme. En effet, lorsque l'amorce était un objet impliquant la main droite dans son utilisation, les participants étaient plus rapides pour répondre avec la main droite. Tout se passe comme si, l'image amorce avait activé automatiquement les dimensions motrices associées à cet objet et notamment la main d'utilisation : la réponse du sujet est facilitée s'il y a congruence entre la dimension motrice activée et la main nécessaire à la réponse. Ces résultats n'étant pas explicables dans une conception amodale des connaissances, ces premiers résultats vont dans le sens de nos hypothèses sur le caractère multi-modale des connaissances. Cependant, les effets obtenus sont relativement faibles et ne sont apparus que sur les temps médians. Ceci peut sans doute être imputé à la tâche utilisée. En effet, alors que la pré-activation motrice engendrée par la présentation d'une image est un geste d'utilisation complexe, la réponse est à donner uniquement avec les 2 index. C'est ce qui va être vérifié dans l'expérience suivante.

2.2. Expérience 2

2.2.1. Objectifs et hypothèses

Comme pour la première expérience, nous avons fait l'hypothèse que les performances

pour effectuer un geste seront facilitées si celui-ci est précédé d'une image représentant un objet impliquant la main nécessaire à cette réponse. Cette hypothèse n'a pas été complètement validée lors de la première expérience et nous avons pensé que ceci pouvait être dû au fait que la réponse n'impliquait que le mouvement des doigts (ce qui n'est pas forcément congruent avec le geste d'utilisation qui avait pu être pré-activé). Aussi dans cette seconde expérience, la réponse que le participant va devoir donner va être un geste impliquant l'ensemble du bras.

Nous avons fait ainsi l'hypothèse que l'exécution d'un geste de la main droite pour réaliser une tâche est facilitée si une image-amorce présente un objet impliquant, dans son utilisation, cette même main. Ainsi, il serait plus rapide de cliquer sur un point de l'écran, à l'aide de la souris, si cette tâche suivait la présentation d'une image d'objet impliquant la main droite.

2.2.2. Méthode

2.2.2.1. PARTICIPANTS

32 étudiants exclusivement droitiers (score au test de latéralité d'Edinburgh -Oldfield, 1971- supérieur à 0.80) de l'université Lumière Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires. Tous avaient une vue normale avec ou sans correction

2.2.2.2. STIMULI

L'ensemble des stimuli visuels a été sélectionné parmi des stimuli préalablement pré-testés ; cet ensemble se compose de 64 stimuli :

- 32 images présentant un être vivant ;
- 16 images présentant un objet impliquant aucune main (0 main) ;
- 16 images présentant un objet impliquant la main droite (1 main).
- Ce corpus d'images est illustré sur la figure suivante (et dans l'annexe 2).



Figure 50 : Exemple de stimuli utilisés (impliquant ou pas de mains dans leur utilisation)

Ces stimuli ont tous le même format : 393 pixels de longueur et 295 pixels de largeur, ceci ayant été obtenu grâce au logiciel Adobe Photoshop. De plus, nous avons créé sous Photoshop des stimuli représentant un ensemble de 8 carrés alignés sur un cercle (cf. Figure 51). 9 stimuli ont été créés, un premier où tous les carrés étaient vides et 8 autres dans lequel un des 8 carrés était rouge.

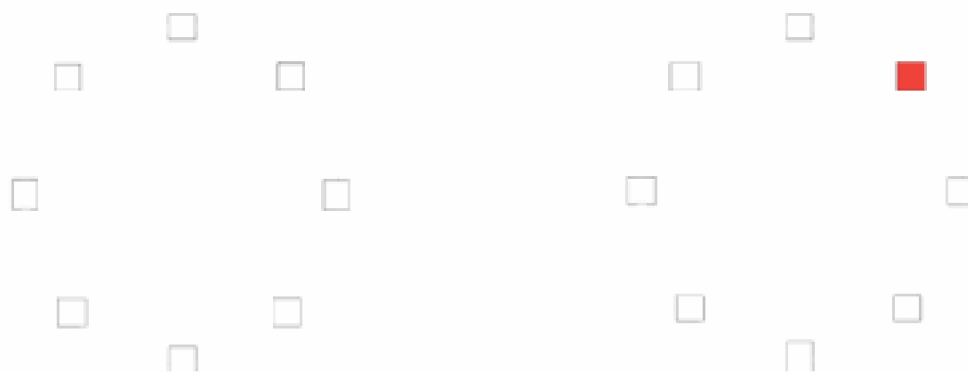


Figure 51 : Exemple de stimuli « carré »

2.2.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (8300) utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). Les images étaient présentées sur un écran ProNitron réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 800*600 » et une fréquence de balayage de 120 Hz.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement et un test de latéralité (Edinburgh Handedness Inventory, Oldfield, 1971), il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur. Une mentonnière permettait de maintenir la distance sujet-écran constante à 50 cm. Le sujet devait alors prendre en main la souris qui lui permettait de donner sa réponse tout au long de l'expérience. Une fois le participant installé, une consigne apparaissait au centre de l'écran, présentant au sujet le déroulement de l'expérience ainsi que la tâche qu'il allait devoir accomplir. L'expérience se composait de 4 essais d'entraînement suivi de 64 essais test.

Déroulement d'un essai (cf. Figure 52)

Un point de fixation apparaissait au centre de l'écran et y restait jusqu'à ce que le sujet ait cliqué dessus à l'aide de la souris. Puis, un ensemble de 8 carrés apparaissait pendant 1000 msec, ces carrés étaient disposés en cercle à l'intérieur duquel une image représentant un objet ou un animal apparaissait pendant 2000 msec, le temps que le sujet le catégorise oralement en terme d'objet / animal. Enfin, l'image disparaissait et un des carrés devenait rouge, la tâche du sujet était alors d'aller cliquer à l'aide de la souris le plus rapidement possible sur ce carré.

L'essai suivant débutait dès la fin de l'essai.



Figure 52 : Déroulement temporel d'un essai

2.2.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les variables dépendantes sont les temps de réaction et le taux de bonnes réponses (prise en compte des temps trop longs et des clics à côté).

La variable indépendante est le type d'objet représenté sur l'image (O_2) : objet impliquant 1 main ou 2 mains dans leur utilisation (variable intra-sujet)

Le plan expérimental est le suivant : $S_{32}^* O_2$

Les doigts de réponse ont été contrôlés et chacune des images a été vue associées avec chacune des 8 positions du carré rouge

2.2.3. Résultats et discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médianes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1500 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 3,5 % des données ont été supprimés.

2.2.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens mis pour cliquer correctement sur le carré cible dans le cas de l'expérience 2.

Objet impliquant la main droite	Objet n'impliquant pas de main
909 (15,3)	916 (14,0)

Tableau 14 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse des résultats ne révèle pas d'effet du facteur « Objet ». Les participants, contrairement à nos attentes, ne sont pas plus rapides pour exécuter le geste de déplacement de la souris lorsque l'image-amorce présente un objet impliquant la main droite.

Il est à noter que la variable « coté d'apparition du carré » a été analysée ; en effet nous pouvions imaginer que, puisque tous nos stimuli impliquant la main droite étaient orientés vers la droite, une réponse située à droite allait être facilitée par rapport à une réponse située dans l'axe médian ou à gauche. Cependant, aucun résultat n'est apparu significatif quant à la variable « coté d'apparition du carré ».

2.2.3.2. ANALYSE DES BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de « clics » corrects du carré cible dans le cas de l'expérience 2.

Objet impliquant la main droite	Objet n'impliquant pas de main
97,1 (0,7)	95,2 (1,0)

Tableau 15 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats mettent en évidence une tendance pour le facteur « Objet » ($F_{s(1,31)}=3.605$, $p=.067$), les participants ont tendance à avoir un pourcentage de bonnes réponses meilleures lorsque leur réponse suit la présentation d'un objet impliquant la main droite dans leur utilisation.

2.2.3.3. DISCUSSION

Cette expérience n'a pas permis de mettre en évidence un amorçage à court terme moteur plus net que dans l'expérience précédente. Il n'apparaît ici que sur les

pourcentages de bonnes réponses. Les participants ont de meilleurs taux de réussite lorsque la réponse suit la présentation d'un objet impliquant la main droite. L'absence d'effet sur les latences peut sans doute être imputée à la tâche à réaliser par le participant. En effet, le participant, pour répondre, doit déplacer l'ensemble de son bras ; or, il apparaît que ce type de geste est beaucoup moins latéralisé qu'une réponse avec les doigts. De plus, la manipulation de la souris peut être soumise à des facteurs comme l'habileté motrice du participant, ce qui pourrait engendrer cette absence d'effet sur les latences. Aussi, afin de pallier ces biais engendrés par l'utilisation de la souris, les participants, dans l'expérience suivante, donneront leur réponse avec leurs index droit et gauche.

2.2. Expérience 3

2.2.1. Objectifs et hypothèses

Cette expérience, ainsi que la suivante, fait partie du travail de recherche d'Elodie Labeye et Ali Oker, étudiants que co-dirigés dans le cadre de leur Master 1 de Psychologie Cognitive. L'objectif de l'expérience était toujours de montrer l'existence d'un effet d'amorçage moteur à court terme. Cependant, pour cette expérience, nous n'avons pas essayé de préactiver la main utilisée pour la réponse à la cible mais plus directement la similarité entre les représentations motrices associées à l'amorce et à la cible. Les amorces et les cibles étaient des images d'objets associés à des gestes typiques de préhension. Ainsi, nous nous attendions à ce que les participants répondent plus rapidement à la cible lorsque celle-ci était précédée d'une amorce impliquant le même geste de préhension.

De plus, au delà du lien « moteur » qui peut exister entre l'amorce et la cible, celles-ci appartiennent ou non à la même catégorie sémantique. Cette manipulation d'un facteur « Catégorie sémantique » nous permettra de montrer si les connaissances dites sémantiques sont issues de l'activation et de l'intégration de composants perceptuels.

La manipulation du temps de présentation de l'amorce entre cette expérience et la suivante va permettre de montrer qu'il existe deux mécanismes bien distincts : un premier mécanisme d'activation, très précoce, qui apparaîtra avec un temps de présentation de l'amorce très court et un second mécanisme, celui d'intégration, qui intervient un peu plus tard et donc avec un temps de présentation de l'amorce un peu plus long.

La tâche à réaliser dans cette première expérience était une tâche de catégorisation, les participants devant juger si la cible représente un ustensile de cuisine ou un outil. Cette cible, lorsque elle représentait un objet, était précédée d'une image-amorce, présentée pendant 100 msec dans l'expérience 3 ou 300 msec dans l'expérience 4, appartenant ou non à la même catégorie sémantique et impliquant ou non le même geste de préhension.

Nous avons donc fait l'hypothèse qu'une exposition à l'amorce de 100 msec doit permettre une activation de ses composants, dont les composants moteurs, mais pas leur intégration. L'activation de chacun des composants pourra donc s'exprimer de façon

autonome. Dans ce cas, nous prédisions des effets facilitateurs additifs de la congruence entre les composants moteurs de l'amorce et de la cible et de la congruence catégorielle entre l'amorce et la cible.

Lorsque l'amorce était présentée pendant 300 msec, l'intégration de ses composants avait le temps d'intervenir. Parmi ces composants figurent les composants moteurs mais aussi d'autres composants partagés par les objets d'une même catégorie. Dans ce cas, l'effet facilitateur de la congruence motrice ne devrait pouvoir s'exprimer que si les objets sont de catégorie identique. Lorsque l'amorce et la cible appartiennent à des catégories différentes, les représentations émergeant de l'intégration multimodale sont globalement très différentes l'une de l'autre.

2.2.2. Méthode

2.2.2.1. PARTICIPANTS

40 étudiants exclusivement droitiers (évalué par le test de latéralité d'Edinburgh -Oldfield, 1971- score supérieur à 0.80) de l'Université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires. Tous avaient une vue normale avec ou sans correction.

2.2.2.2. STIMULI

Les stimuli visuels utilisés étaient des photographies d'objets issues principalement d'Internet. Afin d'assurer la standardisation de leur présentation, elles ont été modifiées grâce au logiciel Adobe Photoshop. Ainsi, disposés sur fond blanc, ces stimuli ont tous le même format, 370 pixels de largeur et 265 pixels de hauteur. Après sélection et standardisation, nous avons à notre disposition 90 stimuli visuels dont 45 représentant des objets de la catégorie « bricolage » et 45 représentant des objets de la catégorie « cuisine » (cf. Figure 53).







Figure 53 : Exemple de stimuli utilisés - images représentant un outil et un ustensile de cuisine

Les participants étant droitiers, les outils ainsi que les ustensiles de cuisine sont toujours orientés vers la droite.

À partir de ce corpus de stimuli, des couples amorce/cible ont été créés. L'amorce et la cible pouvaient partager deux types de lien : un lien de congruence de geste (l'amorce et la cible sont deux objets impliquant le même geste dans leur utilisation) et un lien de congruence de catégorie (les deux objets appartiennent à la même catégorie, soit « outil », soit « ustensile de cuisine »)

Chaque sujet devait catégoriser 10 cibles, répétées 4 fois (chaque cible est vue avec les 4 types d'amorces). Les cibles étaient précédées, dans un premier cas, d'une amorce de même catégorie et présentant un même geste que l'image-cible ; dans un second cas, d'une amorce de même catégorie mais présentant un geste différent ; dans un troisième cas, d'une amorce de catégorie différente présentant un même geste et enfin, dans un quatrième cas, d'une amorce de catégorie différente présentant un geste différent de l'image-cible. Ces conditions expérimentales sont présentées dans le tableau suivant. D'autres exemples sont présentés dans l'annexe 3.

		CATEGORIE	
		identique	différente
GESTE	identique		
	différent		




Tableau 16 : Exemple de lien entre 4 types d'amorce et la cible

2.2.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). L'écran était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement et un test de latéralité (Oldfield, 1971), chaque sujet était testé individuellement lors de sessions d'une durée approximative de 10 minutes. Une fois le participant installé face à l'écran d'ordinateur avec une mentonnière maintenant constante la distance sujet-écran, une consigne apparaissait à

l'écran expliquant la tâche à accomplir. Avant de commencer, les participants plaçaient leurs doigts (index) sur les touches de réponses (« C » pour cuisine et « O » pour outil)

L'expérience comporte un bloc d'entraînement de 6 essais et 3 blocs de 40 essais et dure une quinzaine de minutes. En effet, les 10 cibles sont présentées une fois dans chaque condition (40 essais) et ceci dans trois blocs.

Déroulement d'un essai

Chacun des 126 essais (6 d'entraînement et 120 expérimentaux) se déroule de la manière suivante (cf. Figure 54) : un point de fixation apparaît à l'écran pendant 1000 msec puis une image-amorce d'outil ou d'ustensile de cuisine pendant 100 msec puis une image-cible restant à l'écran jusqu'à la réponse du sujet. L'essai suivant commence 1000 msec après la réponse du sujet.

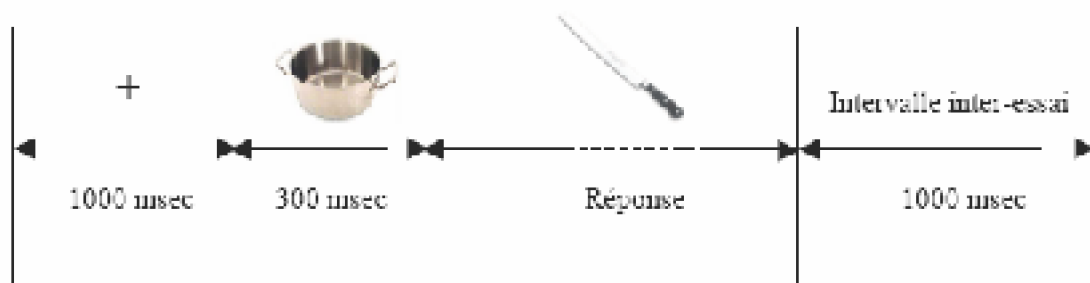


Figure 54 : Décours temporel d'un essai type

2.2.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les variables dépendantes étaient les temps de réaction et le taux de bonnes réponses.

Les variables indépendantes sont :

- le geste (G_2) : même geste ou geste différent (variable intra-sujet) ;
- la catégorie (C_2) : même catégorie ou catégorie différente (variable intra-sujet) ;

Le plan expérimental est le suivant : $S_{40} * G_2 * C_2$

Afin de contrôler l'effet d'ordre, pour la moitié des participants, les couples étaient présentés dans un ordre aléatoire donné et pour l'autre moitié des participants dans l'ordre inverse. De plus, les mains de réponses ont été contrôlées : pour la moitié des participants la réponse « Cuisine » étaient donnée avec la main droite et la réponse « Outil » avec la main gauche et inversement pour l'autre moitié des participants.

2.2.3. Résultats et Discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 7,5 % des données ont été supprimés.

2.2.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 3.

	Bloc 1		Bloc 2		Bloc 3	
	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent
Même catégorie	582 (11,7)	673 (11,7)	683 (11,6)	677 (11,8)	584 (11,9)	683 (12,1)
Catégorie différente	683 (11,9)	684 (11,9)	692 (11,9)	638 (11,8)	619 (11,9)	657 (12,6)

Tableau 17 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les analyses ont révélé un effet principal significatif du facteur « Geste » ($F_s(1,39)=3.958$, $p=0.05$). Les participants sont plus rapides pour catégoriser la cible lorsque celle-ci implique le même geste que celui impliqué pour l'amorce (même geste : 630 msec ; geste différente : 637 msec).

De plus, les résultats montrent un effet principal significatif du facteur « Catégorie » ($F_s(1,39)=28.079$, $p<.01$ et $F_i(1,9)=13.2$, $p<.01$) ; les participants ont des temps de réponses plus courts lorsque l'amorce et la cible appartiennent à la même catégorie (623 msec) par rapport à la condition où elles appartiennent à des catégories différentes (644 msec).

Ainsi, ces deux facteurs (« Geste » et « Catégorie ») s'expriment de manière indépendante puisque les analyses ne révèlent pas d'interaction entre ces deux facteurs.

2.2.3.2. ANALYSE DES POURCENTAGES DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des images cibles dans le cas de l'expérience 3.

	Bloc 1		Bloc 2		Bloc 3	
	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent
Même catégorie	91,3 (3,7)	89,8 (4,3)	93,8 (2,4)	94,8 (2,1)	94,8 (1,5)	95,9 (1,9)
Catégorie différente	89,9 (3,1)	88,2 (1,6)	92,0 (2,2)	92,0 (1,8)	90,5 (2,6)	93,0 (1,6)

Tableau 18 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les analyses ont révélé un effet significatif du facteur « Catégorie », $F_s(1,39)=4.275$, $p<.05$ et $F_i(1,9)=13.218$ $p<.01$. Les participants ont des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation plus élevés lorsque l'amorce et la cible appartiennent à la même catégorie (93,3 % vs 91,7 % pour la condition « catégorie différente »).

2.2.3.3. DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent que le facteur « Geste » et le facteur « Catégorie » présentent des effets principaux significatifs. Les participants ont de meilleures performances lorsque l'amorce et la cible impliquent le même geste mais aussi ils obtiennent de meilleures performances lorsque l'amorce et la cible appartiennent à la même catégorie et ceci sans interaction entre les deux facteurs. Ainsi, ces facteurs facilitent le traitement de la cible, mais indépendamment l'un de l'autre. Ces résultats indiquent donc l'existence d'un effet d'amorçage précoce pour les composantes motrices.

2.3. Expérience 4

2.3.1. Objectifs et hypothèses

L'objectif de cette expérience est de répliquer l'expérience 3 en modifiant le temps de présentation de l'amorce qui sera désormais de 300 msec. La tâche est toujours de catégoriser les objets-cibles en termes d'outil ou d'ustensile de cuisine. Nous faisons l'hypothèse qu'avec un temps de présentation de 300 msec non seulement il y aura une activation précoce des dimensions motrices et sensorielles mais aussi une intégration de ces différentes dimensions qui se traduira dans nos résultats par une interaction entre le facteur « Geste » et le facteur « Catégorie ».

2.3.2. Méthode

2.3.2.1. PARTICIPANTS

28 étudiants droitiers avec une vue normale ou corrigée de l'université Lyon 2 ont

participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires.

2.3.2.2. STIMULI

Le matériel et la procédure de cette expérience sont identiques à l'expérience précédente. Notre matériel est donc constitué de 45 stimuli visuels représentant des outils et 45 stimuli visuels représentant des ustensiles de cuisine.

2.3.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

Le dispositif et la procédure sont identiques à l'expérience précédente. Seul le temps de présentation de l'amorce change ; alors qu'il était de 100 msec, il sera dans cette nouvelle expérience de 300 msec.

2.3.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les variables dépendantes ainsi que les variables indépendantes sont identiques à celles de l'expérience précédente.

2.3.3. Résultats et discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 7 % des données ont été supprimés.

2.3.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 4.

	Diac 1		Diac 2		Diac 3	
	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent
Même catégorie	674 (14,0)	709 (16,0)	623 (14,2)	626 (14,1)	682 (14,5)	600 (13,1)
Catégorie différente	664 (13,7)	681 (16,1)	627 (13,5)	631 (13,3)	606 (14,1)	620 (14,3)

Tableau 19 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les analyses ont révélé un effet principal du facteur « Geste » significatif dans l'analyse par sujets ($F_s(1,27)=6.98, p<.05$) et proche du seuil de significativité dans

l'analyse par items ($F(1,27)=3.74, p=0.08$). Nous constatons des latences significativement plus courtes dans la condition « même geste » (636 msec) que dans la condition « geste différent » (646 msec).

Les analyses ont révélé une interaction entre les variables « Geste » et « Catégorie » significative dans l'analyse par sujets ($F_s(1,27)=4.13, p=0.05$) et tendancielle dans l'analyse par items ($F_i(1,9)=3.61, p=0.08$). La figure suivante représente cette interaction.

