

Université de Montréal

**Substrats neuronaux du traitement sémantique des
concepts concrets et abstraits :
Apports de la neuropsychologie par l'étude de patients ayant
subi une lobectomie temporale gauche ou droite**

par

Magalie Loïselle

Département de psychologie
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Ph.D.
en psychologie, recherche et intervention
option neuropsychologie clinique

juillet 2011

© Magalie Loïselle, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Cette thèse intitulée :

Substrats neuronaux du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits :
Apports de la neuropsychologie par l'étude de patients ayant subi une
lobectomie temporale gauche ou droite

Présentée par :
Magalie Loïselle

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Michelle Mckerral, présidente-rapporteuse
Sven Joubert, directeur de recherche
Franco Lepore, co-directeur
Bernadette Ska, membre du jury
Laura Monetta, examinateur externe
Gonia Jarema Arvanitakis, représentant du doyen de la FES

Résumé

La recherche dans le domaine de la mémoire sémantique a permis de documenter l'effet de concrétude (avantage pour les mots concrets relativement aux mots abstraits), et plus récemment, l'effet de concrétude inverse (avantage pour les mots abstraits relativement aux mots concrets). Ces effets, observés chez le sujet sain et dans différentes populations cliniques en neurologie, ont suscité de nombreuses interprétations théoriques, autant sur le plan cognitif que neuroanatomique. En effet, cette double dissociation entre les deux types de concepts suggère que leur traitement doit reposer au moins en partie sur des processus mentaux et neuroanatomiques distincts. Néanmoins, les origines de ces différences restent largement débattues et sont caractérisées par une absence notable de consensus.

L'objectif principal de la présente thèse est d'explorer les substrats cérébraux soutenant la compréhension des concepts concrets et abstraits. Dans un premier temps, un article de revue de la littérature dresse un état des lieux des connaissances actuelles portant sur le traitement sémantique des mots concrets et abstraits ainsi que sur leurs fondements cérébraux. Cet article met une emphase particulière sur les différences inter-hémisphériques dans le traitement des mots concrets et abstraits (Article 1). Dans un deuxième temps, une étude expérimentale de la compréhension des mots concrets et abstraits a été réalisée auprès de populations cliniques rares, des patients ayant subi soit i) une résection unilatérale de la partie antérieure du lobe temporal (temporo-polaire), soit ii) une résection unilatérale de la région hippocampique (temporale interne) (Article 2).

Le premier article fait ressortir la grande hétérogénéité des résultats dans le domaine, et suggère que les différences observées dans le traitement des mots concrets et abstraits peuvent difficilement être interprétées seulement en termes de différences inter-hémisphériques. Les résultats du second article indiquent qu'une lésion de la région temporale antérieure gauche ou droite entraîne une atteinte plus marquée des concepts concrets comparativement aux abstraits, alors qu'une lésion unilatérale des régions temporales internes affecte de manière équivalente le traitement sémantique des deux types de concepts. Les implications théoriques et cliniques de ces résultats sont discutées, ainsi que les limites et perspectives futures.

Mots-clés : mémoire sémantique, concepts concrets, concepts abstraits, effet de concrétude inverse, lobe temporal antérieur, lobectomie temporale

Abstract

Research in the field of semantic memory has allowed to document the concreteness effect (advantage for concrete words relative to abstract words), and more recently, the reversal of the concreteness effect (advantage for abstract words relative to concrete words). These effects, observed in healthy subjects and in different clinical neurological populations, have yielded numerous theoretical interpretations, both on cognitive and on neuroanatomical levels. Indeed, this double dissociation between the two kinds of concepts suggests that their processing relies at least partly on distinct mental and neuroanatomical bases. Nevertheless, the origins of those differences remain largely debated and are marked by a notable lack of consensus.

The principal goal of the present thesis is to explore the cerebral substrates underlying the comprehension of concrete and abstract concepts. First, a literature review summarizes current knowledge about the processing of concrete and abstract concepts as well as their neural bases. This article emphasizes in particular the inter-hemispheric differences in the processing of those concepts (Article 1). Secondly, an experimental study of the comprehension of concrete and abstract concepts was conducted with a rare clinical population, patients who have undergone either i) a unilateral resection of the anterior part of the temporal lobe (temporal pole), either ii) a unilateral resection of the hippocampal region (internal temporal structures) (Article 2).

The first article highlights the important heterogeneity of the results in the field, and suggests that the observed differences in the processing of concrete and abstract concepts

can hardly be explained solely in terms of inter-hemispheric differences. Results of the second article indicate that damage to anterior temporal regions, either left or right, can cause a more pronounced deficit of concrete concepts, as compared to abstract concepts, while damage to internal temporal regions affects the semantic processing of both kinds of concepts in an equivalent way. The theoretical and clinical implications of these results are discussed, and the limits and future research perspectives are also addressed.

Keywords : semantic memory, concrete concepts, abstract concepts, reversal of the concreteness effect, anterior temporal lobe

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	iii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Listes des abréviations.....	x
Remerciements.....	xii
Chapitre 1 : Introduction.....	1
<u>1.1. Mise en contexte</u>	1
<u>1.2. Les affections neurologiques responsables des troubles de la mémoire sémantique</u> ..	3
1.2.1. La démence sémantique.....	5
1.2.2. L'encéphalite herpétique.....	6
1.2.3. L'épilepsie temporelle.....	7
<u>1.3. Les manifestations des troubles sémantiques</u>	9
1.3.1. L'effet de catégorie-spécificité sémantique.....	9
1.3.2. Les substrats cérébraux de l'effet de catégorie-spécificité sémantique.....	10
1.3.3. Les théories associées aux atteintes sémantiques catégorie-spécifiques.....	13
<u>1.4. Les troubles neuropsychologiques touchant les concepts concrets et abstraits</u>	15
1.4.1. Les modèles explicatifs de l'effet de concrétude.....	16
1.4.2. L'effet de concrétude inverse.....	19
1.4.3. Substrats neuronaux des concepts concrets et abstraits.....	21

<u>1.5. Modèles neuroanatomiques de la mémoire sémantique et du traitement des concepts concrets et abstraits</u>	23
1.5.1. L'hypothèse du <i>hub</i> sémantique amodal.....	23
1.5.2. L'hypothèse des zones de convergence	25
1.5.3. Le modèle alternatif de Gainotti	27
<u>1.6. Position du problème, objectifs et structure de la thèse</u>	29
1.6.1. Article 1 : Substrats neuroanatomiques du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits et contribution respective des hémisphères cérébraux	31
1.6.2. Article 2 : Rôle des lobes temporaux antérieurs dans le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits.....	32
Chapitre 2 : Article 1.....	33
Le traitement sémantique des concepts abstraits et concrets et ses substrats cérébraux : Une revue de la littérature.....	34
Chapitre 3: Article 2.....	77
Comprehension of concrete and abstract words in patients with selective anterior temporal lobe resection and in patients with selective hippocampo-amygdalectomy	78
Chapitre 4 : Discussion	123
<u>4.1. Retour sur les objectifs de la thèse et résultats principaux</u>	123
<u>4.2. Article 1 : Substrats neuronaux du traitement des concepts concrets et abstraits et contribution respective des hémisphères cérébraux</u>	125
4.2.1. Rappel des modèles théoriques principaux et de leurs hypothèses.....	125
4.2.2. Résumé des études expérimentales	128

4.2.3. Implications théoriques du premier article.....	129
<u>4.3. Article 2 : Impact d'une lésion unilatérale d'un lobe temporal sur le traitement de concepts concrets et abstraits</u>	130
4.3.1. Rappels des modèles théoriques et de leurs hypothèses	130
4.3.2. Rappel des objectifs et hypothèses du second article.....	132
4.3.3. Résumé et interprétation des résultats du second article.....	133
<u>4.4. Implications cliniques et théoriques de la thèse</u>	136
4.4.1. Interprétation de la théorie des structures distinctes de Crutch et Warrington	138
4.4.2. Interprétation de la vision alternative de Gainotti.....	140
<u>4.5. Limites de la thèse et perspectives futures</u>	142
4.5.1. Taille de l'échantillon	142
4.5.2. Étiologie du trouble.....	142
<u>4.6. Conclusion</u>	143
Bibliographie.....	145
Annexe	i

Liste des tableaux

Chapitre 3

Table 1. Group demographics and clinical information

Table 2. Results of the neuropsychological evaluation

Liste des figures

Chapitre 3.

Figure 1. Post-surgery MRI of a patient with ATL resection (a) and of a patient with SeAH resection (b).

Figure 2. Individual z-scores on abstract and concrete triads

Figure 3. Mean z-scores for each group on abstract and concrete triads

Listes des abréviations

Abréviations utilisées en français

- AHS : Amydalo-hippocampectomie sélective
DS : Démence sémantique
EC : Effet de concrétude
ECI : Effet de concrétude inversé
EH : Encéphalite herpétique
HC : Hémisphère cérébraux
HD : Hémisphère droit
HG : Hémisphère gauche
LTA : Lobe temporal antérieur ou groupe avec lobectomie temporale antérieure
MS : Mémoire sémantique
PR : Potentiel de reconnaissance
SFT : Théorie sensori-fonctionnelle

Abréviations utilisées en anglais

- ATL : Anterior temporal lobe or Anterior temporal lobectomy
AD: Alzheimer's disease
SeAH: Selective amygdalo-hippocampectomy
CE : Concreteness effect
LHD: Left-hemisphere-damaged
LRD: Right-hemisphere-damaged
RCE : Reversal of the concreteness effect
SD : Semantic dementia
SM : Semantic memory

À Guillaume

Remerciements

Je souhaiterais tout d'abord remercier mon superviseur de thèse, Dr Sven Joubert pour son implication assidue dans ma formation tant sur le plan de la recherche que de la clinique. Il m'a d'abord fait bénéficier de sa grande rigueur et de sa créativité scientifique, mais il m'a également transmis sa passion pour la neuropsychologie clinique. Il m'a soutenue et encouragée à travers mes doutes et mes fiertés, en se montrant à l'écoute et flexible ou plus directif et sécurisant selon mes besoins du moment. Ses grandes qualités professionnelles, mais aussi humaines ont rendu mon cheminement beaucoup plus agréable et en ont fait un guide exceptionnel.

Ce travail n'aurait pu être accompli sans l'aide de mon co-directeur, Dr Franco Lepore, et de mes collaborateurs principaux qui ont activement participé au processus de recrutement et m'ont servi de guide dans les méandres de la recherche en milieu hospitalier. Je pense d'abord au Dr Isabelle Rouleau, puis au Dr Dang Khoa Nguyen et au Dr François Dubeau. Je remercie bien sûr tous les participants à mon étude sans quoi cette thèse n'existerait pas.

Je tiens à souligner l'aide du personnel de soutien de l'IUGM et du département de psychologie. Je remercie particulièrement le service informatique (Johanne Landry, Marcello Sequeira, Dominic Beaulieu et Marc Filarétos) pour leur dévotion, leur efficacité et leur grande compréhension en situation de crise. Je remercie également Francine Giroux pour sa patience et ses judicieux conseils en analyse statistique. Je tiens aussi à remercier

Sylvie Bouchard et Maria Sanchez, ces femmes qui donnent l'impression de toujours connaître la solution à tout problème.

Ma gratitude va également à mes amis qui m'ont soutenue durant toutes ces années. Je pense d'abord à mes collègues qui sont devenus des amis chers au cours des ans, particulièrement à Anne-Laure Macé, Delphine Gandini, Lyssa Gagnon et Stéphanie Sylvain-Roy. J'ai également une chaleureuse pensée pour Francis Clément, Véronique Chassé, Élisabeth Perreau-Linck, Sylvia Villeneuve, Marie-Claude Ménard, Sara Bélanger et tant d'autres encore. Je n'oublie pas non plus le soutien de mes amis d'enfance et d'adolescence qui ont su rester présents au long de mes longues années d'étude universitaires, particulièrement celui d'Ariane Lacoursière, Paule Favreau-Lessard, Marilou Wilkie, Alexandre Guy et Normand Marcotte-Saint-Jean.

Je dois en premier cette thèse à Guillaume, mon amour, mon complice et pilier. Son amour, son support et sa compréhension inconditionnels à chaque minute de cette aventure m'ont fourni l'énergie, la confiance et le courage nécessaire à cette grande traversée. Puis finalement, je suis reconnaissante pour le soutien et l'amour de ma famille et de ma belle-famille, particulièrement à mes parents pour m'avoir transmis le plaisir du travail et du dépassement de soi.

Chapitre 1 : Introduction

1.1. Mise en contexte

La notion de mémoire sémantique (MS) fût introduite pour la première fois par Tulving en 1972. La MS est la composante de notre mémoire responsable de l'acquisition, de la représentation et du traitement de l'information conceptuelle. Elle désigne l'ensemble des connaissances générales que nous avons sur le monde et que nous partageons avec un même groupe culturel. Elle contient la signification des mots de notre lexique, les symboles, les concepts, et les règles permettant de les assembler et de les mettre en relation. De façon plus générale, la MS comprend l'ensemble des connaissances historiques, géographiques, scientifiques et culturelles que nous avons acquises tout au long de notre vie (Jeannerod, 2002). Ces connaissances constituent notre savoir et l'expérience que nous avons de son contenu est de l'ordre du « je sais ». Contrairement à la mémoire épisodique, les connaissances sémantiques sont dépourvues de contexte spatial et temporel d'acquisition (Tulving, 1972). De nombreux auteurs s'entendent à dire que ce type de mémoire se distingue, tant sur le plan cognitif que neuroanatomique, de la mémoire autobiographique et épisodique (Mishkin, Vargha-Khadem, & Gadian, 1998).

La MS englobe donc l'ensemble des savoirs qui ont été appris au cours de notre vie. Elle concerne par exemple les connaissances que nous avons sur les concepts tangibles de notre environnement, tels que les objets, les animaux ou les personnes célèbres. Ces concepts peuvent être qualifiés de *concrets*, car nous les percevons et les interprétons à travers nos sens et parce qu'ils sont imageables. En effet, la *concrétude* d'un concept est le

plus souvent déterminée par sa valeur d'imagerie. Plus il est aisé de se former une image mentale d'un concept, plus sa valeur d'imagerie est élevée et plus il est considéré comme étant concret. La mémoire sémantique concerne également les mots et concepts essentiellement linguistiques et peu imageables, que l'on peut qualifier d'*abstrait*s. Sur le continuum d'imagerie, ces concepts ont une valeur d'imagerie faible.

L'objectif de cette thèse est d'étudier les substrats cérébraux du traitement des concepts concrets et abstraits. La thèse est constituée de deux articles scientifiques. Le premier est une revue de la littérature sur les bases cérébrales du traitement des mots abstraits et concrets. Le deuxième article est une étude portant sur la compréhension des mots abstraits et concrets chez deux populations cliniques ayant subi des lésions au sein de régions spécifiques du cerveau impliquées dans la mémoire. L'objectif de cette étude était d'étudier l'impact de lésions de deux régions distinctes des lobes temporaux, la région temporale antérieure et la région hippocampo-amygdalienne. Plus précisément, nous voulions savoir si des lésions au niveau de ces régions pouvaient affecter de manière disproportionnée les concepts concrets relativement aux mots abstraits.

Dans l'introduction de cette thèse, nous présenterons dans un premier temps les différentes conditions neurologiques pouvant mener à des troubles sémantiques. Nous aborderons ensuite tout un pan de la littérature scientifique s'étant intéressé aux atteintes spécifiques de certaines catégories de concepts concrets (i.e. les effets de catégorie-spécificité sémantique), ainsi qu'aux études en neuroimagerie qui ont exploré les bases cérébrales du traitement sémantique des concepts concrets chez le sujet adulte sain. Bien que ce courant de la littérature ne vise pas directement à comparer l'organisation

sémantique des concepts concrets à celle des concepts abstraits, il permet néanmoins de mieux comprendre les processus cognitifs et cérébraux impliqués dans le traitement des concepts concrets. Nous aborderons aussi les modèles théoriques de la mémoire sémantique, inspirés en partie de ces effets de catégorie-spécificité sémantique.

Dans un deuxième temps, nous aborderons un courant parallèle de la littérature qui s'est focalisé sur la comparaison directe du traitement des concepts concrets au traitement des concepts abstraits, autant chez des populations cliniques d'individus cérébrolésés que chez le sujet sain. Nous traiterons ensuite des modèles théoriques reliés au traitement des concepts concrets et abstraits. Enfin, nous terminerons par les modèles théoriques les plus récents de la mémoire sémantique dont les fondements neuroanatomiques sont davantage ancrés dans la recherche en neuroimagerie.

1.2. Les affections neurologiques responsables des troubles de la mémoire sémantique

Les perturbations de la MS peuvent survenir dans un certain nombre d'affections neurologiques telles que l'anoxie cérébrale (Carbonnel, Charnallet, David, & Pellat, 1997), l'accident vasculaire cérébral (Capitani, Chieppa, & Laiacina, 2010), les tumeurs (Campanella, D'Agostini, Skrap, & Shallice, 2010; Campanella, Mondani, Skrap, & Shallice, 2009), l'épilepsie et la lobectomie temporale (Glosser, Salvucci, & Chiaravalloti, 2003; H. R. Griffith et al., 2006), l'encéphalite herpétique (Lambon Ralph, Lowe, & Rogers, 2007; Noppeney et al., 2007; Warrington & Shallice, 1984), ainsi que dans le contexte de certaines maladies dégénératives du cortex cérébral telles que la démence sémantique (Bonner et al., 2009; Breedin, Saffran, & Coslett, 1994; Noppeney et al., 2007;

Snowden, Thompson, & Neary, 2004; Warrington, 1975) ou encore la maladie d'Alzheimer (Giffard et al., 2001; Grossman et al., 2003; Joubert et al., 2010).

Les études de cas les plus fréquemment rapportées dans la littérature, possiblement en raison de leurs atteintes sémantiques souvent isolées et cliniquement spectaculaires, impliquent des patients souffrant soit de démence sémantique (Bonner et al., 2009; Breidin et al., 1994; Noppeney et al., 2007; Snowden et al., 2004; Warrington, 1975), soit d'encéphalite herpétique (Lambon Ralph et al., 2007; Noppeney et al., 2007; Warrington & Shallice, 1984). Ensemble, ces deux pathologies représentent sans aucun doute celles qui ont le plus contribué à l'avancement des connaissances en mémoire sémantique au niveau clinique. Les observations cliniques issues de ces pathologies constituent le fondement de plusieurs théories de la mémoire sémantique qui seront abordées dans la présente thèse, et elles se doivent donc d'être décrites de manière détaillée.