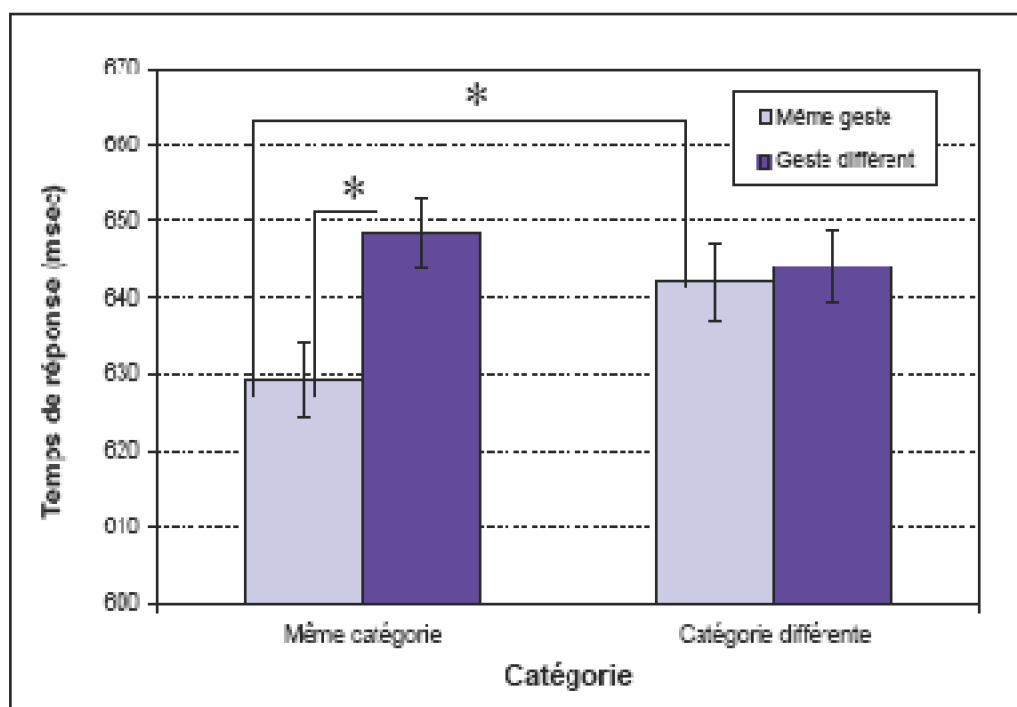


Figure 55 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon le facteur « Geste » et le facteur « Catégorie »

Une analyse de contraste met en évidence une différence significative entre les conditions « même geste » et « geste différent » pour les objets appartenant à la même catégorie ($F_s(1,27)=10.314, p<.01$; $F_i(1,9)=8.753, p<.05$). Les participants dans la condition où les objets appartiennent à la même catégorie ont de meilleures performances lorsque les objets impliquent le même geste (629 msec vs 648 msec lorsqu'ils impliquent des gestes différents). De plus, l'analyse de contraste révèle une différence significative entre les conditions « même catégorie » et « catégorie différente » pour les objets impliquant le même geste ($F_s(1,27)=4,644, p<.05$). Dans la condition où l'amorce et la cible impliquent le même geste, les participants sont plus rapides si l'amorce et la cible appartiennent à la même catégorie (629 msec vs 642 msec dans le cas où elles appartiennent à des catégories différentes).

2.3.3.2. ANALYSE DES POURCENTAGES DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des images cibles dans le cas de l'expérience 4.

	Bloc 1		Bloc 2		Bloc 3	
	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent	Même geste	Geste différent
Même catégorie	91,1 (2,3)	87,9 (3,9)	94,0 (1,9)	95,4 (1,9)	95,0 (1,0)	95,7 (2,0)
Catégorie différente	90,7 (3,0)	92,1 (2,7)	96,0 (1,6)	96,4 (1,6)	92,5 (2,7)	94,3 (1,4)

Tableau 20 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse de la variance réalisée ne met en évidence aucun effet significatif.

2.3.3.3. DISCUSSION

Conformément à nos attentes, l'analyse des temps de réponse révèle une différence significative pour le facteur « Geste ». Nous pouvons en conclure que les sujets répondent plus vite quand les couples d'images présentés impliquent l'utilisation d'un même geste. Ceci va dans le sens de nos hypothèses : l'implication d'un même geste facilite la reconnaissance des objets grâce aux composantes motrices qui interviennent pour la récupération d'information en mémoire à long terme. De plus, nous constatons que l'interaction entre « Geste » et « Catégorie » est significative contrairement aux résultats de l'expérience 3 ce qui supporte l'idée que dès 300 msec les différentes dimensions activées ont subi un mécanisme d'intégration. Désormais, nous pouvons affirmer que l'activation des représentations motrices participe à l'émergence des connaissances sémantiques.

2.4. Synthèse de l'amorçage à court terme moteur

Notre première expérience nous a permis de montrer que dans une tâche de dénombrement de croix, les sujets avaient tendance à être plus rapides lorsque l'image-amorce était un objet impliquant une main. Résultat plus intéressant, l'analyse des temps médians a révélé que les sujets étaient plus rapides pour répondre de la main droite que de la main gauche lorsque l'image-amorce était un objet impliquant la main droite pour son utilisation. Ainsi, il semblait bien aux vues de ces premiers résultats que la présentation d'une image-amorce pouvait pré-activer des dimensions motrices susceptibles de faciliter le geste de la réponse. La faiblesse des effets obtenus pouvait être imputée à la faible correspondance entre le geste pré-activé par l'image et le geste exigé par la tâche ; aussi, une seconde expérience fut mise en place avec une tâche nécessitant un mouvement plus complexe que celui des deux index. Cette seconde expérience même si elle n'a pas révélé d'effet significatif dans l'analyse des latences, a montré qu'en terme de bonnes réponses, les participants étaient meilleurs quand ils répondaient de la main droite que de la main gauche.

Ainsi, ces deux premières expériences vont dans le sens de l'existence d'un

amorçage à court terme moteur. Cependant, les effets observés sont faibles ; il semble difficile de mettre en évidence un amorçage à court terme moteur avec ce type de paradigme.

Aussi, nous avons mis en place une troisième expérience avec un paradigme tout autre : ce n'est plus le mouvement pour exécuter la tâche qui était amorcé mais c'est la similarité entre les composants de la cible et de l'amorce qui était manipulée. Cette troisième expérience, ainsi que celle qui a suivi, a mis en évidence non seulement l'existence d'un amorçage à court terme moteur mais a également permis de mieux comprendre les mécanismes d'activation et d'intégration des différents composants. Les deux figures suivantes (et) permettent d'illustrer ces deux mécanismes.

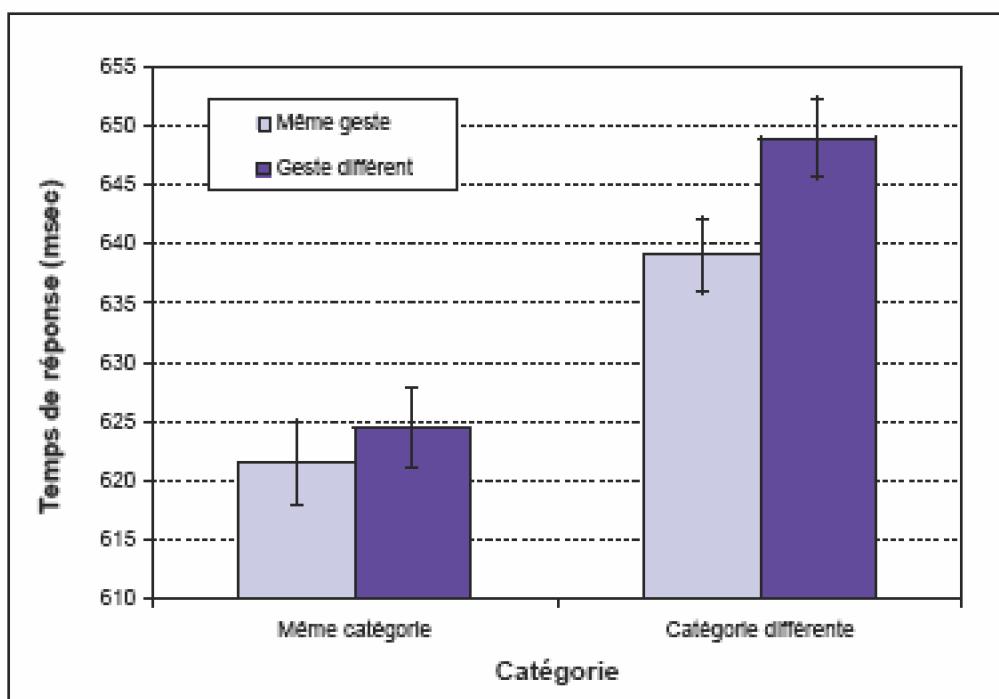


Figure 56 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation de l'expérience 3 selon les facteurs « Geste » et « Catégorie »

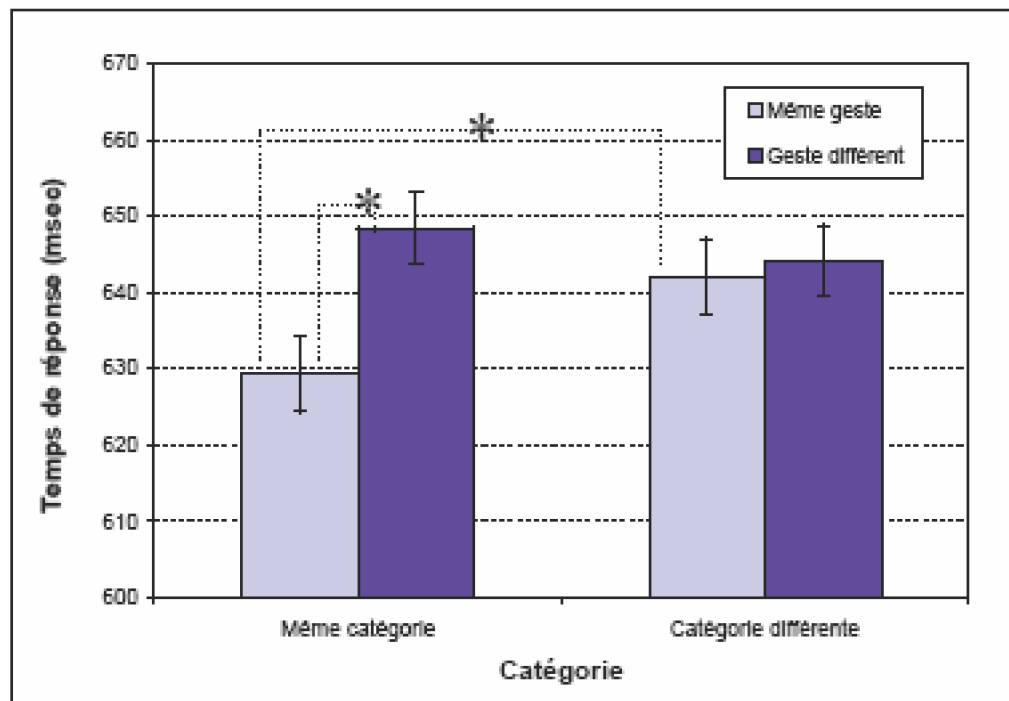


Figure 57 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation de l'expérience 4 selon les facteurs « Geste » et « Catégorie »

Cette troisième expérience confirme donc l'effet d'amorçage moteur quelle que soit la catégorie des couples. Avec un temps de présentation de l'amorce très bref, nous avons vu que chaque dimension apparaît et est traitée de façon indépendante. À 100 msec, l'intégration qui explique l'interaction « Geste*Catégorie » dans l'expérience 4 n'a pas encore eu lieu. De ce fait, grâce à cette activation indépendante de la dimension motrice, nous avons pu observer un effet facilitateur de l'amorçage moteur même si les catégories étaient différentes. Lorsque les gestes impliqués par l'amorce et la cible sont différents, et qu'elles appartiennent à la même catégorie, l'amorçage obtenu dans l'expérience 3 provient des autres dimensions partagées par l'amorce et la cible.

Ainsi, dans l'expérience 4, nous avons pu mettre en évidence un effet du facteur « Geste » ainsi qu'une interaction « Geste*Catégorie ». En fonction du geste impliqué par l'amorce, les performances des sujets sont donc différentes. Nous avons fait l'hypothèse que, dès la présentation de l'amorce, un ensemble de composants (appartenant à des dimensions différentes) va être activé ; ces composants, du fait de l'amorçage, vont faciliter le traitement de la cible lorsqu'elle-même a des composants similaires à ceux de l'amorce (appartient à la même catégorie que l'amorce). Lorsque l'amorce et la cible appartiennent à la même catégorie, mais qu'elles impliquent un geste différent, les réponses sont très ralenties. Ce ralentissement semble montrer que les dimensions activées par l'amorce ont été intégrées.

Au terme de cette série d'expériences sur l'amorçage à court terme moteur, les résultats obtenus valident les hypothèses que nous avons avancées. L'amorçage issu des composantes motrices permet d'influencer la catégorisation des images ; plus généralement, les composantes motrices font partie d'un ensemble de composants

appartenant à des dimensions variées, nécessaires à la récupération de connaissances mnésiques. Ces composants peuvent interagir entre eux par intégration pour permettre l'émergence d'une information mnésique, ou agir indépendamment les uns des autres mais de façon précoce.

Chapitre 3 : Amorçage intersensoriel à long terme

Les deux séries d'expériences précédentes ont permis de démontrer l'existence d'un amorçage à court terme intersensoriel et moteur. En effet, nous avons pu observer que la présentation (auditive ou visuelle) d'un objet activait de façon automatique les autres dimensions sensorielles ou les dimensions motrices associées à cet objet.

L'objectif de cette troisième série d'expérience est de mettre en évidence la nature mnésique des représentations perceptuelles impliquées dans les expériences à court terme précédentes. En effet, au-delà de confirmer les résultats précédents, cette série d'expérience va nous permettre de montrer que les dimensions sensorielles et motrices sont des composants constitutifs d'une trace mnésique.

Cette série d'expérience est composée de 4 expériences. La première et la seconde expérience ont pour objectif de montrer l'existence d'un amorçage à long terme intermodal. L'expérimentation comporte deux phases, une phase d'apprentissage et une phase test. Lors de la phase d'apprentissage, nous allons présenter aux sujets des images associées naturellement à des sons mais sans présenter les sons correspondants. Nous faisons l'hypothèse que cette présentation de stimuli visuels va activer et renforcer les représentations auditives associées aux images. Dans la phase test, les sujets devront effectuer une tâche de catégorisation sur des sons ; ces sons étant soit les sons correspondant aux images présentées à l'encodage soit non associés à ces images. Nous faisons l'hypothèse que les temps de réponse pour juger les sons associés (appelés anciens) seront plus courts que ceux pour juger les sons non associés (appelés nouveaux).

La troisième expérience (composée des expériences 3-A et 3-B) va nous permettre de confirmer l'origine perceptuelle de l'amorçage. En effet, pour tester le caractère véritablement sensoriel du renforcement et non pas conceptuel, nous avons mis en place dans cette troisième expérience, une condition « interférence », condition pour laquelle les sujets sont confrontés en phase d'apprentissage aux mêmes stimuli visuels mais avec la présentation simultanée d'une interférence auditive afin que l'activation de la représentation auditive soit fortement perturbée.

Enfin, la quatrième expérience (composée elle-même des deux expériences 4-A et 4-B) va nous permettre de montrer que cette activation des dimensions sensorielles peut aussi se réaliser à partir d'un matériel verbal. Aussi, en phase d'encodage, ce sont des mots que le sujet devra catégoriser ; ces mots seront soit vus sur l'écran de l'ordinateur soit entendus à travers un casque auditif. Afin de tester le caractère sensoriel de notre amorçage, les mots seront ou non accompagnés d'un stimulus-interférent. En phase test,

les sujets devront effectuer une tâche de catégorisation sur des images en ce qui concerne l'expérience 4-A et sur des sons pour l'expérience 4-B ; ces sons ou ces images étant soit associés à des mots présentés à l'encodage seul, soit associés à des mots présentés à l'encodage avec un stimulus interférent, soit non associés à ces mots. Nous nous attendions à obtenir également pour ces stimuli un amorçage sensoriel à long terme.

3.1. Expérience 1

3.1.1. Objectifs et hypothèses

L'objectif de cette première expérience est de démontrer l'existence d'un amorçage intermodal à long terme dans une condition sans interférence. Nous faisons l'hypothèse que les performances pour juger des sons associés à des images qui ont déjà été vues lors d'une première phase (appelés anciens) seront meilleures que celles pour juger les sons non associés (appelés nouveaux), c'est-à-dire des temps de réponse plus courts et un taux de bonnes réponses plus élevé.

3.1.2. Méthode

3.1.2.1. PARTICIPANTS

24 étudiants de l'université Lumière Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires. Tous avaient une vue normale avec ou sans correction et une audition normale.

3.1.2.2. STIMULI

L'ensemble des stimuli utilisés pour cette expérience ont été pré-testés ; ce pré-test a permis de sélectionner les meilleures correspondances image/son. 12 étudiants de l'université Lyon 2 ont participé à cette pré-expérience, leur tâche étant de déterminer à l'aide d'une échelle (allant de non congruent à congruent) le degré de congruence entre l'image présentée sur l'écran et le son entendu à travers le casque auditif. Au terme de ce pré-test, les moyennes des réponses des sujets ont permis de sélectionner un ensemble de stimuli visuels et sonores.

Stimuli visuels : 60 images, 30 représentant des objets et 30 représentant des animaux (cf. Figure 58 et Annexe 4). Ces stimuli ont tous le même format : 393 pixels de longueur et 295 pixels de largeur, ceci ayant été obtenu grâce au logiciel adobe Photoshop.



Figure 58 : Exemple de stimuli visuels

Stimuli sonores : 60 sons associés aux stimuli visuels d'une durée de 1000 msec gérés par le logiciel Dsound Pro.

3.1.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (8300) utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). Les images étaient présentées sur un écran ProNitron réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 800*600 » et une fréquence de balayage de 120 Hz.

Les stimuli sonores sont délivrés au sujet par l'intermédiaire d'un casque auditif.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement, il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur, le casque sur les oreilles. De plus, le sujet devait placer ses index sur les touches indicées du boîtier de réponse qui lui permettaient de donner sa réponse tout au long de l'expérience.

Une fois le participant installé, une consigne apparaissait au centre de l'écran, présentant au sujet la première phase de l'expérience ainsi que la tâche qu'il allait devoir accomplir. Lors de cette phase d'encodage, le sujet devait catégoriser des images apparaissant l'une après l'autre au centre de l'écran selon qu'elles représentaient des êtres vivants ou des objets. Le sujet devait appuyer sur la touche libellée « A » du boîtier si l'image représentait un animal et « O » (pour objet) dans le cas contraire.

Au terme de la première phase une nouvelle consigne apparaissait au centre de l'écran, indiquant au sujet qu'une deuxième phase allait débuter, sa tâche consistant désormais à catégoriser des sons selon qu'ils évoquaient un être vivant ou un objet, ceci toujours à l'aide du boîtier de réponse.

La phase d'encodage était constituée de la présentation successive de 30 images et la phase test de 60 sons, 30 correspondant aux images présentées à l'encodage et 30 nouveaux. Ces deux phases débutaient par 4 essais d'entraînement.

Déroulement d'un essai

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

Phase d'encodage n=30 essais

Comme l'illustre la Figure 59, le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec puis une image apparaissait pendant 2000 msec, l'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches du boîtier de réponse.



Figure 59 : Déroulement temporel d'un essai type de la phase d'encodage

Phase test n=60 essais

Le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec puis le sujet entendait un son pendant 1000 msec, l'essai suivant débutait après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches du boîtier de réponse. Ce déroulement est représenté par la figure suivante.



Figure 60 : Déroulement temporel d'un essai type - phase test

3.1.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

L'ordre des images en phase d'apprentissage et des sons en phase test était aléatoire, cet ordre était inversé pour la moitié des participants. De plus, les sons qui étaient anciens pour la moitié des participants étaient nouveaux pour l'autre moitié. Ainsi, nous avons établi quatre listes d'apprentissage et quatre listes test.

De plus, le facteur doigt de réponse a été contrôlé : pour la moitié des participants, le bouton indicé « A » était le bouton de droite du boîtier de réponse et le bouton « O », le bouton de gauche et inversement pour l'autre moitié des participants.

Les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le taux de bonnes réponses.

Les variables indépendantes sont :

· **le type d'item (I_2) : image ancienne ou nouvelle (variable intra-sujet) ;**

- la catégorie (C_2) : objet ou animal (variable intra-sujet).

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{24} * I_2 * C_2$

3.1.3. Résultats et Discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médiane et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 6 % des données ont été supprimés.

3.1.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement le son cible dans le cas de l'expérience 1.

	Ancien	Nouveau
Animal	863 (52,0)	737 (35,5)
Objet	784 (55,0)	679 (34,5)

Tableau 21 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les analyses n'ont révélé qu'un effet principal du facteur « Catégorie », ($F_s(1,23)=11.161$, $p<0.01$, $F_i(1,58)=4.919$, $p<0.05$). En effet, les participants ont des temps de réponses significativement plus rapides pour les stimuli représentant des objets (793 msec) que pour ceux représentant des êtres vivants (863 msec).

3.1.3.2. ANALYSE DU POURCENTAGE DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes du son cible dans le cas de l'expérience 1.

	Ancien	Nouveau
Animal	93.9 (1,1)	98.0 (1,5)
Objet	95.0 (1,4)	97.0 (1,4)

Tableau 22 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de

l'erreur standard

L'analyse a révélé un taux de bonnes réponses supérieur pour les objets (96.4 %) que pour les animaux (90.9 %) bien que la différence ne soit significative que dans l'analyse par sujets ($F_s(1,23)=20.66, p<.01$).

L'analyse par sujet a également révélé une interaction significative « Item*Catégorie », $F_s(1,23)=8.70, p<.01$. Cette interaction est représentée sur la figure suivante.