Par ailleurs, une autre population clinique qui a suscité un certain intérêt dans l'étude de la mémoire sémantique est celle des patients ayant subi une résection temporale antérieure suite à une épilepsie réfractaire à la médication (Glosser et al., 2003; Griffith et al., 2006). Cette population est d'un intérêt particulier puisque ces résections temporales antérieures touchent les mêmes régions, mais de manière mieux définie et plus circonscrite, que les lésions temporales antérieures caractéristiques de la démence sémantique et de l'encéphalite herpétique.

1.2.1. La démence sémantique

La démence sémantique (DS) est le syndrome clinique dans lequel la perturbation de la mémoire sémantique est probablement la plus « pure », d'où l'origine de son nom. Ce syndrome est une forme de démence dégénérative liée au vieillissement pathologique, qui a été caractérisée de manière détaillée sur le plan clinique pour la première fois en 1989 (Snowden, Goulding, & Neary, 1989). La DS est un syndrome clinique de nature progressive, qui entre dans le cadre des dégénérescences lobaires frontotemporales (Neary et al., 1998). Elle se manifeste par une perte relativement isolée et lentement progressive de la mémoire sémantique.

En dépit d'un fonctionnement normal sur le plan cognitif et d'une autonomie préservée dans la vie quotidienne, les personnes atteintes de DS ne parviennent plus à identifier des concepts simples tels que des animaux, des fruits ou légumes, des outils, des ustensiles ou encore des instruments de musique. Cette détérioration sémantique, de nature multimodale, se traduit notamment par un manque du mot important, reflétant en partie la perte du sens des concepts. Certaines études récentes suggèrent par ailleurs que les concepts concrets (e.g. table, ballon, lunettes) sont atteints de manière disproportionnée en comparaison aux concepts abstraits (e.g., logique, sentiment, paix) (Breedin et al., 1994; Macoir, 2009; Papagno, Capasso, & Miceli, 2009).

D'un point de vue neuroanatomique, l'atrophie corticale dans la DS se situe essentiellement au niveau du néocortex temporal, particulièrement les LTA (i.e., les pôles temporaux, incluant la partie antérieure des gyri temporaux inférieur, médian et supérieur). L'atteinte est souvent nettement prédominante à gauche, mais a tendance à se bilatéraliser

au cours de l'évolution de la maladie (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000; Rogers et al., 2006). Par ailleurs, de récentes études ont mis en évidence des atteintes cérébrales beaucoup plus diffuses, démontrant par conséquent que les atteintes ne sont pas aussi circonscrites que ce qui était initialement présumé. Ainsi, des études montrent une réduction marquée de la matière grise du gyrus fusiforme (Desgranges et al., 2007; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000; Nestor, Fryer, & Hodges, 2006), de l'amygdale, de l'hippocampe et du gyrus parahippocampique; ces structures sont plus touchées dans l'hémisphère gauche (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Mummery et al., 2000; Nestor et al., 2006). Une réduction du volume cortical a aussi été rapportée dans l'insula gauche, le cortex cingulaire antérieur, le thalamus, le noyau caudé (Desgranges et al., 2007; Gorno-Tempini et al., 2004) et bilatéralement, dans le cortex frontal ventro-médian (Mummery et al., 2000).

1.2.2. L'encéphalite herpétique

L'encéphalite herpétique (EH) est une infection virale sévère du système nerveux central. Bien qu'elle soit due à un virus plutôt commun, le virus herpès simple, l'EH est très peu fréquente (2 à 4 / 1 000 000) (Whitley, 2002). Les manifestations cliniques les plus fréquentes de cette infection à progression très rapide (moins de 48 heures) sont l'altération de la conscience, de la fièvre et des céphalées. Des changements de personnalité, des troubles du langage et d'autres signes neurologiques focaux ou diffus sont aussi communs. Étant donné la prédilection de ce virus pour les lobes temporaux, les signes neurologiques

peuvent inclure une aphasie, une anomie ou encore une épilepsie temporale (Whitley, 2002).

Sur le plan de la MS, plusieurs études de cas de patients atteints d'encéphalite herpétique ont rapporté des troubles sémantiques sévères (Lambon Ralph et al., 2007; Noppeney et al., 2007; Warrington & Shallice, 1984). En particulier, certaines d'entre elles ont rapporté des atteintes sémantiques parfois très spécifiques, touchant sélectivement certaines catégories d'objets (e.g. animaux, fruits, légumes, etc.). Ces atteintes de catégorie-spécificité sont d'ailleurs plus fréquemment rapportées dans l'EH que dans la DS (Capitani, Laiacona, Mahon, & Caramazza, 2003; Lambon Ralph et al., 2007; Noppeney et al., 2007; Warrington, 1984).

1.2.3. L'épilepsie temporale

L'épilepsie est l'un des troubles neurologiques les plus fréquents. Entre 3 et 5% de la population générale aura au moins un épisode épileptique au cours de la vie (Semah et al., 1998), et environ 1% de la population souffre d'un trouble épileptique invalidant (Choi et al., 2008). L'épilepsie temporale est la forme la plus fréquente d'épilepsie (Choi et al., 2008). Bien que chez la majorité des patients l'épilepsie puisse être efficacement contrôlée par médication, entre 20 et 40% des patients souffrant d'épilepsie sont réfractaires aux traitements pharmacologiques. L'épilepsie temporale est plus sujette que les autres formes d'épilepsie à la pharmaco-résistance (Choi et al., 2008). Pour ces derniers patients, une alternative à la médication demeure la résection du foyer épileptogène par chirurgie (Choi et al., 2008).

Dans le contexte de l'épilepsie temporale, la lobectomie temporale antérieure dite « standard » a longtemps été la procédure chirurgicale la plus employée, voire presque l'unique procédure utilisée (Schramm, 2008). Elle consiste en la résection du néocortex temporal antérieur, en moyenne de 3 à 4 cm à partir du pôle, conjuguée à une amygdalo-hippocampectomie (Alpherts, Vermeulen, van Rijen, da Silva, & van Veelen, 2008). Graduellement au cours des années, d'autres formes de procédures, plus sélectives que la lobectomie temporale standard et plus adaptées à la spécificité de l'atteinte du patient, ont été élaborées et sont aujourd'hui utilisées. Parmi les plus populaires, on peut nommer la résection dite de « Spencer », plus restrictive au niveau du néocortex, mais plus extensive au niveau mésial (Schramm, 2008), l'amygdalo-hippocampectomie sélective transcorticale (Alpherts et al., 2008) ou encore la résection « adaptée » (*tailored resection*) en fonction du *mapping* cortical, par le biais de la stimulation électrique (Alpherts et al., 2008).

En règle générale, les procédures varient surtout en termes d'étendue de la résection au niveau du cortex antérieur, de l'hippocampe et de l'amygdale. Il est surprenant de constater aujourd'hui à quel point l'étendue de la résection peut varier non seulement d'un établissement à l'autre, mais aussi d'un patient à l'autre au sein du même établissement (Schramm, 2008). Tout le débat autour du traitement chirurgical de l'épilepsie temporale concerne en fait la recherche d'une procédure chirurgicale optimale, permettant à la fois le contrôle de l'épilepsie, et limitant le déclin cognitif postopératoire.

Bien qu'une amélioration du fonctionnement cognitif soit constatée chez une certaine proportion des patients opérés, des atteintes cognitives postopératoires ont néanmoins été documentées, notamment sur le plan de la mémoire (e.g. mémoire à court

terme, mémoire verbale) ou du langage (e.g. manque du mot) (Helmstaedter & Kurthen, 2001; Jones-Gotman et al., 1997; Schramm, 2008). Quelques études ont également observé des difficultés au niveau du traitement sémantique et de la dénomination de personnes connues chez ces patients (Glosser et al., 2003; H. R. Griffith et al., 2006; Seidenberg, Griffith, Sabsevitz, & al., 2002). Malgré ces quelques études, les atteintes sémantiques demeurent encore largement inexplorées dans cette population. Néanmoins, l'intérêt d'étudier les atteintes sémantiques dans cette population demeure manifeste, notamment en raison du fait que la résection temporale antérieure implique une région très semblable à la région touchée dans la DS ou dans l'EH. De plus, la zone enlevée dans l'épilepsie temporale antérieure est littéralement « coupée au couteau », et elle est par conséquent très bien délimitée en plus d'être unilatérale, ce qui n'est pas le cas dans la DS et dans l'EH.

Les manifestations des troubles sémantiques peuvent varier d'une pathologie et d'un patient à l'autre. Elles peuvent être générales ou atteindre plus spécifiquement certaines catégories conceptuelles. Dans la prochaine section, nous aborderons plus précisément la nature des troubles sémantiques touchant les représentations sémantiques des concepts concrets.

1.3. Les manifestations des troubles sémantiques

1.3.1. L'effet de catégorie-spécificité sémantique

De manière générale, la plupart des études dans le domaine de la mémoire sémantique se sont principalement intéressées au traitement sémantique des concepts que l'on peut qualifier de « concrets ». L'effet de catégorie-spécificité sémantique est l'une des

manifestations neuropsychologiques les plus frappantes d'un trouble sémantique affectant les concepts concrets. Cet effet se caractérise par une atteinte disproportionnée, voire même sélective, d'une catégorie conceptuelle relativement à d'autres types de catégories (Mahon & Caramazza, 2009).

L'atteinte touche en effet le plus souvent les animaux (Blundo, Ricci, & Miller, 2006; Caramazza & Shelton, 1998), les fruits et légumes (Hart, Berndt, & Caramazza, 1985; Samson & Pillon, 2003), les objets manufacturés (Laiacona & Capitani, 2001; Sacchett & Humphreys, 1992), ainsi que les personnes connues (Ellis, Young, & Critchley, 1989; Miceli et al., 2000). L'effet de catégorie-spécificité le plus fréquemment rapporté dans la littérature touche la catégorie des animaux relativement aux objets non-biologiques (Capitani et al., 2003; Caramazza & Shelton, 1998; Gainotti, 2000; Hart & Gordon, 1992; Warrington & Shallice, 1984) ; le profil inverse est plus rarement observé (Caramazza & Shelton, 1998; Gainotti, 2000; Warrington & McCarthy, 1983).

1.3.2. Les substrats cérébraux de l'effet de catégorie-spécificité sémantique

Au niveau lésionnel, malgré la diversité des étiologies, il existe une certaine homogénéité des lésions associées aux atteintes sémantiques catégorie-spécifiques. Ainsi, dans la grande majorité des cas de troubles sémantiques touchant les catégories des animaux et des outils, les lésions, quoique souvent bilatérales, prédominent dans le lobe temporal gauche (Caramazza, 1998; Gainotti, 2000; Hart & Gordon, 1992; Warrington & Shallice, 1984). Généralement, les lésions sont plus marquées au niveau antérieur et inférieur du lobe temporal gauche pour les animaux (Brambati et al., 2006; Gainotti, 2000) tandis que les

lésions associées aux outils sont davantage situées dans la partie postérieure et latérale du lobe temporal gauche (Brambati et al., 2006; H. Damasio, Grabowski, Tranel, Hichwa, & Damasio, 1996). Les cas d'atteinte sémantique spécifique aux personnes connues sont le plus souvent associés à des lésions temporales antérieures droites (Ellis et al., 1989; Evans, Hegg, Antoun, & Hodges, 1995; Gentileschi, Sperber, & Spinnler, 2001; Kay & Richard Hanley, 1999; Thompson et al., 2004). Ainsi, les troubles sémantiques spécifiques à certaines catégories d'entités concrètes ont fréquemment été associés à des lésions de la partie antérieure et inférieure des lobes temporaux.

Sur le plan de la neuroimagerie, malgré les difficultés techniques à obtenir un signal adéquat dans les régions temporales antérieures en IRM fonctionnelle chez le sujet sain, plusieurs études ont néanmoins observé des activations dans ces régions lorsque des sujets sains effectuaient une tâche sémantique (Gorno-Tempini & Price, 2001; Gorno-Tempini et al., 1998; Leveroni et al., 2000; Rogers et al., 2006; Turk, Rosenblum, Gazzaniga, & Macrae, 2005). Ces zones d'activation se situent alors dans des régions similaires à celles où les lésions étaient retrouvées chez les patients décrits dans le paragraphe précédent.

Rogers et al. (2006) ont notamment observé des activations dans les LTA plus importantes lors de la catégorisation à un niveau plus spécifique de concepts concrets (e.g., rouge-gorge) que général (e.g. animal) chez des sujets sains. Ces données ont poussé certains auteurs à suggérer l'existence d'un gradient antéro-postérieur au sein de la voie visuelle ventrale dans le traitement sémantique. En effet, la partie la plus rostrale de la voie ventrale (le pôle temporal) serait particulièrement impliquée dans le traitement sémantique à un niveau plus spécifique, alors que des régions plus caudales seraient impliquées à un

niveau de traitement sémantique plus général (Rogers et al., 2006). Cette interprétation est cohérente avec l'hypothèse émise par plusieurs auteurs selon laquelle les entités vivantes possèderaient davantage d'attributs communs que les entités non-vivantes et nécessiteraient par conséquent une discrimination plus précise au niveau sémantique, d'où l'implication fréquemment observée des LTA pour le traitement de ce type de concepts (Bright, Moss, Stamatakis, & Tyler, 2005; H. Damasio, Tranel, Grabowski, Adolphs, & Damasio, 2004; Moss, Rodd, Stamatakis, Bright, & Tyler, 2005; Rogers et al., 2006).

Cette vision concorde aussi avec l'idée selon laquelle la partie la plus rostrale des lobes temporaux serait impliquée dans le traitement des "entités uniques" (e.g. personnes connues) (Gorno-Tempini & Price, 2001; Gorno-Tempini et al., 1998). Ces concepts "uniques" nécessitent des distinctions très précises et spécifiques afin d'accéder à leur individualité. Des activations temporelles antérieures ont plusieurs fois été trouvées dans des tâches de traitement sémantique des personnes connues (Brambati, Benoit, Monetta, Belleville, & Joubert, 2010; Gorno-Tempini & Price, 2001; Gorno-Tempini et al., 1998; Leveroni et al., 2000; Turk et al., 2005)

Ainsi, les études en neuroimagerie ont permis d'affiner notre compréhension de l'organisation sémantique des concepts concrets en démontrant des patrons d'activation spécifiques dans les LTA, et de manière plus générale au niveau de la voie visuelle ventrale (Bookheimer, 2002; Grill-Spector & Malach, 2004; Thompson-Schill, 2003). En effet, cette voie ventrale du traitement visuel des objets projette à partir de l'aire visuelle primaire (V1), à travers les cortex occipito-temporal, pour aboutir dans les LTA.

1.3.3. Les théories associées aux atteintes sémantiques catégorie-spécifiques

Warrington et collègues (1984) ont été les premiers à élaborer une théorie explicative des déficits sémantiques catégorie-spécifiques en proposant la *théorie sensori-fonctionnelle* (SFT). Cette théorie s'intéresse essentiellement à la dissociation maintes fois rapportée entre les vivants et les non-vivants ou, en d'autres termes, entre les entités biologiques et les objets manufacturés. Selon cette théorie, les attributs visuo-perceptuels sont particulièrement importants dans la représentation des vivants, ceux-ci étant plus aisément identifiables ou définissables sur la base de leurs caractéristiques perceptuelles (e.g. couleurs, taille, forme, etc.), le plus souvent visuelles. À l'inverse, les caractéristiques fonctionnelles (e.g. usage) sont particulièrement importantes dans la représentation des objets non vivants (Warrington & Shallice, 1984).

Ainsi, une atteinte du système des représentations visuo-perceptuelles engendrerait un déficit plus prononcé des vivants (e.g., animaux) que des non-vivants (e.g., outils), tandis qu'une atteinte du système des représentations fonctionnelles provoquerait un déficit plus prononcé pour les objets non-vivants. Selon ces auteurs, le système sémantique est donc fonctionnellement organisé selon des sous-systèmes spécifiques aux modalités (e.g. visuelle/perceptuelle, fonctionnelle/associative) (McCarthy & Warrington, 1988; Warrington & McCarthy, 1987; Warrington & Shallice, 1984). Plusieurs théories semblables inspirées de la SFT ont été développées ultérieurement, telles que la théorie hiérarchique et interactive (*Hierarchical Interactive Theory* ou *HIT*) (Humphreys & Forde, 2001; Humphreys & Riddoch, 2003) ou encore la théorie sensorimotrice (Martin, 2007).

Une théorie très différente de la SFT est celle des connaissances spécifiques aux domaines (Caramazza, 1998). Contrairement à la SFT, cette théorie suppose que l'information sémantique dans le cerveau est organisée selon des catégories conceptuelles et non en fonction de propriétés sensorielles, fonctionnelles ou motrices des stimuli. Cette théorie stipule que nos connaissances conceptuelles sont organisées selon différents domaines qui reflètent des distinctions évolutives saillantes (Caramazza, 1998). Au cours de l'évolution, des circuits neuronaux spécifiques se seraient développés et spécialisés dans le traitement de différents types d'informations conceptuelles. Cette organisation en catégories de la MS découlerait de la nécessité pour la survie et la reproduction de l'espèce humaine d'identifier rapidement et efficacement certaines catégories, permettant ainsi la résolution rapide et efficace de situations inéluctables à la survie (e.g., trouver de la nourriture, éviter les prédateurs, reconnaître un partenaire sexuel potentiel) (Caramazza, 1998). Par conséquent, seules les catégories ayant un rôle indispensable à la survie se seraient organisées sous forme de catégories (e.g., les animaux, les plantes, les confrères, les artefacts) pouvant être affectées de manière relativement circonscrite suite à des lésions cérébrales (Caramazza, 1998). Une atteinte sélective d'une catégorie affecterait de manière égale tous les types de connaissances propres à cette catégorie (Caramazza, 1998).

Ces différentes théories sont importantes car elles illustrent l'existence d'une organisation propre à certains types de concepts concrets et elles permettent d'expliquer en quoi les différents concepts concrets se distinguent entre eux. Cependant, elles n'identifient pas les caractéristiques ou processus communs à l'ensemble des concepts concrets et, par

conséquent, ne peuvent rendre compte d'une atteinte sémantique touchant ou préservant sélectivement l'ensemble des concepts concrets relativement aux concepts abstraits.