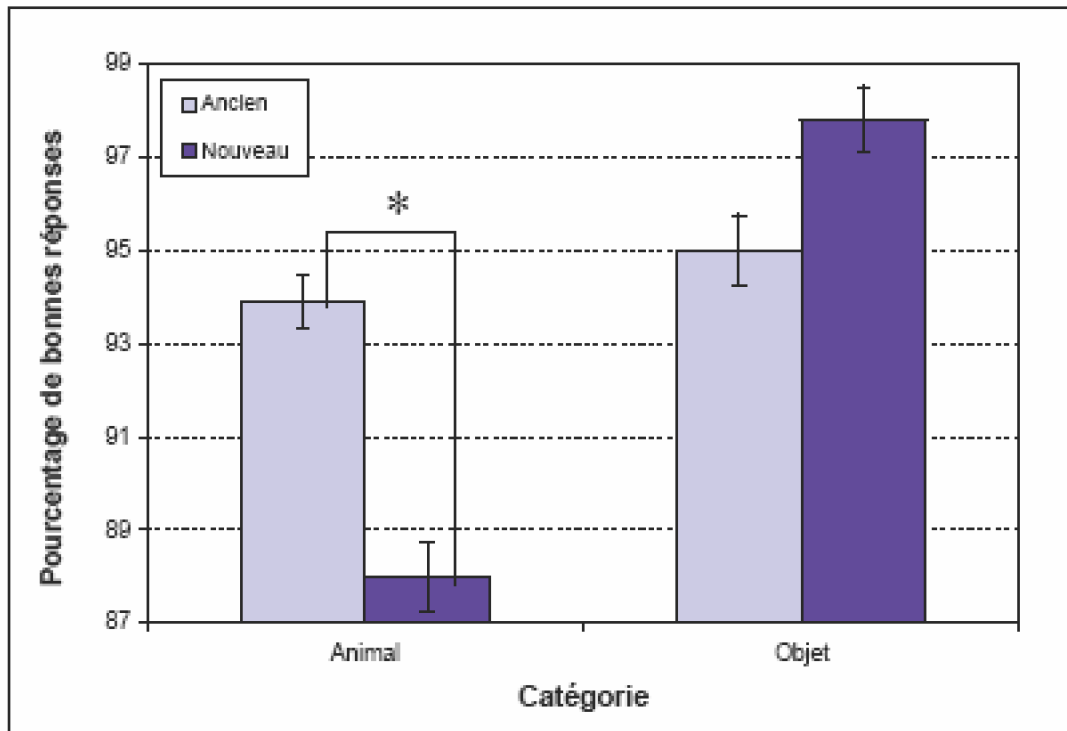


Figure 61 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Item » et « Catégorie »

Après analyse des contrastes, il apparaît une différence significative ($F_s(1,22)=7.84, p<.05$) pour le jugement des stimuli « animal » selon que ceux-ci sont anciens ou nouveaux. En effet, alors qu'il n'y a pas de différence pour les objets, les êtres vivants sont mieux reconnus (94 %) dans la condition anciens que dans la condition nouveaux (88 %).

Ainsi, les résultats des pourcentages de bonnes réponses montrent l'existence d'un amorçage à long terme intersensoriel. Cependant, cet amorçage ne s'exprime que pour la catégorie des animaux.

3.1.3.3. DISCUSSION

Les résultats montrent un effet significatif du facteur « Catégorie ». Que ce soit en termes de taux de bonnes réponses ou de temps de réaction, les participants obtiennent de meilleures performances pour le jugement des images représentant des objets. Ceci,

nous l'avons déjà vu, est en accord avec de nombreux travaux (Warrington et Shallice (1984), Warrington et McCarthy (1983), Turnbull et Laws (2000) ou Caramazza et Shelton (1998)) qui proposent que les objets et les animaux ne soient pas définis par les mêmes dimensions.

L'observation d'un effet du facteur « Item » uniquement pour les stimuli de la catégorie « animal » (pour le taux de bonnes réponses) est tout à fait compatible avec les travaux cités. Si les êtres vivants sont plus définis par des traits sensoriels que les objets, il est normal qu'ils soient plus sensibles à ces traits ; or, notre amorçage est basé sur une intermodalité sensorielle. Toutefois, l'absence de différence sur les latences permet de penser qu'une simple phase d'encodage ne permet pas de créer une activation assez forte pour générer un renforcement intermodal important. De plus, une analyse des taux de bonnes réponses par item a montré une grande disparité des performances ; certains items n'étaient que rarement reconnus. Aussi, pour une deuxième expérience, nous avons décidé de ne sélectionner que les stimuli ne posant aucun problème de reconnaissance et de rajouter une phase de pré-encodage pendant laquelle les participants devront réaliser une tâche de jugement de familiarité afin d'encoder plus profondément, ce qui permettra un renforcement à long terme de la dimension sensorielle pré-activée.

3.2. Expérience 2

3.2.1. Objectifs et hypothèses

Pour renforcer l'apprentissage, nous avons décidé de rajouter une première phase de « pré-encodage » pendant laquelle seraient présentées toutes les images. La tâche choisie est une tâche de jugement de familiarité des objets ou des êtres vivants présentés. Nous pensons que cette tâche va familiariser les participants avec le matériel. En effet, on peut imaginer que les participants peuvent avoir une représentation très différente d'un même animal ou d'un objet ; cette première présentation va réduire cette variabilité inter-sujets.

3.2.2. Méthode

3.2.2.1. PARTICIPANTS

32 étudiants de l'université Lumière Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires. Tous avaient une vue normale avec ou sans correction et une audition normale.

3.2.2.2. STIMULI

Les stimuli utilisés dans cette seconde expérience ont été sélectionnés parmi les stimuli de l'expérience 1. Nous n'avons gardé que les stimuli n'ayant posé aucun problème de catégorisation de la part des participants (plus de 90 % de catégorisation correcte). En

effet, certains sons avaient été systématiquement mal catégorisés, ceci étant sans doute dû à une difficulté à identifier ces sons. Au terme de cette sélection, nous disposions de :

- 48 images, 24 représentant des objets et 24 représentant des êtres vivants ;
- 48 sons associés aux 48 stimuli visuels.

3.2.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

Le dispositif était le même que celui utilisé lors de la première expérience.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement, il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur, le casque sur les oreilles. De plus, le sujet devait placer ses index sur les touches indicées du boîtier qui lui permettaient de donner sa réponse tout au long de l'expérience.

Une fois le sujet installé, une consigne apparaissait au centre de l'écran, celle-ci présentant au sujet la première phase de l'expérience ainsi que la tâche qu'ils allaient devoir accomplir. Lors de cette phase de pré-encodage, le sujet devait juger la familiarité du stimulus visuel, ce jugement s'effectuant sur une échelle à l'aide de la souris. Si ce qui était représenté sur l'image lui semblait très familier, il lui était demandé de cliquer à l'aide de la souris vers le 10 de l'échelle (10 correspondant à la note maximum), si en revanche, l'objet, animé ou inanimé, présenté sur l'image ne lui était pas du tout familier, il choisissait une note plus proche de 0 (note minimum). Cette première phase terminée, le sujet était soumis à deux autres phases identiques à celles de la première expérience ; c'est-à-dire une phase d'apprentissage avec une tâche de catégorisation d'images et une phase test où la tâche était de catégoriser des sons.

La phase de pré-apprentissage était constituée de 48 images correspondant aux 48 sons utilisés dans l'expérience. La phase d'encodage était constituée de la présentation successive de 24 images et la phase test de 48 sons, 24 correspondant aux images présentées à l'encodage et 24 nouveaux. Ces trois phases débutaient par 4 essais d'entraînement.

Déroulement d'un essai

- Phase de pré-encodage

Le point de fixation (cf. Figure 62) apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec. Puis une image et une échelle apparaissaient et restaient à l'écran pendant 2000 msec, l'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur le bouton de la souris.



Figure 62 : Déroulement temporel d'un essai

- Phase d'encodage

Comme l'illustre la Figure 63, le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec, puis une image apparaissait pendant 2000 msec, l'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches du boîtier de réponse.



Figure 63 : Déroulement temporel d'un essai type

- Phase test (cf. Figure 64)

Le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec, puis le sujet entendait un son pendant 1000 msec, l'essai suivant débutait après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches du boîtier de réponse.



Figure 64 : Déroulement temporel d'un essai type

3.2.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les contrôles et contre-balancements effectués étaient les mêmes que pour la première expérience. Les variables dépendantes et les variables indépendantes étaient également identiques à celles de l'expérience 1 c'est-à-dire : les variables dépendantes sont les

temps de réaction exprimés en msec et le taux de bonnes réponses. Les variables indépendantes sont :

- **le type d'item (I_2) : image ancienne ou nouvelle (variable intra-sujet) ;**
- **la catégorie (C_2) : objet ou animal (variable intra-sujet).**

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{32} * I_2 * C_2$

Nous nous attendions à ce que les stimuli anciens soient plus rapidement et mieux reconnus que les stimuli nouveaux.

3.2.3. Résultats et discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médianes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 2,5 % des données ont été supprimés.

3.2.3.1. ANALYSE DES TEMPS DE RÉPONSE

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens mis pour catégoriser correctement le son cible dans le cas de l'expérience 2.

	Ancien	Nouveau
Animal	916 (36,7)	919 (37,1)
Objet	830 (21,9)	878 (25,5)

Tableau 23: Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard)

Les résultats montrent dans un premier temps un effet principal du facteur « Item » significatif dans l'analyse par sujets et tendanciel dans l'analyse par items ($F_s(1,31)=5.549$, $p<.05$ et $F_i(1,46)=3.255$, $p=0.077$). Les participants répondent plus rapidement lorsque le son correspond à une image vue en phase d'encodage (condition ancien) que lorsque le son est nouveau (888 msec vs 913 msec).

Dans un second temps, l'analyse de variance met en évidence un effet principal du facteur « Catégorie » ($F_s(1,31)=27.0$, $p<.01$ et $F_i(1,46)=6.504$, $p<.05$). Les participants ont de meilleures performances pour catégoriser des objets (854 msec vs 947 msec pour la catégorie des animaux)

Ainsi, cette analyse des temps de réponse montrent un effet d'amorçage à long

terme. En effet, les sons sont plus rapidement catégorisés lorsque son image associée à été vue précédemment dans la phase d'encodage. Cela suppose, que lorsque le participant a traité l'image lors de cette première phase, ce traitement a activé de façon automatique les dimensions auditives associées à cette image et ceci suffisamment pour que ce renforcement se propage à long terme.

3.2.3.2. ANALYSE DES POURCENTAGES DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes du son cible dans le cas de l'expérience 2.

	Ancien	Nouveau
Animal	97,4 (0,7)	96,3 (7,2)
Objet	90,7 (0,5)	90,2 (0,9)

Tableau 24: Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse des résultats n'a révélé aucun effet significatif.

3.2.3.4. DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette seconde expérience confirment notre hypothèse. En effet, l'analyse des latences montre une effet d'amorçage intersensoriel à long terme ; les participants sont plus rapides pour catégoriser des sons lorsque ceux ci sont associés à des images vues en phase d'encodage par rapport à des sons « nouveaux ».

L'existence d'un amorçage intersensoriel à long terme étant confirmé, il apparaît maintenant nécessaire de montrer le caractère sensoriel de notre amorçage et ceci dans une troisième expérience.

3.3. Expérience 3-A

3.3.1. Objectifs et hypothèses

L'expérience précédente nous a permis de mettre en évidence l'existence d'un amorçage inter-sensoriel à long terme. Pour tester le caractère sensoriel du renforcement, nous avons mis en place une troisième expérience avec une « interférence ». En effet, pendant la phase de pré-encodage et la phase d'encodage, la présentation des images était accompagnée d'un masque auditif, ce masque auditif ayant pour fonction d'empêcher le mécanisme d'amorçage de s'exprimer.

3.3.2. Méthode

3.3.2.1. PARTICIPANTS

32 étudiants de l'université Lumière Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires. Tous avaient une vue normale avec ou sans correction et une audition normale.

3.3.2.2. STIMULI

Les stimuli utilisés dans cette seconde expérience sont les mêmes que ceux utilisés dans l'expérience précédente à savoir :

- 48 images, 24 représentant des objets et 24 représentant des êtres vivants ;
- 48 sons associés aux 48 stimuli visuels.

De plus, afin de mettre en place le facteur interférence, nous avons créé 6 masques auditifs de 4000 msec chacun, chaque masque étant la juxtaposition de 20 sons de 200 msec extraits des 48 stimuli auditifs.

3.3.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

Le dispositif était le même que celui utilisé lors de la première expérience.

Déroulement de l'expérience

L'expérience se déroule de la même façon que l'expérience précédente avec une phase de pré-encodage, une phase d'encodage et une phase test.

Déroulement d'un essai

Chaque essai de l'expérience se compose des mêmes événements que dans l'expérience précédente hormis le fait que lors des phases de pré-encodage et d'encodage, les participants entendaient un masque auditif pendant les 4000 msec de chaque essai.

Phase de pré-encodage (illustrée par la Figure 65)

Le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec. Puis une image et une échelle apparaissaient et restaient à l'écran pendant 2000 msec, l'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur le bouton de la souris. Pendant toute la durée de l'essai, le sujet entend un masque auditif.

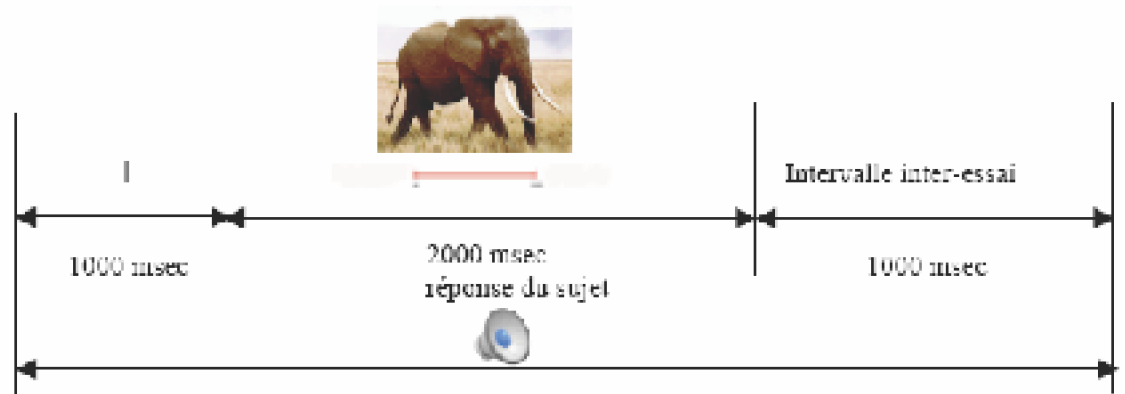


Figure 65 : Déroulement temporel d'un essai

· Phase d'encodage

Le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec (cf. Figure 66), puis une image apparaissait pendant 2000 msec, l'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches du boîtier de réponse. Pendant toute la durée de l'essai, le sujet entend un masque auditif.



Figure 66 : Déroulement temporel d'un essai type

· Phase test

Le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec, puis le sujet entendait un son pendant 1000 msec (cf. Figure 67). L'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches du boîtier de réponse.

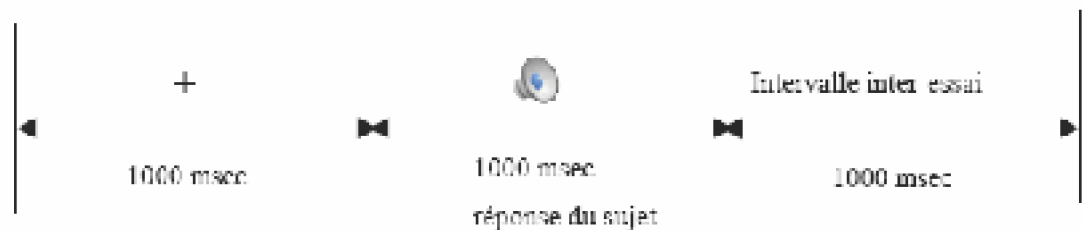


Figure 67 : Déroulement temporel d'un essai type

3.3.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les contrôles et contre-balancements effectués étaient les mêmes que pour les deux premières expériences. Les variables dépendantes et les variables indépendantes étaient également identiques à celles de l'expérience précédente.

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{32} * I_2 * C_2$

3.3.3. Résultats et discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médianes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 4 % des données ont été supprimés.

3.3.3.1. ANALYSE DES TEMPS DE RÉPONSE

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens mis pour catégoriser correctement le son-cible dans le cas de l'expérience 3-A.

	Ancien	Nouveau
Animal	840 (24,5)	796 (22,7)
Objet	804 (23,5)	785 (22,0)

Tableau 25 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats montrent un effet du facteur « Catégorie » uniquement dans l'analyse par sujets ($F_s(1,31)=7.969$, $p<.01$). Les participants ont des temps de réponses plus rapides pour les objets (793 msec) que pour les animaux (840 msec).

La présentation d'un masque simultanément à l'amorce a été efficace puisque nous n'observons plus d'effet du facteur « Item ». Les participants obtiennent les mêmes performances que les items soient anciens ou nouveaux, le masque ayant empêché la pré-activation de la dimension auditive lors de la présentation de l'image-amorce.

3.3.3.2. ANALYSE DES POURCENTAGES DE BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation corrects du son-cible dans le cas de l'expérience 3-A.

	Ancien	Nouveau
Animal	95,0 (4,5)	95,6 (2,5)
Objet	97,4 (2,6)	97,4 (2,6)

Tableau 26 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse par sujet révèle une tendance pour le facteur « Catégorie » ($F_s(1,31)=3.618, p=.066$), les participants auraient tendance à être plus performants pour catégoriser des objets (97,4% vs 95,4% pour les animaux).

3.3.3.3. DISCUSSION

Conformément à nos hypothèses, la présentation d'un son-interférent pendant la présentation de l'image en phase de pré-encodage et en phase d'encodage, a bloqué l'effet de notre amorçage. En effet, nous n'observons plus de facteur « Item », les participants ont les mêmes performances pour les items anciens et pour les items nouveaux.

Parce qu'on ne peut pas conclure d'une absence d'effet, il est nécessaire d'effectuer une analyse complémentaire dans laquelle seront regroupés les résultats de l'expérience 2 et ceux de l'expérience 3, les expériences devenant un facteur « Groupe » (facteur inter sujets).

3.4. Analyse complémentaire - expériences 2 et 3-A

Cette analyse complémentaire permet de regrouper les deux expériences précédentes en les considérant comme un facteur inter-sujets, facteur « Groupe ». Ce facteur « Groupe » a ainsi 2 modalités (correspondant aux 2 expériences) que nous noterons « Contrôle » (pour l'expérience 2) et « Interférence » (pour l'expérience 3-A).

Pour plus de clarté, les tableaux des résultats obtenus lors des deux expériences en question sont regroupés dans un seul tableau pour chacune des analyses (analyse des temps de réponse et analyse des pourcentages de bonnes réponses). Cependant, cette analyse complémentaire s'intéressera uniquement au facteur « groupe » (effet principal et interaction).

3.4.1. Analyse des temps de réponses

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement le son-cible dans le cas des expériences 2 et 3-A.

		Ancien	Nouveau
Contrôle	Animal	94 (16,7)	94 (19,4)
	Objet	837 (27,8)	873 (25,8)
Interférence	Animal	114 (11,0)	101 (11,7)
	Objet	804 (32,9)	783 (32,7)

Tableau 27 : Temps de réponse moyens (en msec) pour l'expérience 2 et l'expérience 3-A avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Cette analyse révèle un effet du facteur « Groupe » ($F_s(1,62)=4.362, p<.05$; $F_i(1,46)=76.871, p<.01$), les participants sont beaucoup plus rapides dans la condition où ils entendent un son-interférent pendant toute la durée de l'essai (816 msec vs 901 msec dans la condition contrôle). De plus, les résultats révèlent, comme attendu, une interaction « Item*Groupe » (cf. Figure 68) significative dans l'analyse par sujet et avec un seuil de significativité inférieur à .10 dans l'analyse par items ($F_s(1,62)=8.015, p<.01$; $F_i(1,46)=2.899, p=.0954$). Le facteur « item » n'a un effet significatif que dans le groupe « Contrôle » (voir précédemment analyses séparées).

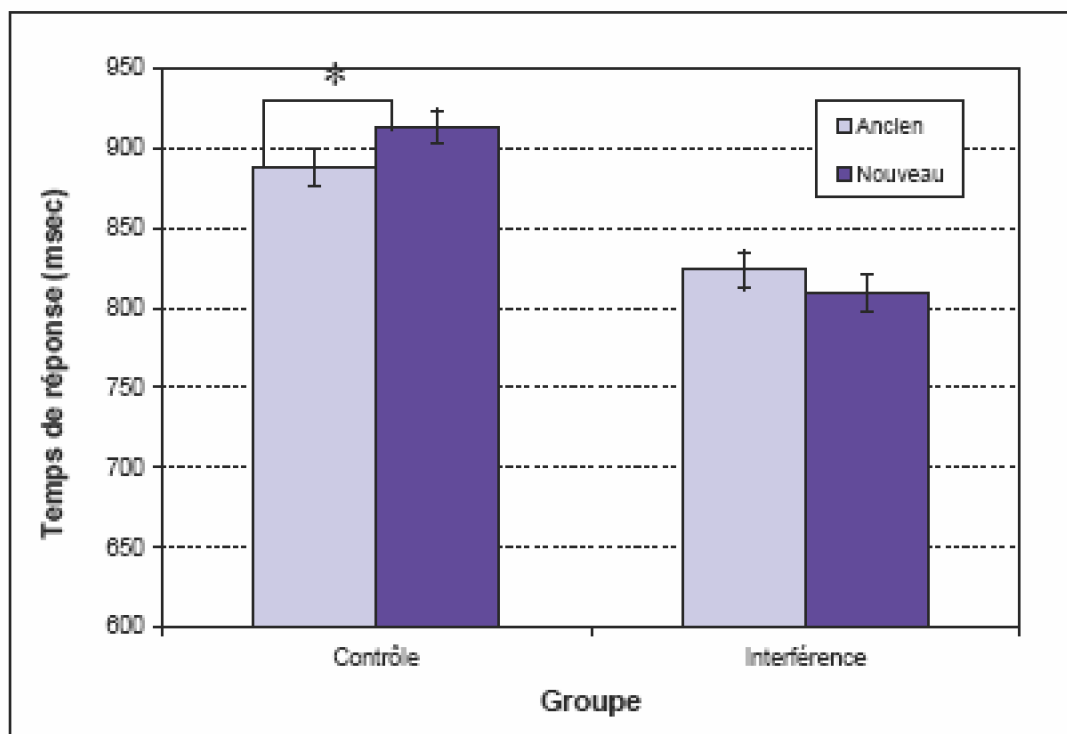


Figure 68 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Item » et « Groupe »

Ainsi, en ce qui concerne l'analyse des temps de réponse, conformément à nos attentes, nous obtenons une interaction « Item*Groupe », notre effet d'amorçage ne s'exprime que dans le groupe « Contrôle ».

L'effet principal du facteur « Groupe » révélé par cette analyse complémentaire est très inattendu. En effet, nous observons une différence significative entre les performances du groupe « Interférence » et celles du groupe « Contrôle » mais pas dans le sens attendu, bien que notre hypothèse ne portait pas vraiment sur cet effet principal.

Selon nos hypothèses, la présentation d'une image en phase d'encodage aurait dû faciliter la catégorisation ultérieure du son associé à cette image, la perception de l'image activant et renforçant la représentation sonore. C'est effectivement ce que nous avons trouvé dans le groupe « Contrôle » et ce que nous avons mis en évidence dans les deux premières expériences.

Cependant, les résultats montrent que lorsqu'on empêche le sujet de pré-activer la représentation en créant une interférence, il obtient de meilleures performances.

3.4.2. Analyse des pourcentages de bonnes réponses

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des sons cibles dans le cas des expériences 2 et 3-A.

		Ancien	Nouveau
Contrôle	Animal	97,4 (0,7)	93,6 (1,2)
	Objet	98,7 (0,3)	93,2 (1,8)
Interférence	Animal	95,3 (1,2)	90,6 (1,8)
	Objet	90,4 (1,8)	97,4 (1,5)

Tableau 28 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les analyses révèlent un effet du facteur « Groupe » ($F_s(1,62)=4.146, p<.05$; $F_i(1,46)=4.415, p<.05$) : les participants du groupe contrôle ont de meilleures performances que les participants du groupe interférence (97,7 % vs 96,4 %).

3.4.3. Discussion

L'analyse des latences ainsi que l'analyse des pourcentages de bonnes réponses ont toutes deux montrer un effet principal du facteur « Groupe ». Les participants obtiennent de meilleures performances, en l'occurrence des temps de réponse plus courts et des pourcentages de bonnes réponses plus élevés dans la condition « Interférence ». Ainsi, lorsqu'en phase de pré-encodage et d'encodage, la présentation du stimulus visuel est

couplée à la présentation auditive d'un masque, les participants sont significativement meilleurs. Cette observation est très inattendue. Certains travaux, portant sur l'effet mnésique d'une interférence perceptuelle, permettent d'interpréter ces résultats. En effet, Nairne (1988) a montré qu'une interférence durant l'encodage peut accroître la mémorisation. La tâche proposée était de lire à voix haute des mots apparaissant sur l'écran ; ces mots étaient soit présentés 1000 msec (condition sans interférence), soit présentés beaucoup plus brièvement et masqués (condition interférence). Les résultats ont montré que, dans une épreuve de reconnaissance, les sujets ont de meilleures performances dans la condition « interférence ». Hirshman et Mulligan (1991) ont repris l'expérience de Nairne et ont retrouvé cet effet bénéfique d'une interférence perceptuelle dans une tâche de reconnaissance et dans une autre tâche de rappel libre.

Toutefois, si dans notre expérience l'interférence avait simplement permis un meilleur encodage des images en raison d'une attention plus soutenue, alors nous aurions dû observer une importante différence entre les items anciens et les items nouveaux lors du test. Or, les sujets du groupe « Interférence » sont plus rapides quels que soient les items. L'interférence a donc certainement augmenté le niveau global d'attention des sujets pendant toute la durée de l'expérience. On remarque aussi qu'un encodage profond des images à l'encodage (grâce à l'interférence) ne se traduit pas par de meilleures performances au test sur les sons ; ceci signifie que l'interférence a dû empêcher le renforcement de la représentation auditive associée aux images.

Afin de ne plus obtenir l'effet de ce facteur « Groupe », nous allons utiliser dans l'expérience suivante (expérience 3-B), un son-interférent moins perturbant pour éviter ces effets attentionnels.

3.5. Expérience 3-B

3.5.1. Objectifs et hypothèses

L'objectif de cette expérience est de répliquer l'expérience 3-A en changeant le son-interférent afin de ne plus obtenir le facteur « groupe ».

3.5.2. Méthode

3.5.2.1. PARTICIPANTS

32 étudiants de l'université Lumière Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous volontaires. Tous avaient une vue normale avec ou sans correction et une audition normale.

3.5.2.2. STIMULI

Les stimuli utilisés dans cette expérience sont les mêmes que ceux utilisés dans l'expérience précédente c'est-à-dire : 48 images (24 représentant des objets et 24 représentant des animaux) et 48 sons associés aux 48 stimuli visuels.

De plus, afin de mettre en place le facteur interférence et pour atténuer l'effet du facteur groupe, le son-interférent est un bruit blanc

3.5.2.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET PROCÉDURE

Le dispositif expérimental, la procédure, le déroulement de l'expérience et des essais sont les mêmes que ceux de l'expérience précédente (cf. page 97)

3.5.2.4. PLAN EXPÉRIMENTAL

Les contrôles et contre-balancements effectués sont les mêmes que pour l'expérience précédente. Les variables dépendantes et les variables indépendantes étaient également identiques à celles de l'expérience précédente.

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{32} * I_2 * C_2$

3.5.3. Résultats et discussion

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyenne et médiane et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1200 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 3 % des données ont été supprimés.

3.5.3.1. ANALYSE DES LATENCES

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement le son-cible dans le cas de l'expérience 3-B.

	Ancien	Nouveau
Animal	877 (59,0)	867 (54,0)
Objet	835 (47,9)	811 (32,0)

Tableau 29 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse des résultats met en évidence un effet du facteur « Catégorie » et ceci uniquement dans l'analyse par sujets ($F_s(1,31)=8.647, p<.01$). Les participants sont plus rapides pour catégoriser les sons représentant des objets (835 msec) par rapport aux sons représentant des animaux (885 msec).

Conformément à nos attentes, nous n'obtenons plus d'effet du facteur « Item ». Les

participants ont des performances identiques pour les stimuli anciens et les stimuli nouveaux. Le masque « bruit blanc » a bien assuré sa fonction et a empêché la pré-activation de la dimension visuelle.

3.5.3.2. ANALYSE DES BONNES RÉPONSES

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des sons cibles dans le cas de l'expérience 3-B.

	Ancien	Nouveau
Animal	75,6 (7,0)	96,7 (7,0)
Objet	78,7 (7,0)	97,7 (7,0)

Tableau 30 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Les résultats montrent un effet du facteur « Catégorie » (uniquement dans l'analyse par sujets ; $F_s(1,31)=5.642$, $p<.05$) les participants ont de meilleurs pourcentages de bonnes réponses lorsqu'ils catégorisent des sons d'objets (98,3 % vs 96,2 % pour les animaux).

3.5.3.3. DISCUSSION

Les analyses de variance n'ont pas révélé d'effet du facteur « Item ». Aussi, de la même façon que précédemment et afin de pouvoir conclure de cette absence d'effet, une analyse complémentaire est nécessaire.

3.6. Analyse complémentaire - expériences 2, 3-A et 3-B

Cette analyse complémentaire regroupe les trois expériences précédentes dans un facteur inter-sujets, le facteur « Groupe ». Ce facteur « Groupe » a ainsi 3 modalités (correspondant aux 2 expériences) que nous noterons « Sans interférence » (pour l'expérience 2), « Avec interférence masque » (pour l'expérience 3-A) et « Avec interférence bruit blanc » (pour l'expérience 3-B).

Pour plus de clarté, les tableaux des résultats obtenus lors des trois expériences sont regroupés dans un seul tableau pour chacune des analyses (analyse des temps de réponse et analyse des pourcentages de bonnes réponses). Cependant, cette analyse complémentaire ne s'intéressera qu'au facteur « groupe » (effet principal et interaction).

3.6.1. Analyse des latences

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens mis pour catégoriser correctement le son-cible dans le cas des expériences 2, 3-A et 3-B.

		Ancien	Nouveau
Animal	Sans interférence	342 (36,7)	343 (37,1)
	Avec interférence masque	343 (34,9)	339 (39,7)
	Avec interférence bruit blanc	373 (29,0)	390 (34,5)
Objet	Sans interférence	331 (27,9)	313 (25,0)
	Avec interférence masque	334 (32,9)	333 (30,1)
	Avec interférence bruit blanc	331 (31,9)	300 (28,1)

Tableau 31 : Temps de réponse moyens (en msec) pour les expériences 2, 3-A et 3-B avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse des latences révèle un effet du facteur « Groupe », uniquement dans l'analyse par item ($F(2,92)=36.174, p<.01$ et $F_s(2,93)=2.182, p=.11$), les performances des participants varient en fonction du groupe de passation. Cet effet du facteur groupe est présenté sur la figure suivante.

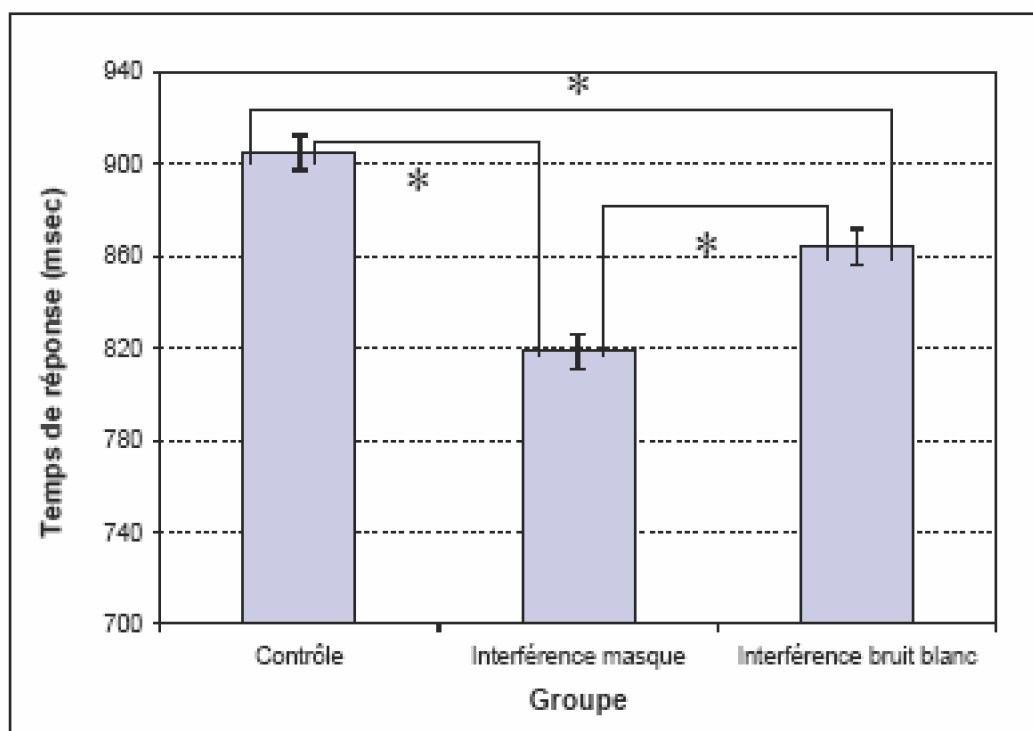


Figure 69 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les différents groupes

Dans l'analyse par item, l'analyse des contrastes met en évidence une différence

significative entre chacun des groupes. En effet, il apparaît une différence significative des performances entre le groupe « contrôle » et le groupe « interférence masque » ($F(1,92)=72.29$; $p<.01$), ainsi qu'entre le groupe « interférence masque » et le groupe « interférence bruit blanc » ($F(1,92)=19.901$; $p<.01$) et enfin entre le groupe « contrôle » et le groupe « interférence bruit blanc » ($F(1,92)=16.332$; $p<.01$). Dans l'analyse par sujet, nous retrouvons la différence uniquement entre le groupe « contrôle » et le groupe « interférence masque » ($F_s(2,93)=4.363$, $p<.05$).

Enfin, et en réponse à nos hypothèses, l'analyse par sujet révèle une interaction « Item*Groupe » (illustrée par la Figure 70), $F_s(2,93)=3,77$; $p<.05$.

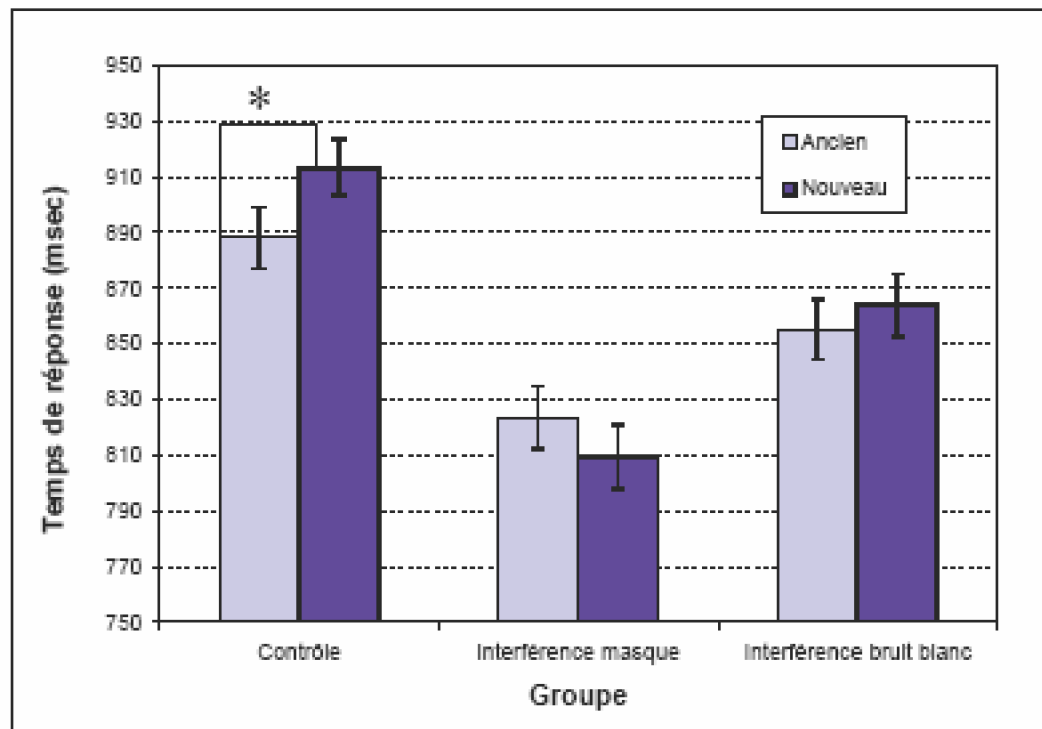


Figure 70 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Item » et « Groupe »

En effectuant une analyse séparée pour chacun des trois groupes, nous retrouvons un effet du facteur « Item » uniquement pour le groupe contrôle ($F_s(1,31)=5,54$, $p<.05$). Dans ce groupe uniquement, les participants sont plus rapides pour catégoriser les stimuli anciens que les stimuli nouveaux.

Les résultats montrent un effet principal du facteur « Groupe », les performances des sujets sont fonction de la condition de passation. Même si la différence est significative entre le groupe « Contrôle » et le groupe « Interférence bruit blanc », cette différence est moins importante que celle que nous avons obtenue précédemment entre le groupe « Contrôle » et le groupe « Interférence masque ».

De plus, et en réponse à nos hypothèses, nous obtenons bien une interaction « Groupe*Item ». Cette interaction révèle que notre facteur « Item » s'exprime significativement uniquement pour le groupe « contrôle ».

3.6.2. Analyse des pourcentages de bonnes réponses

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correcte des sons cibles dans le cas des expériences 2, 3-A et 3 B.

		Ancien	Nouveau
Animal	Sans interférence	87,4 (2,7)	92,8 (1,2)
	Avec interférence masquée	85,1 (3,2)	89,6 (0,9)
	Avec interférence bruit blanc	85,8 (1,0)	92,9 (1,2)
Objet	Sans interférence	91,7 (1,2)	91,2 (0,9)
	Avec interférence masquée	87,4 (2,8)	97,1 (0,9)
	Avec Interférence bruit blanc	90,7 (2,5)	97,9 (0,9)

Tableau 32 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

En ce qui concerne le facteur « Groupe », cette analyse ne révèle aucun effet significatif.

3.6.3. Discussion

Cette analyse complémentaire nous a permis de montrer qu'il existait un amorçage à long terme. Nous expliquons cet amorçage par le fait que la présentation d'une image en phase d'encodage active des dimensions sensorielles associées à cette image et notamment une dimension auditive. Cette activation auditive peut renforcer à long terme la représentation auditive concernée et donc faciliter le traitement ultérieur d'un son congruent en phase test. De plus, comme nous en faisons l'hypothèse, nous avons pu constater que la présentation d'une interférence auditive pendant la présentation de l'image-amorce, a empêché l'amorçage de s'exprimer, ce qui confirme la nature perceptive de cet amorçage.

Ainsi, il est possible d'amorcer à long terme un son par une image. L'objectif est donc maintenant de poursuivre notre investigation en tentant de montrer que la présentation d'un matériel verbal, en l'occurrence un mot, peut également activer automatiquement et à long terme toutes les dimensions sensorielles associées à l'objet ou à l'animal désigné par le mot.

3.7. Expérience 4

3.7.1. Objectifs et hypothèses

Cette expérience se compose de deux expériences notées expérience 4-A et expérience 4-B. Dans chacune des deux expériences, la phase d'encodage consistera en la présentation d'un mot que le participant devra catégoriser en termes d'objet/animal. Ce mot sera soit vu sur l'écran de l'ordinateur soit entendu à travers un casque auditif. Cette variable est une variable inter-sujets. Dans la phase test, la cible à traiter sera, soit une image (expérience 4-A), soit un son (expérience 4-B), ces stimuli (images ou sons) seront soit « anciens » c'est-à-dire associés à un mot de la phase d'encodage, soit « nouveaux » c'est-à-dire ne correspondant pas à un mot de la phase d'encodage. Notre hypothèse est que le mot en phase d'encodage va activer de façon automatique et à long terme les dimensions auditives et visuelles qui lui sont associées, facilitant ainsi le traitement des cibles (son ou image) dites « anciennes ».

Toujours pour tester le caractère perceptuel de notre amorçage, nous avons introduit dans chacune des expériences une condition interférence ; mais contrairement aux expériences précédentes, notre interférence sera une variable intra-sujets. Ainsi, dans la phase d'encodage, que ce soit dans l'expérience 4-A ou l'expérience 4-B, les mots (vus ou entendus selon les participants) seront soit présentés seuls, soit présentés avec une interférence. Cette interférence sera une interférence visuelle lorsque les mots sont entendus ou une interférence auditive lorsque les mots sont vus.

La procédure expérimentale est représentée sur la figure ci dessous.

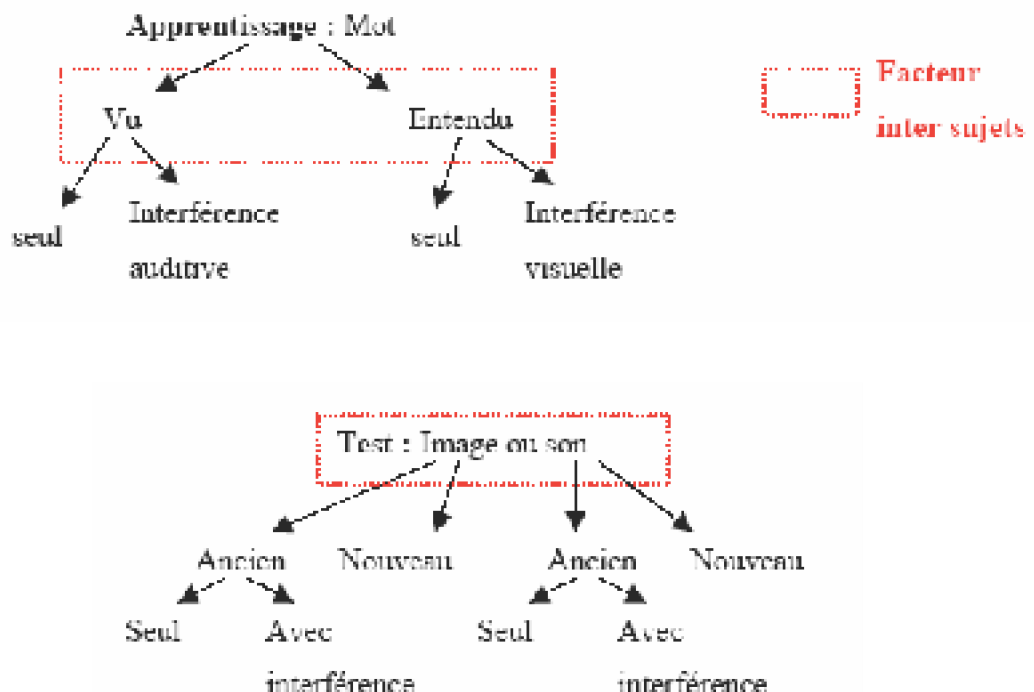


Figure 71 : Schématisation de la procédure expérimentale

Le tableau suivant présente les différentes hypothèses attendues.