1.4. Les troubles neuropsychologiques touchant les concepts concrets et abstraits

La littérature dans le domaine de la MS traite essentiellement de l'organisation des concepts concrets. Elle s'est très peu intéressée à la manière dont les concepts abstraits sont représentés tant sur le plan cognitif que neuroanatomique (Breedin et al., 1994), et à la façon dont leurs représentations diffèrent de celles des concepts concrets. L'idée que les concepts concrets et abstraits soient sémantiquement représentés, récupérés et traités différemment dans le cerveau humain découle principalement de l'observation d'un phénomène connu sous le nom de *l'effet de concrétude*. L'effet de concrétude (EC) s'observe principalement chez des sujets neurologiquement sains et se manifeste par une vitesse de traitement de l'information plus rapide et une plus grande justesse des réponses pour les concepts concrets comparativement aux concepts abstraits. Cet effet se retrouve dans différentes tâches (e.g., tâches d'amorçage, de décision lexicale, de jugement sémantique, de mémorisation de mots) (Altarriba, Bauer, & Benvenuto, 1999; Paivio, 1991). Il peut même parfois être amplifié chez certains patients cérébrolésés souffrant d'aphasie, de dysphasie, ou même de dyslexie profonde (Breedin et al., 1994).

1.4.1. Les modèles explicatifs de l'effet de concrétude

A. La théorie du double codage

Le modèle théorique qui, à ce jour, a sans doute eu le plus d'impact dans le domaine du traitement sémantique des mots abstraits et concrets est celui du «Dual Coding theory» proposé par Paivio (1986, 1991). Ce modèle suppose l'existence de deux systèmes de représentation de concepts, verbal et non-verbal, via l'activation de concepts représentés sous la forme d'images mentales. Selon ce modèle, les concepts concrets sont traités simultanément sur la base de leurs caractéristiques visuelles et verbales. N'étant pas ou peu imageables, les mots abstraits sont principalement, voire exclusivement traités via le système verbal. Le traitement parallèle des concepts concrets exploitant ces deux « voies » fournit un avantage quant à la vitesse de traitement et à la force d'activation de ces concepts, en comparaison avec les mots abstraits qui eux n'activent qu'un code linguistique. C'est donc cet avantage au niveau du traitement des mots concrets qui expliquerait l'EC (Bleasdale, 1983; Breedin et al., 1994; Paivio, 1986, 1991).

Bien que Paivio lui-même n'ait jamais clairement établi cette distinction, l'interprétation neuroanatomique la plus répandue de la théorie du double codage suppose que les deux systèmes de traitement sémantique sont distribués différemment au sein des hémisphères cérébraux (HC). Le système verbal implique naturellement davantage l'hémisphère gauche (HG), tandis que le deuxième système non-verbal sollicite principalement l'hémisphère droit (HD). Ainsi, selon ce modèle ou plutôt selon les interprétations ultérieures qui en ont été faites (Binder, Westbury, McKiernan, Possing, &

Medler, 2005; Kounios & Holcomb, 1994; West & Holcomb, 2000), cette théorie prédit une contribution bilatérale pour le traitement des mots concrets et un traitement principalement latéralisé à gauche pour les mots abstraits.

B. La théorie de la disponibilité du contexte

Suite à l'observation d'une diminution, voire même de la disparition de l'EC lorsque les mots abstraits et concrets étaient présentés avec un contexte (e.g., à l'intérieur d'une phrase), Schwanenflugel (1992) a développé la théorie de la disponibilité du contexte (*Context Availability Theory*). Cette seconde théorie cognitive distingue deux contextes (internes et externes) impliqués différemment dans le traitement des concepts concrets et abstraits.

Selon cette théorie, l'EC est expliqué par la présence d'un contexte interne plus fort pour les mots concrets que pour les mots abstraits (Schwanenflugel, Akin, & Luh, 1992). Un contexte interne représente en quelque sorte le réseau sémantique d'un concept et peut être défini comme l'ensemble des relations entre un concept donné et l'information sémantique qui lui est liée. Par exemple, l'information sémantique *dans la chambre* pourrait faire partie du contexte interne du concept *lit*. Ainsi, les concepts concrets bénéficient de connexions plus fortes et plus nombreuses avec leurs informations contextuelles, relativement aux concepts abstraits. Les auteurs postulent que le traitement des mots abstraits peut être facilité en présence d'un contexte externe. Ainsi, l'avantage pour les mots concrets pourrait être contrebalancé par la disponibilité d'un contexte externe (Schwanenflugel et al., 1992). Par exemple, si l'on présente le mot à l'intérieur d'une phrase (e.g. Le juge a rendu son verdict) plutôt que de manière isolée (e.g. verdict), cette

phrase constitue le contexte externe du concept et dans ce cas, l'EC serait diminué voire même absent.

La théorie de la disponibilité du contexte prédit principalement l'implication d'aires cérébrales associées à la récupération d'informations sémantiques, telles que les aires temporales supérieures et postérieures et les aires frontales antérieures et inférieures de l'HG, autant pour les concepts concrets qu'abstraites. Cependant, le traitement des mots abstraits solliciterait davantage ces aires puisque la récupération d'informations contextuelles est plus ardue pour les mots abstraits présentés de manière isolée (Fiebach & Friederici, 2003; Schwanenflugel et al., 1992). Ainsi, contrairement à la théorie du double codage, la théorie de la disponibilité du contexte ne confère pas de rôle particulier aux HC quant au traitement des concepts concrets ou abstraits. Elle suggère plutôt un chevauchement des aires impliquées, avec une plus grande activation pour les mots abstraits.

Les théories précédentes expliquent toutes deux l'effet de concrétude en l'attribuant à des différences quantitatives (un système supplémentaire, plus de contexte interne, plus de prédicats sémantiques) au niveau des représentations sémantiques des deux types de concepts. Néanmoins, aucune de ces théories ne permet d'expliquer les effets de concrétude inversés observés chez certains patients, qui se définissent par une atteinte spécifique des noms concrets par rapport aux noms abstraits.

1.4.2. L'effet de concrétude inverse

Un phénomène inverse à l'effet de concrétude a été observé chez des patients atteints de démence sémantique, qui présentent des difficultés marquées à comprendre et à identifier les concepts concrets (e.g. objets et personnes familières) tandis qu'ils comprennent bien ou mieux les concepts abstraits. Cet effet de *concrétude inverse* (ECI) a particulièrement bien été documenté dans deux études de cas (Macoir, 2009; Papagno et al., 2009) ; cet effet robuste a également été observé récemment par Joubert et collègues dans une étude non-publiée auprès de 8 patients atteints de démence sémantique. Ainsi, des études en neuropsychologie ont montré que les mots abstraits et concrets peuvent être atteints de manière indépendante.

L'observation de cette double dissociation suggère donc que les réseaux cérébraux sous-tendant le traitement de ces types de concepts soient au moins partiellement distincts (Breedin et al., 1994; Crutch & Warrington, 2004; Warrington & Shallice, 1984). L'observation d'une double dissociation dans l'atteinte des mots concrets et abstraits va à l'encontre des théories de Paivio (1986, 1991) et Schwanenflugel et al. (1992). En effet, selon ces modèles, sur le plan fonctionnel, les mots abstraits devraient nécessairement être plus touchés que les mots concrets. Ces résultats ne cadrent pas non plus avec l'interprétation neuroanatomique qui a été faite du modèle de Paivio, puisque des lésions de l'HG devraient engendrer des difficultés plus importantes au niveau de la compréhension des concepts abstraits que des concepts concrets.

Or, dans la DS où l'atrophie est généralement prédominante dans le LTA gauche, on observe l'effet inverse. Ainsi, l'observation d'une double dissociation entre concepts

concrets et abstraits oblige à repenser l'idée selon laquelle de simples différences quantitatives seraient suffisantes pour expliquer les différences observées sur le plan neuropsychologique dans le traitement de ces concepts. Bien que certains auteurs aient soulevé les limites des théories précédemment mentionnées, rares sont ceux ayant proposé des modèles permettant de rendre compte de l'ensemble des faits observés.

Breedin et al. (1994) ont postulé l'existence de différences qualitatives entre les deux types de concepts relativement à leur acquisition, au format de leur représentation et à leur signification (Breedin et al., 1994). Ainsi, ils suggèrent que les concepts concrets sont surtout acquis via l'expérience sensorielle alors que les abstraits sont acquis sans exposition perceptuelle directe, mais plutôt grâce à l'exposition à de multiples contextes d'utilisation dans le langage. Les représentations des concepts concrets dépendraient donc davantage de leurs attributs visuo-perceptuels et une atteinte de ce type de représentation aurait pour effet d'engendrer un ECI (Breedin et al., 1994). Macoir va dans le sens de Breedin et ses collègues (1994) en postulant également que la perte des attributs visuels est un facteur déterminant dans l'explication de l'ECI (Macoir, 2009).