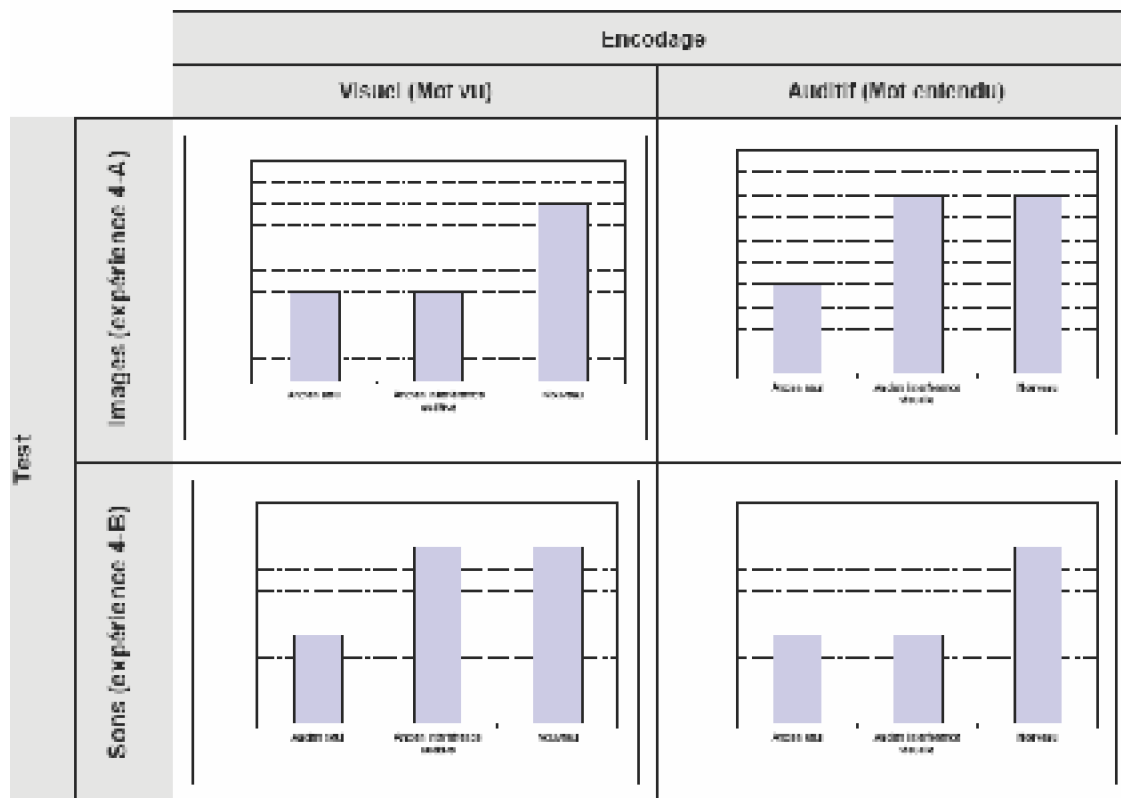


Tableau 33 : Représentation graphique des différentes hypothèses émises en ce qui concerne les temps de réponses des participants

Lorsque les mots sont vus en encodage, en phase, les cibles images « anciennes » devraient être mieux traitées que les nouvelles. L'interférence auditive ne devrait pas avoir d'influence sur le traitement de la cible image. En revanche, cette interférence auditive aura de l'influence lorsque les cibles seront des sons ; ainsi, dans ce cas là, seuls les items « anciens seuls » devraient avoir un traitement facilité par rapport aux deux autres types d'items.

L'hypothèse inverse peut être faite avec les mots entendus en encodage. L'interférence visuelle ne devrait perturber que la dimension auditive et donc se manifester lorsque les cibles sont des sons et pas des images.

Ainsi, ces deux expériences 4-A et 4-B vont nous permettre de montrer que la présentation d'un mot active des dimensions auditives et visuelles associées aux mots ; ces activations pouvant être perturbées par des interférences perceptives.

3.7.2. Expérience 4-A (Cibles visuelles)

3.7.2.1. MÉTHODE

Participants

36 étudiants de l'université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous de langue maternelle française et avaient tous une vue correcte avec ou sans correction.

Stimuli

Pour cette expérience A, le matériel est constitué de :

- 52 images : 48 images expérimentales (24 représentant des objets et 24 des animaux) et 4 pour l'entraînement (2 pour chacune des 2 catégories) ;
- 32 mots : 16 objets et 16 animaux. Ces mots peuvent être soit écrits sur l'écran d'ordinateur soit entendus par l'intermédiaire d'un casque auditif ;
- Une interférence visuelle (un écran moucheté) et une interférence auditive (un bruit blanc).

Dispositif expérimental et procédure

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel psychoscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993). L'écran était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

Déroulement de l'expérience

Les passations se sont déroulées dans une salle d'expérimentation insonorisée du laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EMC) de l'université Lumière Lyon 2. Chaque participant était testé individuellement. Après avoir rempli un formulaire de consentement, il s'installait devant un ordinateur à environ 50 cm de l'écran. Une mentonnière permettait de maintenir cette distance constante au cours de la passation, pour chaque participant.

L'expérience était composée de 2 phases ; une première phase dite d'encodage pendant laquelle le sujet devait catégoriser des mots, soit vus, soit entendus et une seconde phase de test pendant laquelle les participants catégorisaient des images. Chacune des deux phases débutait par 4 essais d'entraînement. La tâche était la même dans les deux phases, le sujet devait catégoriser les mots ou les images en termes d'objets ou d'animaux grâce aux touches libellées « O » et « A » du clavier de l'ordinateur.

La passation durait environ 10 minutes avec une pause entre la phase d'encodage et la phase test afin d'expliquer au sujet la nouvelle consigne.

Déroulement d'un essai

Phase d'encodage n=32 essais+ 4 essais d'entraînement

· Encodage visuel

Chaque essai était composé des évènements suivants (cf. Figure 72) : un point de fixation était présenté pendant 500 msec puis un mot apparaissait à l'écran pendant 2000 msec. Ce mot pouvait, soit être vu seul, soit il était accompagné d'une interférence auditive. Cette interférence débutait 500 msec avant l'apparition du mot et se terminait 1500 msec après la disparition du mot). L'essai suivant commençait 500 msec après la fin de l'essai. Tous les stimuli étaient présentés au centre de l'écran. La luminosité et le contraste étaient maintenus constants dans chaque condition expérimentale et pour tous les participants.

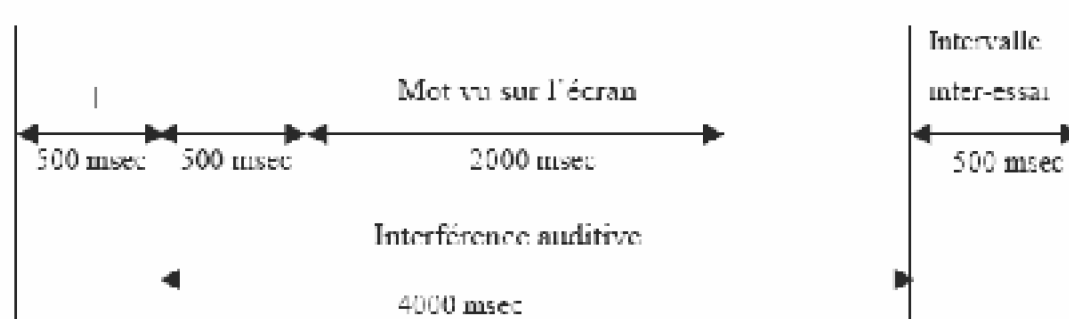


Figure 72 : Déroulement d'un essai type

· Encodage auditif

Le déroulement était le même que dans la condition encodage visuel excepté que le mot, au lieu d'être présenté à l'écran, était entendu par l'intermédiaire d'un casque auditif. Les mots avaient ainsi été préalablement lus et enregistrés. Dans cette condition d'encodage, l'interférence n'est plus une interférence auditive mais une interférence visuelle.

Phase test n = 48 essais + 4 essais d'entraînement (cf. Figure 73)

Le point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 1000 msec, puis le sujet entendait un son pendant 1000 msec. L'essai suivant débutait 1000 msec après que le sujet ait appuyé sur une des deux touches de réponse.



Figure 73 : Déroulement d'un essai

Plan expérimental

L'ordre des mots en phase d'apprentissage et des sons en phase test était aléatoire, cet ordre était inversé pour la moitié des participants. De plus, les images qui étaient anciennes pour la moitié des participants étaient nouvelles pour l'autre moitié. De plus, le facteur « doigt de réponse » a été contrôlé.

Les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le taux de bonnes réponses.

Les variables indépendantes sont :

- le type d'item (I_3) : images anciennes avec interférence, images anciennes sans interférence et images nouvelles (variable intra-sujet) ;
- l'encodage (E_2) : visuel ou mot auditif (variable inter-sujet) ;
- la catégorie (C_2) : objet ou animal (variable intra-sujet).

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{24} < E_2 > I_3 * C_2$

3.7.2.2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médianes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1500 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 2,5 % des données ont été supprimés.

Analyse des temps de réponse

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens nécessaires pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 4-A.

	Encodage auditif			Encodage visuel		
	Ancien Interférence	Ancien sans interférence	Nouveau	Ancien Interférence	Ancien sans interférence	Nouveau
Objet	573 (24,2)	580 (25,0)	587 (26,0)	614 (30,8)	634 (30,2)	631 (30,2)
Animal	560 (24,0)	554 (22,2)	570 (26,4)	655 (47,4)	631 (28,5)	690 (38,0)

Tableau 34 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de

l'erreur standard

Les résultats montrent dans un premier temps, un effet du facteur « Catégorie » ; $F_s(1,34)=13.882, p<.01$ et $F_i(1,46)=4.427, p<.05$; les participants catégorisent plus rapidement les images représentant des animaux par rapport à celle représentant des objets (567 msec vs. 587 msec).

De plus, l'analyse de variance révèle une double interaction « Item*Catégorie*Encodage » significative dans l'analyse par sujets et tendancielle dans l'analyse par items ($F_s(2,68)=3.874, p<.05$ et $F_i(2,92)=2,929, p=.058$). Cette double interaction est représentée sur la figure suivante.

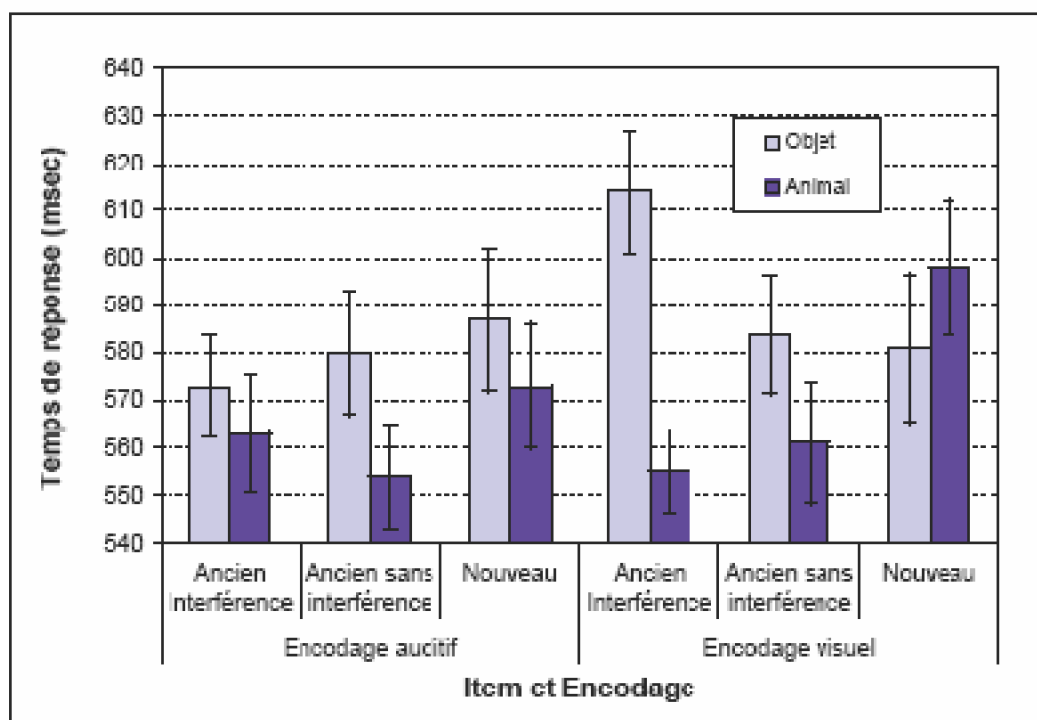


Figure 74 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Item », « Encodage » et « Catégorie »

· Analyse du groupe « Encodage auditif »

Dans cette analyse, nous retrouvons uniquement l'effet du facteur « Catégorie », significatif dans l'analyse par sujet et tendanciel dans l'analyse par items ($F_s(1,17)=6.848, p<.05$ et $F_i(1,46)=3.463, p=.069$). Les participants sont plus rapides pour catégoriser des images d'animaux (564 msec) par rapport aux images d'objets (580 msec).

· Analyse du groupe « Encodage visuel »

Pour ce groupe également, le facteur « Catégorie » est significatif dans l'analyse par sujet et tendanciel dans l'analyse par item ; $F_s(1,17)=7.248, p<.05$ et $F_i(1,46)=3.467, p=.069$.

Comme l'illustre la figure suivante, cette analyse révèle aussi une interaction

« Item*Catégorie » ; $F_s(2,34)=5.228, p<.05$ et $F_i(2,92)=4.934, p<.01$.

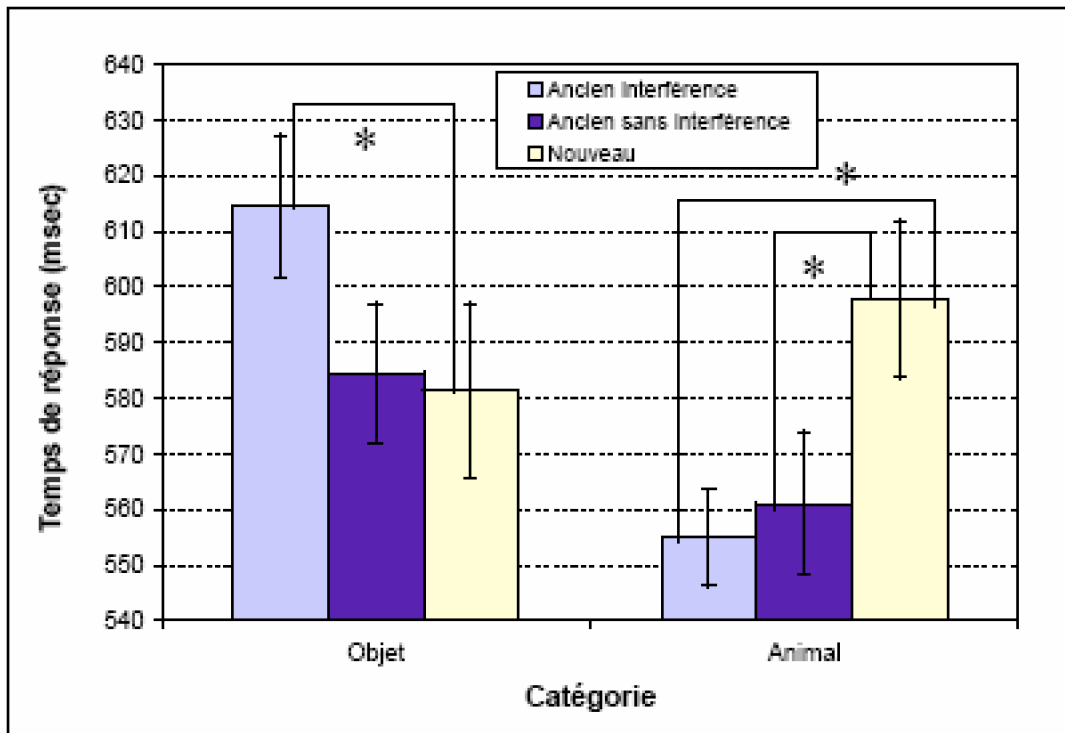


Figure 75 : Représentation des temps moyens des réponse à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Item » et « Catégorie »

Une analyse des contrastes montre un effet distinct du facteur « Item » en fonction de la catégorie.

En ce qui concerne la catégorie des objets, il apparaît une différence significative dans l'analyse par sujets entre les items « ancien avec interférence » et les items « nouveaux » ; $F_s(2,34)=3.963, p=.05$. Cette différence significative se retrouve dans l'analyse par items mais de façon tendancielle ; $F_i(2,92)=3.087, p<.08$. Ainsi, les participants catégorisent plus rapidement les images d'objet lorsque celles-ci correspondent à la condition « nouveau » (581 msec) par rapport à la condition « ancien interférence » (614 msec).

En ce qui concerne la catégorie des animaux, alors qu'il n'apparaît pas de différence entre la condition « ancien interférence » et « ancien sans interférence », les résultats mettent en évidence une différence entre la condition « ancien interférence » et « nouveau » ainsi qu'entre la condition « ancien sans interférence » et « nouveau ». Les participants sont significativement meilleurs (555 msec vs. 598 msec) pour catégoriser les images d'objets dans la condition « ancien interférence » par rapport à la condition « nouveau » ($F_s(2,34)=6.660, p<.05$ et $F_i(2,92)=7.494, p<.01$). Les participants obtiennent aussi de meilleures performances (561 msec vs 598 msec) dans la condition « ancien sans interférence » par rapport à la condition « nouveau » ($F_s(2,34)=4.866, p<.05$; $F_i(2,92)=4.981, p<.05$).

Analyse des pourcentages de bonnes réponses

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des images cibles dans le cas de l'expérience 4-A.

	Encodage auditif			Encodage visuel		
	Ancien Intérence	Ancien sans intérence	Nouveau	Ancien Intérence	Ancien sans intérence	Nouveau
Objet	97,2 (1,3)	97,2 (1,3)	96,5 (1,3)	97,9 (1,1)	99,3 (0,7)	97,2 (1,3)
Animal	99,3 (0,7)	100,0 (0,0)	97,2 (1,3)	96,5 (1,7)	100,0 (0,0)	99,1 (1,0)

Tableau 35 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

Globalement, les résultats montrent un effet principal du facteur « Item » ($F_s(2,68)=5.421, p<.01$ et $F_i(2,92)=4.519, p<.05$) ; cet effet est présenté sur la figure suivante.

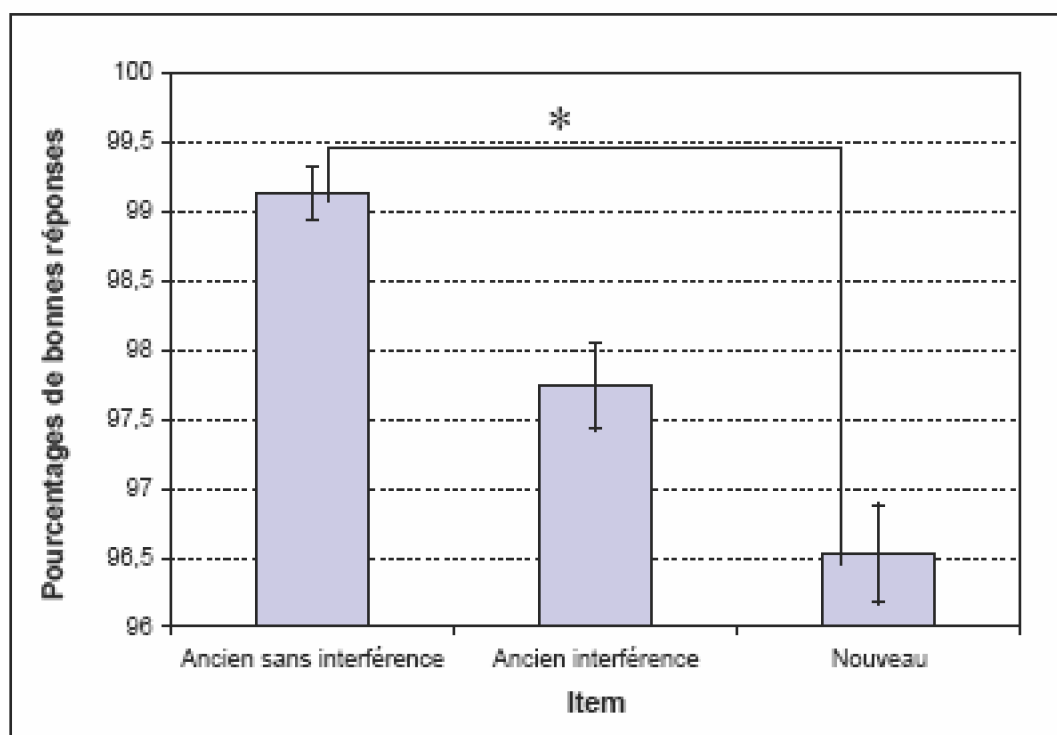


Figure 76 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les différents items

Une analyse de contraste montre une différence significative entre la condition « Ancien sans interférence » et la condition « Nouveau » ($F_s(2,68)=10.825, p<.01$ et $F_i(2,92)=9.019, p<.01$). Les participants obtiennent de meilleures performances pour les

items anciens sans interférence (99,1 %) par rapport aux items nouveaux (96,5 %) et ceci quelle que soit la condition d'encodage.

- Analyse du groupe « encodage auditif »

L'analyse de variance met en évidence un effet principal du facteur « Catégorie » significatif dans l'analyse par sujet ($F_s(1,17)=4.857, p<.05$) et tendanciel dans l'analyse par item ($F_i(1,46)=2.843, p=.09$). Ainsi, les participants catégorisent mieux les images d'animaux (98,8 %) par rapport aux images d'objets (97,0 %).

- Analyse du groupe « encodage visuel »

Comme l'illustre la figure suivante, les résultats révèlent un effet du facteur « Item » ; $F_s(2,34)=4.237, p<.05$ et $F_i(2,92)=4.447, p<.05$

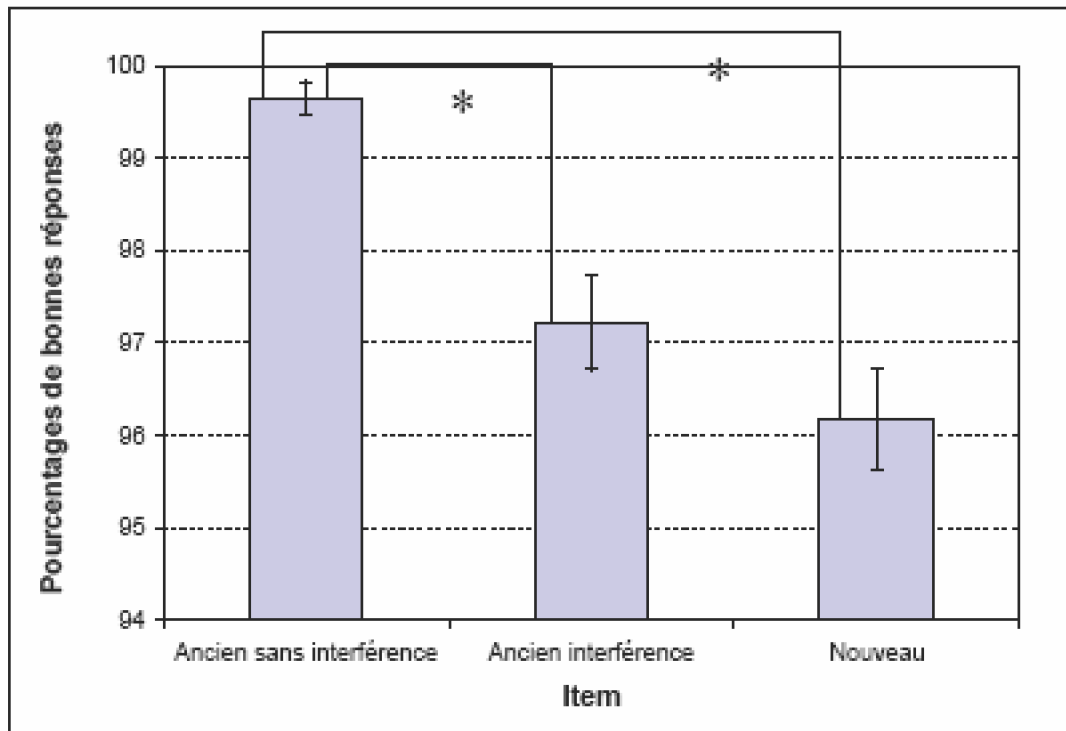


Figure 77 : Représentation des pourcentages de bonnes réponses à la tâche de catégorisation selon les différents types d'items

Après analyse des contrastes, il apparaît une différence significative ($F_s(2,34)=8.044, p<.05$ et $F_i(2,92)=8.426, p<.01$) entre les conditions « ancien sans interférence » et « nouveau » ainsi qu'entre les conditions « ancien sans interférence » et « ancien interférence » ($F_s(2,34)=3.942, p=.05$ et $F_i(2,92)=4.178, p<.05$). Les performances des sujets sont meilleures dans la condition « ancien sans interférence » (99,6 %) par rapport aux deux autres conditions « ancien interférence » (97,2 %) et « nouveau » (96,2 %).

Les pourcentages de bonnes réponses en encodage visuel confirment notre hypothèse, les participants sont meilleurs pour catégoriser les images dites « anciennes

seules » par rapport aux deux autres conditions qui elles ne diffèrent pas entre elles.

Discussion

L'analyse des latences montre, au delà de l'effet récurrent du facteur « Catégorie » pour la catégorie des animaux et dans la condition où l'encodage visuel, nos hypothèses se trouvent validées. En effet, les items anciens sont mieux catégorisés, qu'ils aient été encodés seuls ou avec une interférence auditive, par rapport aux items nouveaux. Ces premiers résultats révèlent que la présentation d'un mot active les dimensions visuelles associées à l'objet auquel ce mot fait référence.

Ainsi, cette expérience 4-A va dans le sens de nos hypothèses mais ceci uniquement dans la condition d'un encodage visuel et, en ce qui concerne les temps de réponses, uniquement sur la catégorie des animaux. Lorsque les mots ont été entendus, les résultats ne mettent en évidence qu'un effet de la catégorie ; les participants sont plus rapides pour catégoriser les animaux par rapport aux objets.

3.7.3. Expérience 4-B (Cibles auditives)

3.7.3.1. MÉTHODE

Participants

36 étudiants de l'université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Ils étaient tous de langue maternelle française et avaient tous une vue correcte avec ou sans correction.

Stimuli

Pour cette expérience, le matériel est constitué de :

- 52 sons d'une durée de 1000 msec : 48 sons expérimentaux (24 représentant des objets et 24 des animaux) et 4 pour l'entraînement (2 pour chacune des 2 catégories) ;
- 32 mots : 16 objets et 16 animaux. Ces mots peuvent être soit écrit sur l'écran d'ordinateur soit entendu par l'intermédiaire d'un casque auditif ;
- Une interférence visuelle (un écran moucheté) et une interférence auditive (un bruit blanc).

Dispositif expérimental et procédure

Le dispositif expérimental et la procédure sont les mêmes que dans l'expérience 4-A excepté que les cibles dans la phase test sont des sons et non plus des images.

Plan expérimental

Les variables dépendantes sont les temps de réaction exprimés en msec et le taux de

bonnes réponses.

Les variables indépendantes sont :

- le type d'item (I_3) : sons anciens avec interférence, sons anciens sans interférence et sons nouveaux (variable intra-sujet) ;
- l'encodage (E_2) : visuel ou mot auditif (variable inter-sujet) ;
- la catégorie (C_2) : objet ou animal (variable intra-sujet).

Le plan d'expérience est le suivant : $S_{24} < E_2 > I_3 * C_2$

3.7.3.2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel Super Anova. Une analyse de variance des latences moyennes et médianes et du taux de bonnes réponses a été effectuée avec les facteurs items (noté F_i) et sujets (noté F_s) comme facteurs aléatoires. Certaines données ont été exclues des analyses, à savoir les latences associées à des réponses incorrectes et les latences déviantes (trop longues >1500 msec ou trop courtes <100 msec). Selon ces critères, moins de 9,5 % des données ont été supprimés.

Analyse des temps de réponse

Le tableau suivant présente les temps de réponse moyens mis pour catégoriser correctement l'image-cible dans le cas de l'expérience 4-B.

	Encodage auditif			Encodage visuel		
	Ancien Interférence	Ancien sans Interférence	Nouveau	Ancien Interférence	Ancien sans Interférence	Nouveau
Objet	778 (21,8)	678 (20,9)	964 (24,0)	1048 (26,0)	1023 (26,0)	1140 (23,7)
Animal	841 (22,0)	930 (22,8)	947 (26,2)	1071 (27,2)	1020 (27,2)	1000 (23,8)

Tableau 36 : Temps de réponse moyens (en msec) avec indication entre parenthèses de l'erreur standard

L'analyse de résultats montre un effet du facteur « Encodage » ($F_s(1,34)=5.935$, $p<.05$ et $F_i(1,45)=32.21$, $p<.01$), les participants sont beaucoup plus rapides pour catégoriser les sons lorsque le mot en encodage a été entendu (969 msec vs 1038 pour un encodage visuel).

De plus, il apparaît une interaction tendancielle « Item*Encodage » dans l'analyse par sujet ($F_s(2,68)=2.646$, $p=.078$). La figure suivante illustre cette interaction.

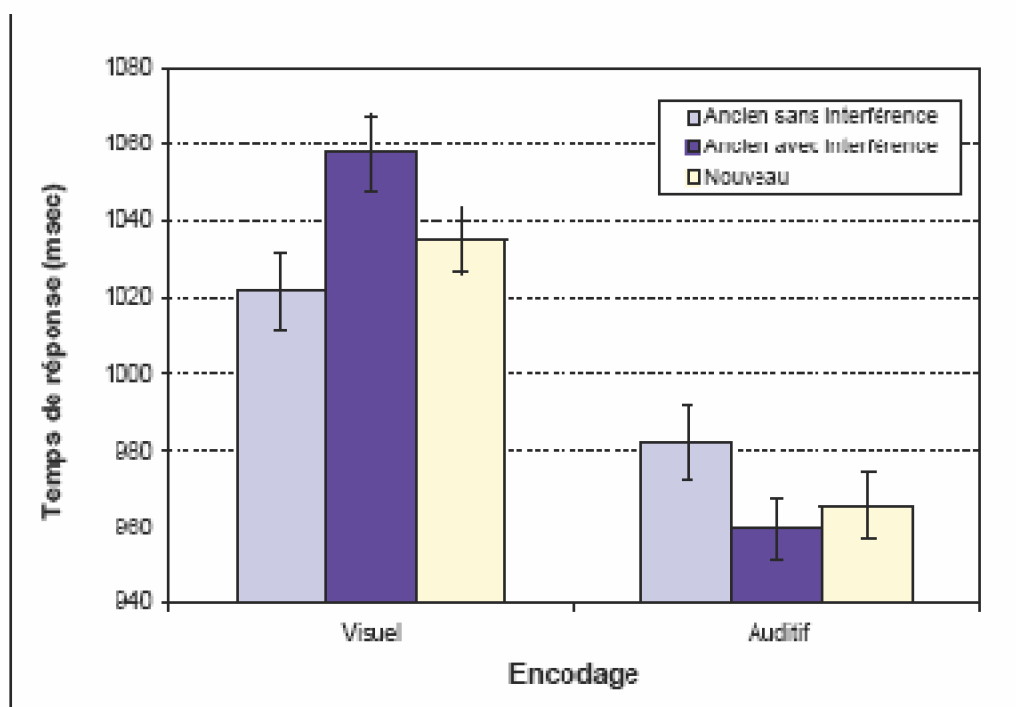


Figure 78 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Encodage » et « Item »

Une analyse complémentaire montre, dans la condition où les mots en encodage sont vus, une tendance ($F(2,68)=3.578, p=.067$) entre les items « anciens sans interférence » (1022 msec) et les items « anciens avec interférence » (1058 msec). Cette différence ne se retrouve pas lorsque les mots en encodage sont entendus.

Ainsi, ces résultats même s'ils ne sont que tendanciels vont dans le sens de notre hypothèse. En effet, notre hypothèse avançait l'idée que les participants allaient être plus rapides uniquement pour la condition « ancien seul » par rapport à la condition « ancien avec interférence » car l'interférence auditive allait empêcher l'amorçage de s'exprimer.

Analyse des pourcentages de bonnes réponses

Le tableau suivant présente les pourcentages de catégorisation correctes des images cibles dans le cas de l'expérience 4-B.

	Encodage auditif			Encodage visuel		
	Ancien Interférence	Ancien sans interférence	Nouveau	Ancien Interférence	Ancien sans interférence	Nouveau
Objet	92,4 (2,5)	93,0 (2,2)	91,7 (2,0)	93,0 (1,8)	87,5 (2,7)	93,7 (2,3)
Animal	84,0 (2,6)	87,5 (2,7)	92,1 (2,3)	92,1 (2,0)	86,8 (2,1)	85,1 (2,3)

Tableau 37 : Pourcentages de bonnes réponses avec indication entre parenthèses de

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

l'erreur standard

Les résultats montrent un effet du facteur « Catégorie » ($F_s(1,34)=7.042, p<.05$), les participants sont meilleurs pour catégoriser les sons d'objets (92 %) par rapport aux sons d'animaux (88 %).

Les analyses mettent en évidence une interaction « Item*Encodage » ($F_s(2,68)=3.349, p<.05$). Cette interaction est présentée sur la figure suivante.

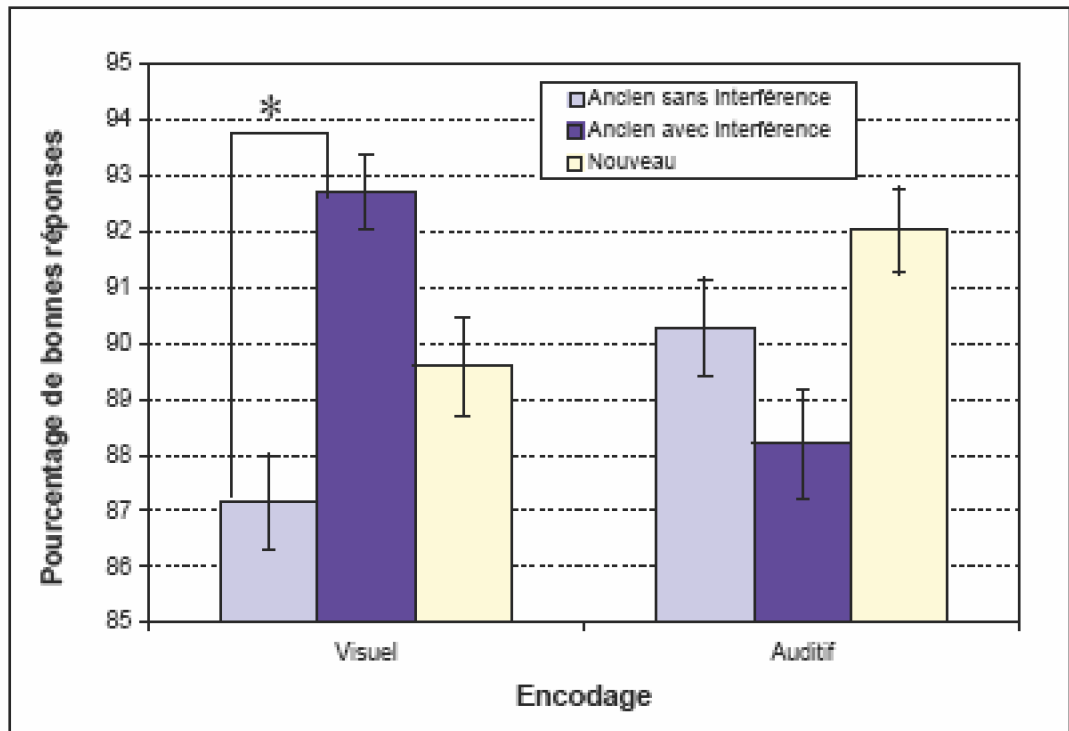


Figure 79 : Représentation des temps moyens des réponses à la tâche de catégorisation selon les facteurs « Item » et « Encodage »

- Analyse du groupe « encodage visuel »

Les résultats révèlent, dans un premier temps, un effet du facteur « Item » ($F_s(2,34)=3.699, p<.05$).

Après analyse des contrastes, il apparaît une différence significative ($F_s(2,34)=7.36, p<.05$) entre les items « anciens sans interférence » et les items « anciens avec interférence » (87 % vs 93 %).

- Analyse du groupe « encodage auditif »

Pour cette condition d'encodage, nous n'observons plus de facteur « Item » mais uniquement un effet du facteur « Catégorie » ($F_s(1,17)=5.417, p<.05$). Les participants sont meilleurs pour catégoriser des sons d'objets (92 %) par rapport aux sons d'animaux (88 %).

Ainsi, comme pour l'analyse des latences, l'analyse des pourcentages de bonnes

réponses va dans le sens de nos hypothèses en ce qui concerne l'encodage visuel. En effet, nous observons une différence significative entre les items « anciens seuls » et « anciens avec interférence » ; ici encore notre interférence auditive s'est révélée efficace.

Discussion

Que ce soit pour l'expérience 4-A ou 4-B, les résultats ont été obtenus dans la condition où les mots étaient vus en encodage. Dans cette condition, l'interférence auditive a été efficace pour les cibles sons mais (et conformément à nos attentes) inefficace lorsque les cibles sont des images.

3.8. Synthèse de l'amorçage à long terme

Cette troisième et dernière série d'expériences a permis d'aller plus avant dans notre étude des dimensions sensorielles constitutives d'une trace mnésique.

L'hypothèse initiale était que, face à un stimulus visuel, le sujet allait automatiquement activer la représentation sonore associée. Pour tester cette hypothèse, nos expériences ont été basées sur cette possibilité d'une activation multimodale visuelle-auditive et afin, de la mettre en évidence, nous avons tenté de l'altérer en créant une interférence auditive.

Dans un premier temps, nous avons remarqué une interaction « Item*Catégorie » dans l'expérience 1. Cette interaction va dans le sens de nos hypothèses ; en effet, alors qu'il n'y a pas de différence pour les objets, on observe une différence entre le traitement des stimuli anciens et des stimuli nouveaux pour les êtres vivants. De plus, l'effet du facteur « Catégorie » que l'on retrouve en effet principal, ou en interaction avec le facteur item, va dans le sens d'une plus grande importance des traitements sensoriels pour les animaux que pour les objets. En effet, les sujets obtiennent de meilleures performances pour la catégorisation des êtres vivants par rapport à celle des objets (temps de réaction plus courts et taux de bonnes réponses plus élevé). Or, comme nous l'avons vu, de nombreux auteurs se sont penchés sur cette distinction objet/être vivant et ont mis en évidence un traitement spécifique des stimuli selon leur appartenance catégorielle. Ils admettent que la différence entre ces deux catégories s'organise autour des traits qui les définissent : traits sensoriels pour les êtres vivants et traits fonctionnels pour les objets (les êtres vivants sont plus définis par les traits sensoriels que les objets, ils seraient donc plus sensibles à ces traits) ; or, notre amorçage est basé sur une intermodalité sensorielle.

En ajoutant une phase de pré-encodage, les analyses ont pu mettre en évidence dans l'expérience 2 un effet principal du facteur « Item ». Ainsi, quelle que soit la catégorie de la cible, les participants sont plus rapides pour traiter les stimuli anciens par rapport aux stimuli nouveaux, ce qui confirme notre hypothèse d'un amorçage à long terme inter-sensoriel.

Les expériences 3-A et 3-B ont permis de montrer l'efficacité d'une interférence perceptuelle pour empêcher l'amorçage de s'exprimer. Nous avons en effet pu observer une interaction « Item*Groupe » indiquant que seuls les sujets du groupe « sans

interférence » avaient tendance à catégoriser plus rapidement les items anciens que les items nouveaux. Ceci va bien dans le sens de nos hypothèses initiales, c'est-à-dire d'un amorçage à long terme intersensoriel.

Discussion générale

Objectifs de notre étude

En tenant compte du cadre théorique issu de la littérature, trois objectifs se sont dégagés pour explorer et argumenter au mieux le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002).

Le **premier objectif** est de montrer que les dimensions sensorielles et motrices sont activées de façon automatique et qu'elles sont bien de nature perceptive.

Le **deuxième objectif** est de montrer que, une fois ces dimensions activées, ces dernières vont subir un processus d'intégration.

Enfin, le **troisième objectif** est de montrer que les dimensions sensorielles et motrices sont activées suite à la présentation d'un stimulus mais aussi qu'elles sont constitutives de la trace conservée à long terme.

- Des dimensions sensorielles et motrices
 - Caractère sensoriel

Les expériences menées dans le cadre de cette thèse ont utilisé un paradigme d'amorçage intersensoriel à court terme. Ces expériences ont mis en évidence le

caractère sensoriel de ces activations. En effet, un stimulus auditif (un bruit d'objet, un bruit d'animal ou un bruit blanc) était présenté au sujet suivi d'un stimulus visuel (une image d'objet ou d'animal). Le modèle étudié postule que, dans cette situation, à l'écoute du son-amorce, les sujets vont activer toutes les connaissances sensorielles qu'ils ont de cet objet et notamment son aspect visuel. Aussi, lorsque l'image-cible est congruente avec le son-amorce (rugissement d'un lion suivi de l'image d'un lion), la réponse du sujet va être facilitée car les dimensions visuelles ayant été pré-activées par le son-amorce, le traitement de la cible va être plus rapide. Les résultats montrent effectivement un effet du facteur « Amorce » : les sujets sont plus rapides et ont de meilleurs pourcentages de bonnes réponses lorsque le son-amorce et l'image-cible font référence au même objet ou animal (condition congruente).

Pour tester le caractère perceptif de cet amorçage, nous avons introduit une différence perceptive entre les images-cibles du bloc 1 et 2 et celles du bloc 3. Dans les deux premiers blocs, les couples amorce-cible sont les mêmes ; dans le troisième bloc, chaque image-cible est remplacée par un autre exemplaire du même objet ou animal. Si ce changement de nature perceptuelle et non conceptuelle provoque un ralentissement des temps de réponse, alors nous pourrions conclure sur la nature perceptuelle de l'amorçage et sur des connaissances sous-jacentes activées par l'amorce. Les résultats montrent effectivement un effet du facteur « Bloc » : nous observons un ralentissement des performances des sujets (temps de réponses plus longs et taux de bonnes réponses moins importants) dans le bloc 3 par rapport aux deux autres blocs.

Afin de consolider cet argument en faveur de la nature perceptive des connaissances, nous avons mis en place un autre protocole pour lequel, simultanément au son-amorce, une interférence visuelle était présentée. La tâche du sujet portait toujours sur l'image-cible qui était soit congruente, soit non congruente, soit le son était un bruit blanc. L'objectif était de montrer que l'amorçage était de nature perceptive en montrant qu'une interférence perceptuelle pouvait le perturber. A l'issue de plusieurs essais de masque interférant, nous avons pu montrer qu'une interférence de type « masque-pattern » empêche l'effet du facteur « Amorçage » de s'exprimer de façon globale. En effet, lorsque la présentation du son-amorce est associée à la présentation visuelle d'un masque, nous n'avons globalement plus de bénéfice lorsque le son et l'image sont congruents.

En accord avec le modèle étudié, ces résultats suggèrent que, lors de la présentation du son-amorce, l'interférence visuelle a activé les aires visuelles et donc a perturbé la pré-activation de l'image associée au son présenté en amorce. Cependant, même si cette absence d'effet du facteur « Amorce » apporte certains éléments de réponse, nous nous attendions à obtenir une interaction « Amorce*Expérience ». En effet, sans cette interaction significative, nous ne pouvons pas conclure de façon ferme sur la nature perceptuelle de notre amorçage puisqu'une absence d'effet ne peut être clairement interprétée. Même si nous ne pouvons pas conclure sur cette absence d'effet, deux éléments nous conduisent à postuler pour une nature perceptive de notre amorçage : l'effet du facteur « Bloc » décrit plus haut et l'absence de différence significative entre la condition « non congruent » et la condition « bruit blanc ». Si cette absence de différence entre la condition « non congruent » et la condition « bruit blanc » est difficilement

explicable dans la conception de connaissances amodales, celle-ci peut tout à fait s'expliquer dans le cadre théorique de connaissances multi-modales. En effet, que ce soit dans la condition « congruent » ou la condition « non congruent », le son présenté en amorce active des zones visuelles ; ces activations facilitent ensuite le traitement de la cible même si ce ne sont pas les mêmes représentations visuelles.

Globalement, ces résultats tendent à montrer que les connaissances sont bien constituées de dimensions sensorielles qui s'activent automatiquement lorsque nous sommes confrontés à un stimulus.

· Caractère moteur

En ce qui concerne les dimensions motrices, nous avons pu montrer l'existence d'un amorçage visuel moteur. En effet, dans une expérience avec une image d'objet en amorce et une cible à laquelle il fallait répondre, lorsque l'amorce était un objet impliquant la main droite dans son utilisation, les participants étaient plus rapides pour répondre avec la main droite. Tout se passe comme si l'image-amorce avait activée automatiquement les dimensions motrices associées à cet objet et notamment la main d'utilisation. La réponse du sujet est facilitée s'il y a congruence entre la dimension motrice activée et la main nécessaire à la réponse. Ces premiers résultats vont dans le sens de nos hypothèses sur le caractère multimodal des connaissances ; ces résultats n'étant pas explicables dans une conception amodale des connaissances.