Les travaux de Crutch et collègues indiquent quant à eux que les mots concrets relèveraient d'une organisation davantage catégorielle (e.g. loup, tigre, léopard), alors qu'elle serait plutôt associative (e.g. justice, paix, loi) pour les mots abstraits. Ces auteurs insistent néanmoins sur la distinction relative plutôt qu'absolue entre les concepts concrets et abstraits, les deux pouvant posséder des connexions tant catégorielles qu'associatives, mais dans des proportions différentes (Crutch, 2006; Crutch, Connell, & Warrington, 2009; Crutch, Ridha, & Warrington, 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010). Pour

ces auteurs, l'effet de concrétude inverse serait dû à une atteinte des liens catégoriels, mais ils ne proposent aucune hypothèse quant aux substrats neuronaux des deux types de liens. Pourtant, les études lésionnelles auprès de patients ou en imagerie auprès de sujets sains offrent certaines pistes intéressantes à l'élaboration d'hypothèses neuroanatomiques applicables à la théorie de Crutch et collègues.

1.4.3. Substrats neuronaux des concepts concrets et abstraits

Tel que mentionné précédemment, un EC amplifié peut être observé chez certains patients cérébrlésés gauches souffrant d'aphasie, de dysphasie, ou même de dyslexie profonde, avec des lésions touchant principalement les aires périsylviennes gauches ou les aires du langage (Breedin et al., 1994; Noppeney & Price, 2002). Néanmoins, il a été démontré chez des patients cérébrlésés de l'HD que cet hémisphère contribue également à certaines dimensions du langage abstrait telles que la génération d'interprétations alternatives, la compréhension de métaphores ou encore l'appréciation de l'humour (Collins & Frew, 2001; Kahlaoui & Joannette, 2006).

L'ECI résulte lui aussi de lésions prédominantes dans l'HG, principalement circonscrites au niveau du lobe temporal inférieur et antérieur, et est présent le plus souvent chez les patients souffrant de DS (Bonner et al., 2009; Breedin et al., 1994; Cipolotti & Warrington, 1995; Loiselle et al., 2007; Macoir, 2009; Noppeney & Price, 2002; Papagno et al., 2009; Warrington, 1975; Yi, Moore, & Grossman, 2007). Certains auteurs ont même suggéré que l'observation d'un ECI était la norme dans la DS (Grossman & Ash, 2004). Cette atteinte spécifique des concepts concrets a été interprétée par certains auteurs comme

reflétant une détérioration des connaissances visuoperceptuelles, jouant un rôle plus important dans la représentation des concepts concrets, imageables et tangibles, relativement aux concepts abstraits (Yi et al., 2007). Cette détérioration des connaissances visuoperceptuelles serait associée à l'atteinte du cortex visuel associatif, situé dans la région occipito-temporale (Bonner et al., 2009).

En neuroimagerie, les résultats sont souvent contradictoires, mais ces apparentes contradictions sont peu surprenantes lorsque l'on considère la grande variabilité méthodologique au sein des études. En effet, certaines études ont observé une activation des deux hémisphères pour les mots concrets, mais seulement de l'hémisphère gauche pour les mots abstraits (Binder et al., 2005; Kounios & Holcomb, 1994; Sabsevitz, Medler, Seidenberg, & Binder, 2005). D'autres études, en revanche, démontrent une implication de l'HD, parfois même plus grande que l'HG, pour le traitement de concepts abstraits relativement au traitement des concepts concrets (Beauregard, Chertkow, Bub, Dixon, & Evans, 1997; Fiebach & Friederici, 2003; Jessen et al., 2000; Kiehl et al., 1999).

Dans un même ordre d'idées, une autre étude importante en neuroimagerie fonctionnelle indique, sur la base de leurs propres résultats et d'une revue de la littérature, que les structures temporales gauches ont un rôle plus important dans le traitement des concepts concrets, alors que les régions fronto-temporales gauches sont plus souvent activées pour les concepts abstraits (Fiebach & Friederici, 2003). De plus, bien que les différences d'activation entre les deux types de concepts se retrouvent généralement au sein même de l'HG, des activations de structures de l'HD ont plus fréquemment été associées au

traitement de concepts abstraits que concrets, quoiqu'il ne semble pas y avoir de consensus quant aux régions spécifiques activées dans l'HD (Fiebach & Friederici, 2003).

Il est possible de constater qu'une structure qui ressort tant des études lésionnelles que des études en neuroimagerie est la région inférieure et antérieure des lobes temporaux, particulièrement le LTA gauche, et que cette région serait peut-être plus spécifiquement impliquée dans le traitement des concepts concrets. Cette observation a mené certains auteurs à élaborer des modèles théoriques où les LTA jouent un rôle fondamental dans la MS.

1.5. Modèles neuroanatomiques de la mémoire sémantique et du traitement des concepts concrets et abstraits

1.5.1. L'hypothèse du *hub* sémantique amodal

Sur la base d'observations cliniques et d'études neuropsychologiques, principalement auprès de patients atteints de DS, plusieurs auteurs ont souligné l'importance de la partie antérieure des lobes temporaux (les pôles temporaux) et leur rôle crucial dans la mémoire sémantique (Bozeat, Lambon Ralph, Patterson, Garrard, & Hodges, 2000; Bozeat, Lambon Ralph, Patterson, & Hodges, 2002; Hodges & Patterson, 2007; Hodges, Patterson, Oxbury, & Funnell, 1992; Luzzi et al., 2007; Patterson, Nestor, & Rogers, 2007; Rogers et al., 2004; Snowden et al., 1989; Snowden et al., 2004). Plus spécifiquement, Patterson et collègues (2007) ont récemment développé l'hypothèse du *hub* sémantique amodal (Lambon Ralph & Patterson, 2008; Patterson et al., 2007). Ce modèle stipule l'existence de différentes "zones de convergence" spécialisées, mais suggère qu'en plus de ces régions sensorielles, motrices

et linguistiques, le réseau neuronal de la mémoire sémantique nécessite une zone de convergence unique ou un *hub*, qui soutiendrait l'activation interactive de toutes les représentations sémantiques (Lambon Ralph & Patterson, 2008; Patterson et al., 2007).

D'un point de vue théorique, Lambon Ralph and Patterson (2008) supposent que le processus de formation des concepts requiert nécessairement des représentations amodales, puisque l'étendue des concepts à travers lesquels une composante donnée doit être généralisée nécessite des représentations amodales qui font abstraction des similarités de surface. Sur le plan empirique, leur théorie est essentiellement basée sur l'observation de patients avec DS, où l'on retrouve une atrophie bilatérale de la partie antérieure des lobes temporaux associée à une atteinte sémantique affectant de manière équivalente, selon les auteurs, tous les types de concepts, et ce, dans toutes les modalités (Bozeat et al., 2000; Coccia, Bartolini, Luzzi, Provinciali, & Ralph, 2004; Luzzi et al., 2007; Rogers et al., 2004). De plus, l'étendue de l'atrophie est corrélée au déficit sémantique (Mummery et al., 2000; Nestor et al., 2006). Ainsi, les LTA rencontrent selon eux tous les critères d'un *hub* sémantique contenant l'ensemble des représentations conceptuelles à un niveau amodal (Lambon Ralph & Patterson, 2008).

Selon ces auteurs, les LTA joueraient un rôle équivalent dans le traitement des concepts concrets et abstraits, et l'on ne devrait pas observer de différences dans le traitement de ces concepts suite à des lésions de cette région. Ainsi, contrairement à une série d'études qui démontrent un effet de concrétude inverse dans la DS (Macoir, 2009; Papagno et al., 2009; Yi et al., 2007), ces auteurs considèrent que les patients atteints de DS

ne présentent pas une telle dissociation et l'attribuent plutôt à quelques biais méthodologiques (Jefferies, Patterson, Jones, & Lambon Ralph, 2009).

1.5.2. L'hypothèse des zones de convergence

L'hypothèse des zones de convergence de haut niveau de Damasio et collègues (A. R. Damasio, 1989, 1990; A. R. Damasio & Damasio, 1994; H. Damasio et al., 2004) est sans doute la théorie neuroanatomique ayant eu le plus d'influence dans la littérature ces dernières années. Cette théorie propose l'existence de zones de convergence qui associent différents aspects des connaissances sémantiques. Elle stipule l'existence de plusieurs zones de convergence spécialisées (e.g. entre la forme et l'action, entre la forme et le nom, etc) qui sont différemment impliquées dans la représentation de différents types de concepts. Par exemple, la zone reliant la forme à l'action est plus importante pour les outils ou la zone reliant la forme à la couleur, pour les fruits et légumes (A. R. Damasio, 1989, 1990; A. R. Damasio & Damasio, 1994; H. Damasio et al., 2004). Selon cette théorie, les zones de convergence de haut niveau sont distribuées à l'intérieur de régions de convergence, notamment l'operculum frontal, le lobe temporal inférieur, ainsi que le pôle temporal (H. Damasio et al., 2004).

En effet, Damasio accorde un rôle particulier aux pôles temporaux dans le traitement sémantique. Contrairement à l'hypothèse du *hub* sémantique amodal, l'hypothèse des zones de convergence se distingue en ce sens qu'elle prédit qu'une atteinte de la région temporale antérieure produit un trouble sémantique qui n'est pas indépendant de la modalité d'entrée et de sortie de l'information, et qui peut atteindre différemment diverses

catégories conceptuelles. Il propose un rôle particulier des LTA dans le traitement des entités uniques, mais nuance ce postulat en précisant que cette région n'est pas uniquement consacrée de manière rigide à ce type de concepts. Il propose l'idée que les pôles temporeux supportent un traitement d'une très grande finesse, d'où son implication particulière pour les entités uniques qui nécessitent un tel traitement afin de parvenir à leur individualité (H. Damasio et al., 2004). Cependant, les pôles temporeux peuvent être impliqués dans le traitement d'autres catégories conceptuelles lors de certaines tâches qui requièrent un traitement plus fin, tel que distinguer deux items d'une même catégorie conceptuelle, mais très similaires au niveau de leur structure physique (e.g., rat et souris) (H. Damasio et al., 2004).

Compte tenu du fait que l'architecture fonctionnelle des zones de convergence décrites par Damasio repose sur la provenance d'informations de diverses modalités sensorielles, cette architecture apparaît adaptée à la représentation des concepts concrets que nous percevons par le biais de nos sens, mais non à celle des concepts abstraits. Ainsi, bien que cette théorie n'émette aucune hypothèse neuroanatomique quant à la représentation des concepts abstraits, on pourrait déduire que les mots abstraits bénéficieraient moins d'un point de vue neuroanatomique de zones de « convergence » que les concepts concrets. Les concepts abstraits seraient plus distribués à l'intérieur du cerveau plutôt que représentés de manière locale dans certaines zones de convergence.

Sur ce point, nous avançons que la théorie de Damasio se distingue d'autant plus de celle du *hub* sémantique amodal en ce sens qu'elle prédirait qu'une lésion des LTA aurait

un impact plus important sur diverses catégories de concepts concrets, mais non sur les concepts abstraits.

L'hypothèse des zones de convergence de Damasio et collègues (A. R. Damasio, 1989, 1990; A. R. Damasio & Damasio, 1994; H. Damasio et al., 2004) a eu une influence majeure sur les études subséquentes et de nombreux auteurs ont interprété leurs résultats à la lumière de cette théorie ou ont proposé des hypothèses alternatives inspirées des idées de Damasio.

1.5.3. Le modèle alternatif de Gainotti

En se basant sur l'hypothèse des zones de convergence de Damasio (A. R. Damasio, 1989, 1990; A. R. Damasio & Damasio, 1994; H. Damasio et al., 2004) et en réponse à l'hypothèse du *hub* » sémantique amodal de Patterson et collègues (2007), Gainotti (2011) suggère un modèle alternatif en proposant l'existence de deux systèmes sémantiques orthogonaux. Le premier système proposé par Gainotti est composé de deux zones de convergence, chacune située à l'extrémité antérieure des voies visuelles ventrale et dorsale (Gainotti, 2011). Ainsi, Gainotti attribue lui aussi un rôle particulier aux LTA. En effet, puisqu'ils constituent la partie la plus rostrale de la voie ventrale, les LTA agiraient à titre de zone de convergence, comme dans la théorie de Damasio, permettant une analyse détaillée et fine des propriétés perceptuelles, mais surtout visuelles des objets, et seraient particulièrement impliqués dans le traitement conceptuel des concepts vivants (Gainotti, 2011).

Le second système sémantique proposé par Gainotti vient davantage spécifier le rôle respectif des LTA gauche et droit. La proposition de ce système provient des nombreuses études ayant démontré des atteintes plus marquées pour le matériel verbal suite à une lésion ou une atrophie prédominante du LTA gauche et pour le matériel visuel suivant une lésion ou atrophie prédominante dans le LTA droit (Acres, Taylor, Moss, Stamatakis, & Tyler, 2009; Butler, Brambati, Miller, & Gorno-Tempini, 2009; Gainotti, 2007; Howard & Patterson, 1992; Snowden et al., 2004). L'étude des déficits des entités uniques (e.g., personnes connues, monuments célèbres) suite à des lésions des LTA gauche ou droit permet également de soutenir ce type de dissociation (H. Damasio et al., 1996; Fukatsu, Fujii, Tsukiura, Yamadori, & Otsuki, 1999; Gainotti, 2007; Gainotti, Ferraccioli, & Marra, 2010; Snowden et al., 2004; Tranel, 2006).

Gainotti suggère que l'atteinte sémantique observée chez des patients avec lésion bilatérale des LTA ne résulte donc pas d'une perte des représentations sémantiques amodales tel que le suggère l'hypothèse du *hub* sémantique amodal, mais plutôt de la perte simultanée des représentations complémentaires verbales et visuelles des concepts, soutenues par une atteinte simultanée des zones de convergence de haut niveau que sont les LTA gauche et droit (Gainotti, 2011).

Ici encore, Gainotti n'émet aucune d'hypothèse particulière quant à la représentation des concepts abstraits. Néanmoins, son modèle permet de faire quelques hypothèses intéressantes. En effet, compte tenu du fait que les concepts abstraits sont davantage ancrés dans un système de représentation de nature linguistique, on peut avancer, sur la base de la théorie de Gainotti, une plus grande implication de l'HG dans le traitement de ces concepts.

Pour ce qui est des concepts concrets, l'implication respective des HC dépendrait davantage des demandes de la tâche, notamment des modalités de présentation et de réponse de celle-ci.

1.6. Position du problème, objectifs et structure de la thèse

En résumé, les études neuropsychologiques en MS montrent l'existence de différents types d'atteinte de catégorie de concepts. Mentionnons d'abord les effets de catégorie-spécificité, qui à ce jour apparaissent comme étant propres aux concepts concrets. Ensuite, on note l'atteinte des concepts abstraits relativement aux concepts concrets telle que l'EC observé auprès de sujets adultes sains et chez certains types de patients cérébrólésés. Finalement, on observe des atteintes spécifiques des concepts concrets dans leur ensemble en comparaison aux concepts abstraits, tel qu'en témoigne l'ECI rapporté dans plusieurs cas de DS.

Toutes ces observations cliniques ont contribué à l'avancement des connaissances sur la MS et ont inspiré une série de théories cognitives et neuroanatomiques de la MS. Néanmoins, ces études ne suscitent pas l'unanimité (Jefferies et al., 2009). En effet, la grande majorité des études ayant rapporté un ECI sont des études de cas unique. Ce type d'études limite la généralisation des résultats. De plus, la DS demeure le principal modèle clinique pour l'ECI. Cependant, l'atrophie dans la DS étant bilatérale (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000; Rogers et al., 2006), il est impossible d'isoler le rôle respectif de chaque LTA. Par ailleurs, des études récentes démontrent que l'atrophie dans la DS s'étend au-delà des LTA,

notamment au niveau mésial, frontal et temporo-occipital (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000; Nestor et al., 2006), de telle manière qu'il est impossible de déduire le rôle précis des LTA dans l'ECI observé dans la DS.

Ainsi, une des limites inhérentes à l'étude de patients avec DS demeure le manque de délimitation claire des lésions neuroanatomiques qui y sont associées, d'où l'intérêt d'étudier une population présentant des lésions similaires à celles observées dans la DS, mais dont les limites neuroanatomiques sont moins extensives et plus clairement définies. L'exploration des atteintes sémantiques chez les patients ayant subi une résection temporale se révèle être, dans ce contexte, particulièrement pertinente. Étonnamment, les déficits sémantiques demeurent par ailleurs peu étudiés chez ce type de patients surtout reconnus pour leur trouble de mémoire épisodique, et l'étude du traitement sémantique des concepts abstraits et concrets chez ce type de population clinique est d'autant plus rare.

D'emblée, l'absence de consensus relativement au traitement des concepts concrets et abstraits et à leurs substrats neuronaux, notamment quant au rôle des LTA, est évidente. Il n'existe pas, à ce jour, de modèle théorique permettant de rendre compte du traitement sémantique à la fois des concepts concrets et des concepts abstraits. La présente thèse n'a pas la prétention de proposer un modèle théorique et neuroanatomique permettant de rendre compte de l'ensemble de la littérature relative à l'organisation de la MS. Néanmoins, elle se donne pour objectif d'explorer les substrats neuronaux du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits et ainsi, peut-être valider ou du moins soutenir certains des

modèles théoriques déjà existants, tout en proposant quelques hypothèses supplémentaires inspirée de ces mêmes modèles.

Plus spécifiquement, cette thèse projette d'explorer deux des aspects importants et très débattus des substrats neuroanatomiques du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits. D'abord, la contribution respective des HC dans le traitement sémantique de ces concepts sera abordée par le biais d'une revue de littérature. Dans un deuxième temps, le rôle particulier et très controversé des LTA dans le traitement de ces concepts sera investigué dans une étude expérimentale auprès de patients ayant subi une résection temporale.

1.6.1. Article 1 : Substrats neuroanatomiques du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits et contribution respective des hémisphères cérébraux

Le premier article a pour objectif d'examiner la littérature sur le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits, ainsi que leurs substrats cérébraux. Plus spécifiquement, cet article a pour but l'exploration de la contribution respective des hémisphères cérébraux dans le traitement sémantique de ces concepts. Pour ce faire, la première partie de l'article consiste en une revue de la littérature des principaux modèles théoriques concernant spécifiquement le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits, ainsi que de leurs hypothèses cognitives et neuroanatomiques. Ensuite, la revue de littérature se poursuit en faisant un survol des études expérimentales menées auprès de sujets sains, de patients cérébrolésés et d'études en neuroimagerie, afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses des modèles théoriques précédents.