Une autre expérience a utilisé un paradigme tout autre : ce n'est plus le mouvement pour exécuter la tâche qui était amorcé mais c'est la similarité entre les composants de la cible et de l'amorce qui était manipulée. Une image-amorce et une image-cible, tous deux des objets, étaient présentées successivement au participant, sa tâche (de catégorisation) ne portant que sur l'image-cible. Ces deux objets pouvaient être associées par une similarité dans leur préhension et pouvaient appartenir à la même catégorie sémantique. Les résultats obtenus montrent un effet du facteur « Geste » : les participants ont de meilleures performances lorsque l'amorce et la cible impliquent le même geste. Ces résultats indiquent donc l'existence d'un effet d'amorçage précoce pour les composantes motrices.

Ainsi, ces travaux ont pu mettre en évidence l'activation automatique des dimensions sensorielles et motrices. Les résultats obtenus ont aussi montré que ces dimensions subissaient ensuite un mécanisme d'intégration si le temps de présentation de l'amorce le permettait.

· Des dimensions sensorielles et motrices intégrées

Les expériences réalisées permettent également de mieux comprendre les mécanismes d'activation et d'intégration des différents composants. Avec un temps de présentation de l'amorce très bref, chaque dimension apparaît et est traitée de façon indépendante. À 100 msec, l'intégration qui explique l'interaction « Geste*Catégorie » n'a pas encore eu lieu. De ce fait, grâce à cette activation indépendante de la dimension motrice, nous avons pu observer un effet facilitateur de l'amorçage moteur même si les catégories étaient différentes. Lorsque les gestes impliqués par l'amorce et la cible sont différents, et que

ces dernières appartiennent à la même catégorie, l'amorçage obtenu provient des autres dimensions partagées par l'amorce et la cible. Ainsi, dans l'expérience complémentaire (voir chapitre 2 - expérience 4), nous avons pu mettre en évidence un effet du facteur « Geste » ainsi qu'une interaction « Geste*Catégorie ». En fonction du geste impliqué par l'amorce les performances des sujets sont donc différentes. Nous avons fait l'hypothèse que, dès la présentation de l'amorce, un ensemble de composants (appartenant à des dimensions différentes) allait être activé ; ces composants, du fait de l'amorçage, vont faciliter le traitement de la cible lorsque elle-même a des composants similaires à ceux de l'amorce (appartient à la même catégorie que l'amorce). Lorsque l'amorce et la cible appartiennent à la même catégorie, mais qu'elles impliquent un geste différent, les réponses sont très ralenties. Ce ralentissement tend ainsi à montrer que les dimensions activées par l'amorce ont été intégrées. Ainsi, il est apparu qu'à 100 msec, les activations des dimensions élémentaires facilitent le traitement de la cible, chacune des dimensions activées agissant indépendamment. En revanche, à 300 msec, ces dimensions élémentaires ont subi un processus d'intégration et ce n'est plus des actions indépendantes des dimensions activées que l'on observe mais plutôt l'influence d'un tout intégré.

· Des dimensions sensorielles et motrices intégrées constitutives de la trace mnésique

Enfin, l'impact à long terme de ces dimensions sensorielles et motrices a été mis en évidence à travers notre étude. En effet, nous avons pu montrer l'existence d'un amorçage à long terme intersensoriel. Avoir vu un objet dans une première phase facilite ensuite, en phase test, le traitement d'un son si celui-ci est congruent. De plus, il apparaît que ce phénomène d'amorçage disparaît lorsque l'on introduit une interférence auditive pendant la présentation de l'image-amorce, ceci ne faisant que confirmer les résultats obtenus en utilisant un paradigme à court terme. Il apparaît donc que cet amorçage est bien de nature perceptive.

Globalement, tous les résultats obtenus tendent donc à montrer que, comme le prédit le modèle de la mémoire à long terme épisodique, multidimensionnelle et distribuée proposé par Versace *et al.* (2002), la présentation d'un objet active des dimensions sensorielles, activations qui se propagent en cascade en inter-sensorielle, mais aussi au niveau de dimensions motrices et affectives (bien que nous n'ayons pas étudié ces dimensions affectives dans le cadre de ces travaux). Ces résultats sont beaucoup plus difficilement explicables dans le cadre d'un stockage des connaissances conceptuelles dans une mémoire sémantique codant de manière amodale les propriétés des objets. Dans ce cas, l'amorçage intersensoriel serait possible par l'intermédiaire des représentations abstraites, mais il ne devrait pas être perturbé par une interférence de niveau sensoriel.

Apports au cadre théorique

Nous avons vu dans l'exposé du cadre théorique de ce travail de thèse que deux

conceptions bien différentes de la mémoire s'opposent actuellement.

La plus ancienne, la théorie multi-systèmes, suppose que la mémoire est constituée d'un ensemble de sous-systèmes fonctionnels qui encodent, récupèrent et stockent les informations différemment. Dans ce cadre théorique, les connaissances sémantiques (opposés aux connaissances épisodiques) seraient stockées dans un module autonome par rapport à la mémoire épisodique et aux systèmes liés à la perception et à l'action. Ces connaissances seraient amodales et décontextualisées (voir notamment Collins et Quillian, 1969 ; Collins et Loftus, 1975 ; Anderson, 1983 ; Smith, Schoben et Rips, 1974 ; Hoffman, 1982 ; Rosch et Mervis, 1975). Cependant, l'ensemble de nos résultats ne peuvent s'expliquer par cette conception de la mémoire. En effet, notre effet d'amorçage aurait pu s'expliquer par cette conception de représentations amodales, nous pourrions imaginer que la présentation d'un objet (ou d'un son) en amorce active une représentation sémantique et c'est cette représentation sémantique qui va faciliter le traitement de la cible. Cependant, cette conception multi-systèmes ne permet pas d'expliquer l'impact de notre interférence perceptive. Cette interférence qui, certes, a été difficile à mettre en place mais qui a tout de même montré, en partie, son efficacité. Il s'avère qu'une autre conception de la mémoire donne à nos résultats tout leur sens.

Depuis quelques années déjà, les recherches conduisent à envisager la mémoire non plus comme un ensemble de sous-systèmes mais plutôt comme un système unique. Il n'existerait plus de distinction entre le caractère épisodique et sémantique des connaissances puisque toute information en mémoire serait purement épisodique. Dans cette conception de système unique, les connaissances sont des traces qui reflètent les expériences vécues par le sujet. Aussi, elles sont multimodales puisqu'elles sont constituées de dimensions sensorielles, motrices et émotionnelles (voir notamment Medin et Schaffer, 1978 ; Nosofsky, 1988 ; Hintzman, 1986 ; Whittlesea, 1987, 1989 ; Murdock, 1982, 1983 ; McClelland et Rumelhart, 1986) : sensorielles car ce sont nos organes des sens qui reflètent les propriétés de l'environnement, motrices car nous avons des comportements moteurs divers dans ces environnements qui on le sait maintenant sont indispensables à la perception, et permettent à l'individu d'acquérir des connaissances nouvelles. Enfin, émotionnelles, car il est aussi évident que l'émotion provoquée en partie par les stimulations de l'environnement joue un rôle majeur dans l'élaborations des comportements. La trace laissée en mémoire par nos expériences doit forcément refléter les caractéristiques qui définissent ces expériences.

De nombreux travaux apportent des arguments en faveur de cette idée de traces multidimensionnelles sensorielles et motrices telles qu'elles sont décrites par le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002). Les arguments présentés sont issus aussi bien de la psychologie cognitive (voir Solomon et Barsalou, 2001, 2004 ; Wu et Barsalou, en révision ; Myung, 2006 ; Craighero et al., 1998 ; Tucker et Ellis, 1998, 2004 ; Zwaan et al. 2002, etc.) que des neurosciences (Martin et al., 1995 ; Tyler et al., 2003 ; Lewis, 2005 ; James, 2006, etc.) ou encore de la neuropsychologie (Tranel et al. 1997 ; Buxbaum et al., 2002 ; Servos et Goodale, 1995). L'ensemble de ces travaux amène à conclure sur le caractère multimodal des connaissances. En effet, aux vues des résultats obtenus, il semblerait que, face à un stimulus ou lorsqu'on l'imagine, le participant active de façon automatique les connaissances sensorielles et motrices d'un stimulus. Ces activations

impliquent alors les mêmes aires cérébrales que celles qui sont activées en présence même de l'objet, comme si le participant simulait la présence de l'objet.

Le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002) se situe dans cette conception système unique de la mémoire. Ce modèle, qui est à la base de notre étude, postule que les connaissances sont des traces épisodiques, multidimensionnelles et distribuées. Épisodiques dans le sens où elles sont le reflet du contenu de nos expériences passées. On ne peut nier cependant l'existence de connaissances dites sémantiques. Comment les envisager dans notre conception système-unique où toute connaissance est purement épisodique ? Dans ce cadre là, les connaissances sémantiques émergent de la réactivation d'un grand nombre de traces épisodiques alors que l'activation d'un petit nombre de traces correspondrait à des connaissances de type « souvenir ». Multidimensionnelles car les dimensions codées seraient à la fois sensorielles, motrices mais aussi émotionnelles. Enfin distribuées, car ces traces ne sont pas localisées mais distribuées sur un ensemble de composants. C'est l'ensemble du cerveau qui serait mis en jeu dans les activités de mémoire (encodage, stockage et récupération).

Les résultats de nos travaux confortent clairement ce modèle et sa conception d'une mémoire unique avec des connaissances perceptives. Il est en effet de plus en plus difficile de concevoir la mémoire comme une entité distincte et indépendante des autres processus comme la perception ou l'action.

Ainsi les traces seraient constituées de dimensions sensorielles, motrices et émotionnelles. Il semble nécessaire que ces différentes dimensions activées puissent s'intégrer afin de constituer une trace unifiée et cohérente. Notre étude montre également qu'il existe bien un processus d'intégration qui, malgré ce que montrent certains travaux en perception (Giard et Peronnet, 1999 ; Molholm *et al.*, 2002), n'est pas si précoce. Nous pensons que, de façon très précoce, interviennent des interactions entre les dimensions. Ces interactions sont certainement dues, comme l'ont montré Falchier *et al.* (2002) ou Rockland et Ojima (2001) chez le singe, à des connexions directes entre les différentes aires sensorielles. Au niveau de ces interactions, les dimensions activées sont encore indépendantes, elles ne seront intégrées que plus tardivement et formeront alors une unité. Nous pouvons, également, faire l'hypothèse que, parallèlement aux différents niveaux d'intégration, correspondent différents niveaux de connaissance. En effet, l'activation des dimensions élémentaires est suivie d'une intégration de plus en plus poussée qui permet un accès à des connaissances de plus en plus élaborées et complexes.

Enfin, nous pouvons noter le rôle important de la mémoire de travail. Dans notre conception, celle-ci aurait pour fonction de synchroniser les différentes activations élémentaires afin que puisse s'opérer le processus d'intégration, qui, comme nous l'avons vu, est nécessaire à la construction d'une connaissance élaborée et cohérente.

Perspectives

La perspective directe à l'issue de ces travaux de thèse porte sur l'étude détaillée des mécanismes d'intégration et plus précisément sur la dynamique de ces mécanismes. En effet, même si nos travaux ont clairement mis en évidence ce phénomène d'intégration, il serait maintenant intéressant de se pencher sur la chronologie de ce processus : à partir de quand se met en place une interaction entre les dimensions activées ? Combien de temps, après ce premier processus d'interaction, l'intégration a-t-elle lieu ? Existe-t-il différents niveaux d'intégration ? Pour répondre à cette dernière question, nous pourrions supposer que l'intégration se met en place dans un premier temps entre les dimensions sensorielles pour s'intégrer ensuite aux autres dimensions motrices ou émotionnelles.

Toujours concernant ce mécanisme d'intégration, il faudrait, dans un premier temps, identifier l'ensemble des facteurs qui influencent cette intégration et, dans un deuxième temps, étudier précisément ceux qui vont faciliter cette intégration, par exemple l'émotion comme l'ont déjà montré Nevers, Augé et Versace (2001) et Versace et Rose (2007).

La deuxième perspective découle des limites constatées d'une approche comportementale. En effet, même si notre étude a permis de mettre clairement en évidence l'activation des dimensions sensorielles et motrices et leur intégration, il convient de souligner les difficultés rencontrées pour montrer le caractère sensoriel et moteur des traces. L'utilisation de techniques utilisées notamment en neurosciences, telle que l'imagerie cérébrale, serait un complément à priori très utile pour étudier ces mécanismes.

Concernant les simulations, citons les travaux de Damas, Mille et Versace (2002) qui ont pu simuler avec une modélisation mathématique dérivée du modèle Minerva 2 de Hintzman (1986) les résultats obtenus lors d'expériences comportementales. Dans leur modélisation, les auteurs ont essayé de rendre compte du caractère distribué des traces mnésiques, ce qui n'était pas le cas dans le modèle original d'Hintzman.

Il faut citer également les travaux de Ans et Rousset (1997, 2000) qui, avec une modélisation à double réseaux neuronaux, réussissent à éviter *l'oubli catastrophique* (un des défauts majeurs des algorithmes développés pour simuler les procédures d'apprentissage) tout en préservant la nature distribuée des connaissances.

C'est pourquoi, avec ces avancées importantes dans le domaine de la simulation, la dernière perspective importante de la présente étude serait de modéliser par réseaux neuronaux le modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002). Ce type de modélisation permettrait notamment de mieux rendre compte de l'impact des différentes dimensions constitutives des traces, de leurs activations, de leurs intégrations, et permettrait ainsi plus globalement de mieux comprendre comment sont constituées et organisées les traces mnésiques et comment les connaissances émergent de la dynamique d'activations et d'intégration de réseaux neuronaux.

Références bibliographiques

- Abbruzze, G., Assini, A., Buccolieri, A., Marchese, R., & Trompetto, C. (1999). Changes of intracortical inhibition during motor imagery in human subjects. *Neuroscience Letters*, 263, 113-116.
- Anderson, J. R. (1976). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. Washington, DC : Winston.
- Ans, B., & Rousset, S. (1997). Avoiding catastrophic forgetting by coupling two reverberating neural networks. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 320, 989-997.
- Ans, B., & Rousset, S. (2000). Neural networks with a self-refreshing memory: knowledge transfer in sequential learning tasks without catastrophic forgetting. *Connection Science*, 12, 1-19.
- Bacon-Macé, N., Macé, M. J.-M., Fabre-Thorpe, M., & Thorpe, S. J. (2005). The time course of visual processing : Backward masking and natural scene categorisation. *Vision research*, 45, 1459-1469.
- Banati, R.B., Goerres, G.W., Tjoa, C., Aggleton, J.P. and Grasby, P. (2000). The

- functional anatomy of visual-tactile integration in man: a study using positron emission tomography. *Neuropsychologia*, 38,115-124.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and brain sciences*, 22, 577-609.
- Barsalou, L. W. (2003). Abstraction in perceptual symbol systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 358, 1177-1187.
- Barsalou, L.W. (2005). Abstraction as dynamic interpretation in perceptual symbol systems . In L. Gershkoff-Stowe & D. Rakison (Eds.), *Building object categories* (389-431). Carnegie Symposium Series. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Barsalou, L.W., Pecher, D., Zeelenberg, R., Simmons, W.K., & Hamann, S.B. (2005). Multi-modal simulation in conceptual processing. In W. Ahn, R. Goldstone, B. Love, A. Markman, & P. Wolff (Eds.), *Categorization inside and outside the lab: Essays in honor of Douglas L. Medin* (pp. 249-270) . Washington, DC: American Psychological Association.
- Barsalou, L.W., Simmons, W.K., Barbey, A., & Wilson, C.D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 84-91.
- Barsalou, L. W., Solomon, K. O., & Wu, L. L. (1999). *Perceptual simulation in conceptual task*. In M. K. Hiraga, C. Sinha, & S. Wilcox (Eds.), *Cultural, typological, and psychological perspectives in cognitive linguistics: The proceedings of the 4th conference of the International Cognitive Linguistics Association*, 3 (pp. 209-228). Amsterdam: John Benjamins.
- Beauchamp, M. S. (2005). See me, hear me, touch me: multisensory integration in lateral occipital-temporal cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 145-153.
- Beisteiner, R., Höllinger, P., Lindinger, G., Lang, W., & Berthoz, A. (1995). Mental representations of movements. Brain potentials associated with imagination of hand movements. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology / Evoked Potentials Section*, 96(2), 183-193.
- Bisiach, E. & Luzzati, C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, 14, 129-133.
- Borghi, A. M. (2004). Object concepts and action : extracting affordances from objects parts. *Acta psychologica*, 115, 69-96.
- Buccino, G., Riggio, L., Melli, G., Binkofski, F., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2005). Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system : a combined TMS and behavioral study. *Cognitive brain research*, 24(3), 355-63.
- Buxbaum, L. J., & Saffran, E. M. (2002). Knowledge of object manipulation and object function: dissociations in apraxic and nonapraxic subjects. *Brain and Language*, 82(2), 179-199.
- Calvert, G. A. (2001). Crossmodal processing in the human brain : Insights from functional neuroimaging studies. *Cerebral cortex*, 11(12), 1110-1123.
- Caramazza, A., & Shelton, J. R. (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: the animate-inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 1-34.
- Castiello, U., Lusher, D., Mari, M., Edwards, M. G., & Humphreys, G. W. (2002).

- Observing a human or a robotic hand grasping an object: Differential motor priming effects. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.). *Attention and performance XIX.*, pp 314-334. MIT press
- Chao, L. L., Haxby, J. V., & Martin, A. (1999). Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects. *Nature neuroscience*, 2(10), 913-919.
- Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *NeuroImage*, 12, 478-484.
- Chiu, C.-Y. P. (2000). Specificity of auditory implicit and explicit memory : is perceptual priming for environmental sounds exemplar specific ? *Memory and cognition*, 28(7), 1126-1139.
- Cohen, J., McWhinney, B., Flatt, M. & Provost, J. (1993). PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavioural Research Methods, Instruments and Computers*, 25, 257-271.
- 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.
- Conrad, C. E. H. (1972). Cognitive economy in semantic memory. *Journal of experimental psychology*, 92, 149-152.
- 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.
- Craighero, L., Bello, A., Fadiga, L., & Rizzolatti, G. (2002). Hand action preparation influences the responses to hand pictures. *Neuropsychologia*, 10, 492-502.
- Craighero, L., Fadiga, L., Rizzolatti, G. & Umiltà, C. (1998). Visuomotor priming. *Visual cognition*, 5, 109-125.
- Craighero, L., Fadiga, L., Rizzolatti, G., & Umiltà, C. (1999). Action for perception : a motor-visual attentional effect. *Journal of experimental psychology : human perception and performance*, 25(6), 1673-1692.
- Damas, L., Mille, A., Versace, R. (2002). *Prendre en compte les comportements cognitifs des apprenants dans la conception de systèmes d'assistance à l'apprentissage*. In Frasson C., Pécuchet J.-P. (Ed.), "Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie". Villeurbanne : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 111-117.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: A systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, 33, 25-62.
- Decety, J., Jeannerod, M., Germain, M., & Pastène, J. (1991). Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. *Behavioral Brain Research*, 42, 1-5.
- Decety, J., Jeannerod, M., & Prablanc, C. (1989). The timing of mentally represented actions. *Behavioral Brain Research*, 34, 35-42.

- Decety, J., & Michel, F. (1989). Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. *Brain Cognition*, 11, 87-97.
- Decety, J., Perani, D., Jeannerod, M., Bettinardi, V., Tadary, B., Mazziotta, J. C., Woods, R., & Fazio, F. (1994). Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature*, 371, 600-602.
- Decety, J., Philippon, B., & Ingvar, D. H. (1988). rCBF landscapes during motor performance and motor ideation of a graphic gesture. *European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences*, 238, 33-38.
- Denis, M., & Cocude, M. (1989). Scanning visual images generated from verbal descriptions. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 293-307.
- Derbyshire, N., Ellis, R., & Tucker, M. (2006). The potentiation of two components of the reach-to-grasp action during object categorisation in visual memory. *Acta Psychologica*, 122, 74-98.
- Dubose, C., Cardello, A., & Maller, O. (1980). Effects of colorants and flavorants on identification, perceived flavor intensity, and hedonic quality of fruit-flavored beverages and cake. *Journal of Food Science*, 45, 1393-1418.
- Edelman, G. M. (1992). *Biologie de la conscience*. Paris : Odile Jacob.
- Edwards, M. G., Humphreys, G. W., & Castiello, U. (2003). Motor facilitation following action observation : a behavioural study in prehensile action. *Brain and cognition*, 53(3), 495-502.
- Ellis, R. & Tucker, M. (2000). Micro-affordance : the potentiation of components of action by seen objects. *British journal of psychology*, 91, 451-471.
- Estes, W. K. (1986a). Array models for category learning. *Cognitive psychology*, 18, 500-549.
- Estes, W. K. (1986b). Memory storage and retrieval processes in category learning. *Journal of Experimental Psychology : General*, 115, 155-174.
- Estes, W. K. (1991). Cognitive architecture from the standpoint of an experimental psychologist. *Annual Review of Psychology*, 42, 1-28.
- Estes, W. K. (1994). *Classification and cognition*. New-York : Oxhord University Press.
- Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Pavesi, G. (1999). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery : a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*, 37, 147-158.
- Falchier, A., Clavagnier, S, Barone, P., & Kennedy, H. (2002). Anatomical Evidence of Multimodal Integration in Primate Striate Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 22 (13), 5749-5759.
- Farah, M. J., Soso, M. J. & Dasheiff, R. M. (1992). Visual angle of the mind's eye before and after unilateral occipital lobectomy. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 18(1), 241-246.
- Felleman, D. J., & Van Essen, D. C. (1991). Distributed hierarchical processing in primate cerebral cortex. *Cerebral Cortex*, 1, 1-47.
- Foxe, J. J., Morocz, I. A., Murray, M. M., Higgins, B. A., Javitt, D. C., & Schroeder, C. E. (2000). Multisensory auditory-somatosensory interactions in early cortical processing

- revealed by high-density electrical mapping. *Cognitive Brain Research*, 10, 77-83.
- Foxe, J. J., & Schroeder, C., E. (2005). The case for feedforward multisensory convergence during early cortical processing. *Neuroreport*, 16(5), 419-423.
- Foxe, J. J., & Simpson, G. V. (2002). Flow of activation from V1 to frontal cortex in humans: A framework for defining "early" visual processing. *Experimental Brain Research*, 142, 139-150.
- Frak, V., Paulignan, Y., & Jeannerod, M. (2001). Orientation of the opposition axis in mentally simulated grasping. *Experimental Brain Research*, 136, 120-127.
- Fu, K.M. G., Johnston, T. A., Shah, A. S., Arnold, L., Smiley, J., Hackett, T. A., Garraghty, P. E., & Schroeder, C. E. (2003). Auditory Cortical Neurons Respond to Somatosensory Stimulation. *The Journal of Neuroscience*, 23 (20), 7510-7515.
- Gentilucci, M., Benuzzi, F., Bertolani, L., Daprati, E. & Gangitano, M. (2000). Recognising a hand by grasp. *Cognitive Brain Research*, 9, 125-135.
- Giard, M. H. & Peronnet, F. (1999). Auditory-visual integration during multimodal object recognition in humans : a behavioral and electrophysiological study. *Journal of cognitive neuroscience*, 11(5), 473-490.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. New York: Houghton Mifflin.
- Gil-da-Costa, R., Braun, A., Lopes, M., Hauser, M. D., Carson, R. E., Herscovitch, P., & Martin, A. (2004). Toward an evolutionary perspective on conceptual representation : Species-specific calls activate visual and affective processing systems in the macaque. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(50), 17516-17521.
- Glenberg A. M. (1997). What memory is for? *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 1-55.
- Glenberg, A., & Kaschak, M. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (3), 558-565.
- Goldinger, S. D. (1996). Words and voices: episodic traces in spoken word identification and recognition memory. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(5), 1166-1183.
- Graf, P., & Ryan, L. (1990). Transfer-Appropriate processing for implicit and explicit memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 978-992.
- Grafton, S. T., Arbib, M. A., Fadiga, L., & Rizzolatti, G. (1996). Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. 2. Observation compared with imagination. *Experimental Brain Research*, 112(1), 103-111.
- 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.
- Grèzes, J., & Decety, J. (2002). Does visual perception of object afford action ? Evidence from a neuroimaging study. *Neuropsychologia*, 40, 212-222.
- Grossberg, S. (1976). Adaptive pattern classification and universal recoding, II : Feedback, expectation, olfaction, and illusion. *Biological Cybernetics*, 23, 185-202.
- Hadjikhani, N., & Roland, P. E. (1998). Cross-modal transfer of information between the

- tactile and the visual representations in the human brain : A positron emission tomographic study. *The Journal of neuroscience*, 18(3), 1072-1084.
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 41, 301-307.
- Helbig, H. B., Graf, M., & Kiefer, M. (2006). The role of action representations in visual object recognition. *Experimental Brain Research*, 174, 221-228.
- Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 16(2), 96-101.
- Hintzman, D. L. (1986). « Schema abstraction » in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93, 411-428.
- Hintzman, D. L. (1987). Recognition and recall in MINERVA 2: Analysis of the « recognition-failure » paradigm. In P. Morris (Ed.), *Modelling cognition* (pp. 215-229). Toronto: John Wiley & Sons Ltd.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 95(4), 528-551.
- Hintzman, D. L., & Ludlam, G. (1980) Differential forgetting of prototypes and old instances : simulation by an exemplar-based classification model. *Memory and Cognition*, 8(4), 378-382.
- Hirshman, E., & Mulligan, N. W. (1991) Perceptual interference improves explicit memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 507-513.
- Hoffmann, J. (1982). Representation of concepts and classification of objects. In *Cognitive Research in Psychology* (pp. 72-89), F. Klix, J. Hoffmann, & E. Van Der Meer (Eds.). Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- Höllinger, P., Beisteiner, R., Lang, W., Lindinger, G., & Berthoz, A. (1999). Mental representations of movements. Brain potentials associated with imagination of eye movements. *Clinical neurophysiology*, 110, 799-805.
- Hommel, B. (2002). Responding to object files: Automatic integration of spatial information revealed by stimulus–response compatibility effects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 567–580.
- Huang, L., Holcombe, A. O., & Pashler, H. (2004). Repetition priming in visual search : episodic retrieval, not feature priming. *Memory and Cognition*, 32(1), 12-20.
- Intons-Peterson M. J. (1983). Imagery paradigm : how vulnerable are they to experimenters' expectations ? *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 9(3), 394-412.
- Jacoby, L. L. (1983). Perceptual enhancement: Persistent effects of an experience. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, 21-38.
- Jacoby, L. L., & Hayman, C. A. G. (1987). Specific visual transfer in word identification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 456-463.
- James, T. W., & Gauthier, I. (2006). Letter processing automatically recruits a sensory-motor brain network. *Neuropsychologia*, 44(14), 2937-2949.
- Jeannerod, M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 33(11),

1419-1432.

- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action: A unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*, 14, 103-109.
- Jeannerod, M., & Decety, J. (1995). Mental motor imagery : a window into the representational stages of action. *Current opinion in neurobiology*, 5(7), 727-732.
- Jeannerod, M., & Frak, V. (1999). Mental imaging of motor activity in humans. *Current opinion in neurobiology*, 9, 735-739.
- Johnson, S. H., Rotte, M., Graton, S. T., Hinrichs, H., Gazzaniga, M. S., & Heinze, M.-J. (2002). Selective activation of a parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *NeuroImage*, 17(4), 1693-1704.
- Kan, I. P., Barsalou, L. W., Solomon, K. O., Minor, J. K., & Thompson-Schill, S. L. (2003). Role of mental imagery in a property verification task : fMRI evidence for perceptual representations of conceptual knowledge. *Cognitive neuropsychology*, 20(3/4/5/6), 525-540.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M., Blanchard, A. A. & Zwaan, R. A. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, 94, B79-B89.
- Kaschak, M. P., Zwaan, R. A., Aveyard, M., & Yaxley, R. H. (2006). Perception of Auditory Motion Affects Language Processing. *Cognitive Science*, 30(4), 733-744.
- Kayser, C., Petkov, C. I., Augath, M., & Logothetis, N. K. (2005). Integration of touch and sound in auditory cortex. *Neuron*, 48, 373-384.
- Kintsch, W. (1974). *The Representation of Meaning in Memory*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Kosslyn, S. M. (1976). Can imagery be distinguished from other forms of internal representation? Evidence from studies of information retrieval times. *Memory and Cognition*, 4, 291-297.
- Kosslyn, S. M., Ball, T. M., & Reiser, B. (1978). Visual images preserve metric spatial information: Evidence from studies of image scanning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(1), 47-60.
- Kraut, M. A., Moo, L. R., Segal, J. B., & Hart, J. (2002). Neural activation during on explicit categorization task : category- or feature-specific effects ? *Cognitive brain research*, 13, 213-220.
- Lang, W., Petit, L., Höllinger, P., Pietrzyk, U., Tzourio, N., Mazoyer, B., & Berthoz, A. (1994). A positron emission tomography study of oculomotor imagery. *Neuroreport*, 5(8), 921-924.
- Lewis, J. W., Brefczynski, J. A., Phinney, R. E., Janik, J. J., & DeYoe, E. A. (2005). Distinct cortical pathways for processing tool versus animal sounds. *The journal of neuroscience*, 25(21), 5148-5158.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Logan, G. D. (1991). Automaticity and memory. In W. E. Hockley, & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating theory and data : Essays on human memory in honor of Bennet B. Murdock*. (pp. 347-366). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Longcamp, M., Anton, J. L., Roth, M., & Velay, J. L. (2003). Visual presentation of single

- letters activates a premotor area involved in writing. *NeuroImage*, 19, 1492-1500.
- Macaluso, E., & Driver, J. (2005). Multisensory spatial interactions : a window onto functional integration in the human brain. *Trends in Neurosciences*, 28(5), 264-271.
- Martin, A., Haxby, J. V., Lalonde, F. M., Wiggs, C. L., & Ungerleider, L. G. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*, 270, 102-105.
- Martin, A., Wiggs, C. L., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1996). Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 379, 649-652.
- Massaro, D. W., & Stork, D. G. (1998). Speech recognition and sensory integration. *American Scientist*, 86(3), 236-244.
- Masson, M. E. J. (1995). A distributed memory model of semantic priming. *Journal of experimental psychology : learning, memory, and cognition*, 21(1), 3-23.
- Matsumura, M., Muroi, M., Sadato, N., Nakamura, S., Waki, A., Yonekura, Y., Naito, E., Matsunami, K., & Kawashima, R. (1997). Behavioral and PET analysis of skilled motor learning during ball-rotation task. *Neuroscience Research*, 28(1), S190.
- McClelland, J. L. & Rumelhart, D. E. (1986). A distributed model of human learning and memory. In J. L. McClelland, D. E. Rumelhart & the PDP Research Group (Eds.), *Parallel Distributed Processing* (pp. 170-215). Cambridge, MA: MIT Press.
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746-748.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207-238.
- Metcalfe Eich, J. (1982). A composite holographic associative recall model. *Psychological Review*, 89, 627-661.
- Metcalfe Eich, J. (1991). Recognition failure and the composite memory trace in CHARM. *Psychological Review*, 98, 529-553.
- 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.
- Molholm, S., Ritter, W., Murray, M. M., Javitt, D. C., Schroeder, C. E., & Foxe, J. J. (2002). Multisensory auditory-visual interactions during early sensory processing in humans: a high-density electrical mapping study. *Cognitive Brain Research*, 14, 115-128.
- Morrot, G., Brochet, F., & Dubourdieu, D. (2001). The color of odors. *Brain Language*, 79(2), 309-320.
- Murdock, B. B. Jr. (1982). A theory for the storage and retrieval of item and associative information. *Psychological Review*, 89, 609-626.
- Murdock, B. B. Jr. (1983). A distributed memory for serial order information. *Psychological Review*, 90, 316-338.
- Murray, M. M., Molholm, S., Michel, C. M., Heslenfeld, D. J., Ritter, W., Javitt, D. C., Schroeder, C. E., & Foxe, J. J. (2005). Grabbing Your Ear: Rapid Auditory-Somatosensory Multisensory Interactions in Low-level Sensory Cortices Are Not Constrained by Stimulus Alignment. *Cerebral Cortex*, 15, 963-974.

- Myung, J.-Y., Blumstein, S. E., & Sedivy, J. C. (2006). Playing on the typewriter, typing on the piano : manipulation knowledge of objects. *Cognition*, 98, 223-243.
- Nairne, J. S. (1988). The mnemonic value of perceptual identification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 244-255.
- Nevers, B., Augé, A., & Versace, R. (2001). Integration in long term memory and role of emotion. *Communication orale à IIIe conférence internationale sur la mémoire*, Valence, Espagne.
- Norman D. A., & Rumelhart D. E. (1975). *Exploration in cognition*. San Francisco: Freeman
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 39-57.
- Nosofsky, R. M. (1988). Similarity, frequency, and category representations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 54-65.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness : The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- O'Regan, J. K., & Noë, A. (2001) A sensorimotor account of vision and visual consciousness, *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 939-1010.
- Papaxanthis C., Pozzo, T., Skoura, X., & Schieppati, M. (2002). Does order and timing in performance of imagined and actual movements affect the motor imagery process? The duration of walking and writing task. *Behavioural Brain Research*, 134(1-2), 92-101.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2003). Verifying properties from different modalities for concepts produces switching costs. *Psychological Science*, 14, 119-124.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2004). Sensorimotor simulations underlie conceptual representations : Modality-specific effects of prior activation. *Psychonomic Bulletin and Review*, 11(1), 164-167.
- Pourtois, G., Debatisse, D., Despland, P. A., & de Gelder, B. (2002). Facial expressions modulate the time course of long latency auditory brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 14(1), 99-105.
- Posner, M.I., & Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353-363.
- Posner, M.I., & Keele, S. W. (1970). Time and space as measures of mental operations. Paper presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association.
- Pulvermüller, F., Hauk, O., Nikolin, V. V., & Ilmoniemi, R. J. (2005). Functional links between language and motor systems. *European Journal of Neuroscience*, 21, 793-797.
- Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate : analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88, 16-45.
- Rockland, K. S., & Ojima, H. (2001). Calcarine area V1 as a multimodal convergence area. *Society of Neuroscience Abstract*, 27, 511-520.
- Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal

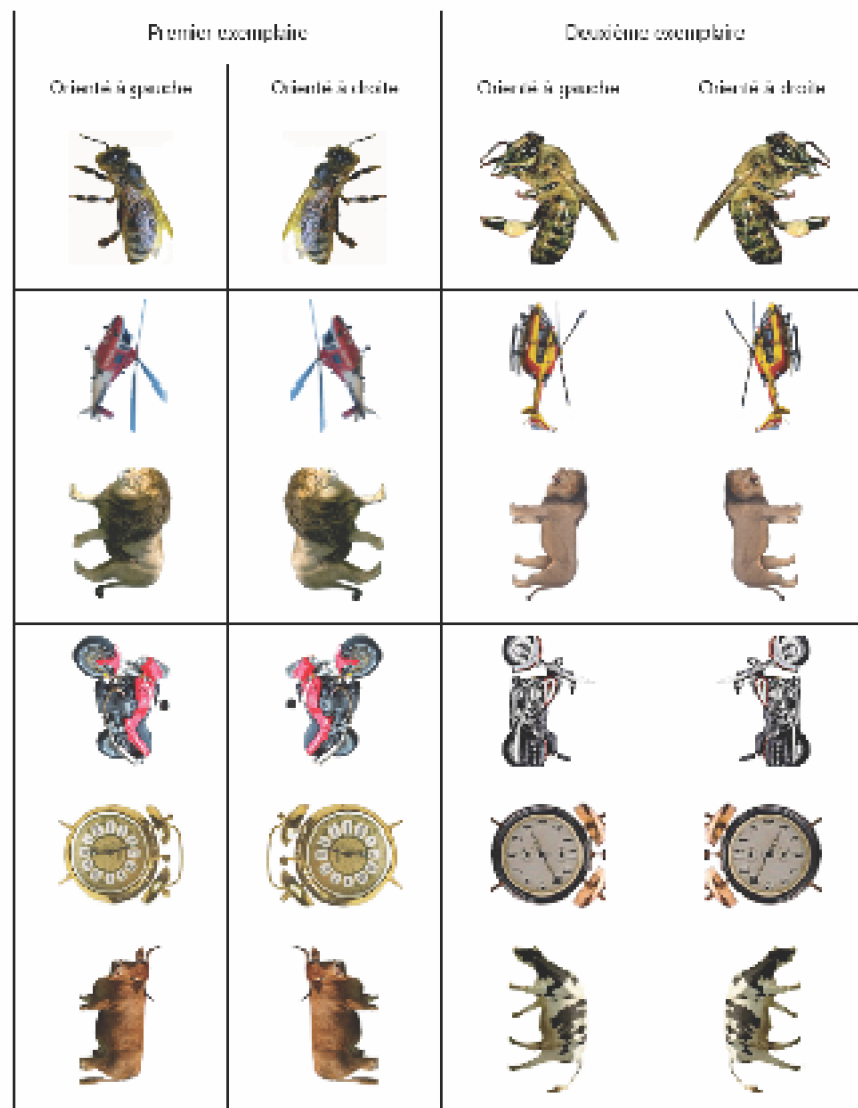
- structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Rösler, F., Heil, M., & Hennighausen, E. (1995). Distinct cortical activation patterns during long-term memory retrieval of verbal, spatial, and color information. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 51-65.
- Rousset, S. (2000). Les conceptions « système unique » de la mémoire : Aspects théoriques. *Revue de Neuropsychologie*, 10(1), 30-56.
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2002). Is an ant larger than a lion ?. *Acta psychologica*, 111, 141-154.
- Schroeder, C. E., & Foxe, J. J. (2002). The timing and laminar profile of converging inputs to multisensory areas of the macaque neocortex. *Cognitive Brain Research*, 14, 187-198.
- Schroeder, C. E., & Foxe, J. (2005). Multisensory contributions to low-level, "unisensory" processing. *Neurobiology*, 15, 454-458.
- Schroeder, C. E., Lindsley, R. W., Specht, C., Marcovici, A., Smiley, J. F., & Javitt, D. C. (2001). Somatosensory Input to Auditory Association Cortex in the Macaque Monkey. *Journal Neurophysiology*, 85, 1322-1327.
- Schroeder, C. E., Smiley, J., Fu, K. G., McGinnis, T., O'Connell, M. N., & Hackett, T. A. (2003). Anatomical mechanisms and functional implications of multisensory convergence in early cortical processing. *International Journal Psychophysiology*, 50, 5-17.
- Schröger, E., & Widmann, A. (1998). Speeded responses to audiovisual signal changes result from bimodal integration. *Psychophysiology*, 35, 755-759.
- Servos, P., & Goodale, M. (1995). Preserved visual imagery in visual form agnosia. *Neuropsychologia*, 33, 1383-1394.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2000). What you see is what you hear. *Nature*, 408, 788.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research*, 14, 147-152.
- Sheppard, R. N. & Feng, C. (1972). A chronometric study of mental paper folding. *Cognitive Psychology*, 3, 228-243.
- Simmons, W. K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2000). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex*, 15, 1602-1608.
- Simmons, W. K., Pecher, D., Hamann, S. B., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2003). fMRI evidence for modality-specific processing of conceptual knowledge on six modalities. *Meeting of the Society for Cognitive Neuroscience*, New-York, March 2003.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioural and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(4), 207-221.
- Smith, E. E. (1978). Theory of semantic memory. In: W.K. Estes, ed., *Handbook of Learning and Cognitive Processes* vol. 6, (Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ), 1-56.
- Smith E. E., Shoben, E., & Rips, L. U. (1974). Structure and process in semantic

- memory: A feature model for semantic decision. *Psychological Review*, 81, 214-241.
- Solomon, K.O. (1997). *The spontaneous use of perceptual representations during conceptual processing*. Doctoral dissertation. University of Chicago.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2001). Representing properties locally. *Cognitive Psychology*, 43, 129-169.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2004). Perceptual simulation in property verification. *Memory and cognition*, 32, 244-259.
- Spence, C., Nicholls, M. E. R., & Driver, J. (2000). The cost of expecting events in the wrong sensory modality. *Perception & Psychophysics*, 63, 330-336.
- Stippich, C., Ochmann, H., & Sartor, K. (2002). Somatotopic mapping of the human primary sensorimotor cortex during motor imagery and motor execution by functional magnetic resonance imaging. *Neuroscience letters*, 331, 50-54.
- Stoet, G., & Hommel, B. (1999). Action Planning and the Temporal Binding of Response Codes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 1625-1640.
- Stoet, G., & Hommel, B. (2002). Interaction between feature binding in perception and action. In W. Prinz & B. Hommel (Eds.). *Common mechanisms in perception and action: Attention and Performance*, Vol. XIX (pp. 5538-5552). Oxford: Oxford University Press.
- Stuart, G.P., & Jones, D. M. (1996). From auditory image to auditory percept : facilitation through common processes ? *Memory and Cognition*, 24(3), 296-304.
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., Fazio, F., Rizzolatti, G., Cappa, S. F., & Perani, D. (2005). Listening to action related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 273-281.
- Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1997). A neural basis for the retrieval of conceptual knowledge. *Neuropsychologia*, 35, 1319-1327.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology : Human perception and Performance*, 24(3), 830-846.
- Tucker, M., & Ellis, R. (2004). Action priming by briefly presented objects. *Acta psychologica*, 116, 185-203.
- Turnbull, O. H., & Laws, K. R. (2000). Loss of stored knowledge of object structure: Implications for "Category-specific" deficits. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 365-389.
- Turvey, M. T. (1973). On peripheral and central processes in vision: Inferences from an information processing analysis of masking with patterned stimuli. *Psychological Review*, 80, 1-73.
- Tyler, L. K., Stamatakis, E. A., Dick, E., Bright, P., Fletcher, P., & Moss, H. (2003). Objects and their actions: evidence for a neurally distributed semantic system. *NeuroImage*, 18, 542-557.



















- Ungerleider, L. G. (1995). Functional brain imaging studies of cortical mechanisms for memory. *Science*, 270, 769-775.
- Van den Bergh, O., Vrana, S., & Eelen, P. (1990). Letters from the heart : affective categorization of letter combinations in typists and nontypists. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 16(6), 1153-1161.
- Versace, R., Nevers, B., & Padovan, C. (2002). *La mémoire dans tous ses états*. Marseille : Solal.
- Versace, R., & Rose, M. (2007). The role of emotion in multimodal integration, *Current Psychology Letters, Behaviour, Brain & Cognition*, 21,
- Wang, Y., & Morgan, W. P. (1992). The effect of imagery perspectives on the psychophysiological responses to imagined exercise. *Behavioral Brain Research*, 52, 167-174.
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. (1983). Category specific access dysphasia. *Brain*, 106, 859-878.
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). The selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Brain*, 92, 885-896.
- Wheeler, M. E., Petersen, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo : vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(20), 11125-11129.
- Whittlesea, B. W. A. (1987). Preservation of specific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of experimental psychology : learning, memory, and cognition*, 13(1), 3-17.
- Whittlesea, B. W. A. (1989). Selective attention, variable processing, and distributed representation: preserving particular experiences of general structures. In R.G.M. Morris (Ed.), *Parallel distributed processing: implications for psychology and neurobiology*, Oxford, England: University Press.
- Wohlschläger, A & Wohlschläger, A (1998). Mental and manual rotation. *Journal of Experimental Psychology : Human perception and Performance*, 24, 397-412.
- Wu, L., & Barsalou, L. W. (en révision). Perceptual simulation in property generation.
- Zwaan, R. A., Madden, C. J., Yaxley, R. H. & Aveyard, M. E. (2004). Moving words: dynamic representations in language comprehension. *Cognitive Science*, 28, 611-619.
- Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, 13(2), 168-171.

Annexes

Annexe 1 : Exemples de stimuli des expériences utilisant un paradigme d'amorçage à court terme intersensoriel



Annexe 2 : Exemples de stimuli utilisés dans les expériences 1 et 2 en paradigme d'amorçage à court terme moteur (les stimuli impliquant 2 mains ne sont utilisés que dans l'expérience 1)

Objet impliquant aucune main	Objet impliquant 1 main	Objet impliquant 2 mains
 	 	 
		
		
 	 	 

Annexe 3 : Exemples de stimuli utilisés dans les expériences 3 et 4 en amorçage à court terme moteur

Cible	Amorçage			
	Même geste même sémantique	Même geste sémantique différent	Geste différent même sémantique	Geste différent sémantique différent
				
				
				
				

Annexe 4 : Exemples de stimuli des expériences utilisant un paradigme d’amorçage à long terme intersensoriel