Aucune hypothèse n'est avancée quant aux résultats de la revue de littérature qui a une visée essentiellement exploratoire. Néanmoins, une réflexion est proposée quant au rôle des HC dans le traitement de ces concepts concrets et abstraits, à savoir s'il s'agit ou non d'une variable incontournable à considérer dans leur étude.

1.6.2. Article 2 : Rôle des lobes temporaux antérieurs dans le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits

Le second article vise à investiguer le rôle des LTA dans le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits par l'étude de patients ayant subi une résection temporale unilatérale. Plus spécifiquement, le but est de vérifier l'impact de lésion de deux régions spécifiques et distinctes des lobes temporaux sur leur traitement afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses avancées par les différents modèles théoriques.

Pour ce faire, une tâche expérimentale de jugement de synonymes de mots concrets et abstraits a été administrée à 15 participants contrôles et 22 patients ayant subi une résection temporale antérieure unilatérale sélective soit de la région du néocortex temporal antérieur, soit de la région mésiale. Basée sur les observations issues principalement de la DS (Breedin et al., 1994; Macoir, 2009; Papagno et al., 2009), nous avons fait l'hypothèse que seuls les patients ayant une atteinte sélective du néocortex temporal antérieur présenteraient un ECI. Aucune hypothèse n'était avancée quant aux performances du second groupe qui agissait surtout à titre de groupe clinique contrôle.

Chapitre 2 : Article 1

Revue de Neuropsychologie

2007, Vol. 17, n° 3, 261-292

**Le traitement sémantique des concepts abstraits et concrets et ses
substrats cérébraux : Une revue de la littérature**

Magalie Loiseau^{1,2}, Franco Lepore² et Sven Joubert^{1,2}

¹Centre de recherche, Institut universitaire de gériatrie de Montréal, Québec, Canada

²Département de psychologie et CERNEC, Université de Montréal, Québec Canada

Mots clés : mémoire sémantique, concepts abstraits, concepts concrets, neuropsychologie

Résumé

Le présent article a pour but (i) de présenter un compte-rendu des études portant sur le traitement sémantique des mots concrets et abstraits, puis (ii) d'effectuer une recension des écrits intéressés à leurs substrats cérébraux, notamment à la contribution respective des hémisphères cérébraux dans leur traitement sémantique. La plupart des études qui ont abordé la distinction entre les mots concrets et abstraits sont basées principalement sur deux modèles théoriques : la théorie du double codage (Paivio, 1986; Paivio, 1990) et la théorie de la disponibilité du contexte (Schwanenflugel et al., 1992). Certains auteurs s'éloignent de ces deux premiers modèles et suggèrent des distinctions qualitatives plutôt que quantitatives entre les concepts concrets et abstraits. À la lumière de la présente revue de littérature, une possibilité d'intégration des différentes théories sera discutée afin de concilier les nombreux résultats contradictoires obtenus à ce jour.

The semantic processing of concrete and abstract word and its cerebral organization:**A review.****Abstract**

The aim of the present article is (i) to review studies that have investigated semantic processing of concrete and abstract words; (ii) to review articles that have studied the cortical organization of concrete and abstract word processing, and more specifically which have investigated the respective contribution of the left and right hemispheres to the semantic processing of concrete and abstract concepts. Most studies of the processing of concrete and abstract words have mainly grounded their investigations upon two theoretical models: Paivio's Dual Coding Theory (Paivio, 1986; Paivio, 1991) and Schwanenflugel's Context Availability theory (Schwanenflugel et al., 1992). These two models have been developed in an attempt to explain the concreteness effect. Even though they differ in their hypotheses regarding the implication of each cerebral hemisphere in the semantic processing of concrete and abstract words, these models both suggest quantitative differences between the two kinds of concepts. Some authors rather suggest qualitative differences between concrete and abstract words and thus have distinguished themselves from the two dominant models. Studies of the semantic processing of concrete and abstract words have used various methodologies such as cognitive studies with healthy participants, clinical neuropsychological studies and functional neuroimaging studies. These studies have yielded heterogeneous findings and conclusions. Nonetheless, progress in all of these

disciplines has offered interesting insights which have enabled us to question currently available models of semantic processing and interpretations of the cerebral organisation of concrete and abstract concepts. An integration of the different theories will be proposed in an attempt to conciliate the heterogeneous findings found to this day.

INTRODUCTION

Bien que l'hémisphère gauche (HG) ait longtemps été considéré comme l'unique responsable de toutes les fonctions langagières, il est maintenant clairement établi que l'hémisphère droit (HD) contribue aussi à certaines dimensions du langage telles que la génération d'interprétations alternatives, la compréhension de mots lus ou entendus, la compréhension du discours, la compréhension de métaphores, ou encore l'appréciation de l'humour (Collins & Frew, 2001; Villardita et al., 1988). Malgré un avancement important des connaissances dans ce domaine, plusieurs débats persistent encore quant aux rôles spécifiques des hémisphères cérébraux (HC) dans les différentes dimensions du langage. Parmi ces débats subsiste celui qui a trait au traitement sémantique des mots concrets et abstraits et la contribution respective des HC dans ce traitement. De manière générale, la plupart des études dans le domaine de la mémoire sémantique se sont principalement intéressées au traitement sémantique de mots concrets, et tel que souligné par Breedin, la littérature sur les représentations sémantiques a très peu à dire sur la manière dont les concepts abstraits sont représentés tant sur le plan fonctionnel que neuroanatomique (Breedin et al., 1994). L'objet de cet article sera d'abord de rendre compte des études portant sur le traitement sémantique des mots concrets et abstraits, puis d'effectuer un recensement des études qui se sont intéressées à leurs substrats cérébraux, notamment à la contribution respective des HC dans leur traitement.

La plupart des études qui se sont intéressées à la distinction entre les mots concrets (e.g., *chaise, poule*) et abstraits (e.g., *confiance, indulgence*) ont basé leurs investigations

sur les deux modèles théoriques les plus dominants dans le domaine. Ces deux modèles diffèrent quant aux hypothèses qu'ils proposent relativement à l'implication de chacun des HC dans le traitement sémantique des mots concrets et abstraits (Paivio, 1986, 1991; Schwanenflugel et al., 1992). En revanche, ils sont semblables sur le plan de l'architecture fonctionnelle, car ils stipulent des distinctions quantitatives entre les deux types de concepts. Ainsi, Paivio suggère une différence quantitative entre les concepts abstraits et concrets en termes d'informations sensorielles supplémentaires en faveur des mots concrets (Paivio, 1986; Paivio, 1991). Schwanenflugel suggère plutôt une différence quantitative en termes d'informations contextuelles supplémentaires, également en faveur des concepts concrets (Schwanenflugel et al., 1992). Certains auteurs ne se rallient à aucun de ces modèles théoriques puisqu'ils suggèrent que des différences qualitatives, plutôt que quantitatives, au niveau du principe d'organisation des mots concrets et abstraits, seraient à la base de la distinction entre ces deux types de concepts. Parmi ces auteurs, certains proposent que les différences qualitatives entre les deux types de concepts soient en fait sous-tendues par des différences qualitatives au sein même des HC. Les principes d'organisation et les modes de fonctionnement propres à chacun des HC influenceraient l'organisation et le traitement des mots concrets et abstraits (Breedin et al., 1994; Brownell et al., 1984; Crutch et Warrington, 2004; Crutch et Warrington, 2005; Nocentini et al., 2001).

MODÈLES THÉORIQUES

L'idée que les concepts concrets et abstraits soient sémantiquement représentés, récupérés et traités différemment dans le cerveau humain vient de l'observation d'un phénomène connu sous le nom de *l'effet de concrétude*. L'effet de concrétude peut s'observer chez des sujets neurologiquement sains, et consiste en une vitesse supérieure et une meilleure exactitude des réponses pour le traitement de concepts concrets que pour le traitement de concepts abstraits. Cet effet se manifeste à l'intérieur de différentes tâches (e.g., tâches d'amorçage, de décision lexicale, de jugement sémantique, de mémorisation de mots) (Paivio, 1991), et peut même parfois être amplifié chez certains patients cérébrolésés de l'HG souffrant d'aphasie, de dysphasie ou même de dyslexie profonde (Breedin et al., 1994). L'observation d'un effet de concrétude est concordante avec l'idée communément acceptée selon laquelle les concepts concrets seraient plus faciles à comprendre et à traiter que les concepts abstraits.

Théorie du double codage (Paivio, 1986; Paivio, 1991)

Une première théorie élaborée par Paivio ayant tenté d'expliquer l'effet de concrétude, est celle du double codage (*Dual Coding Theory*) (Paivio, 1986; Paivio, 1991). Selon cette théorie, les mots concrets seraient encodés tant sous la forme de représentations verbales que sous la forme de représentations non-verbales, via la création d'images mentales. Les mots abstraits n'étant pas ou peu imageables, seraient surtout, voire exclusivement, encodés sous forme de représentations verbales. Ainsi, les mots concrets jouiraient d'un nombre

beaucoup plus grand de connexions dans le système non-verbal. Cette supériorité quantitative dans le système non-verbal concèderait un avantage lors du traitement de mots concrets, pour lesquels l'activation au sein de ce système serait beaucoup plus efficace que celle de mots abstraits. Les mots concrets bénéficieraient ainsi d'une double activation.

L'interprétation neuroanatomique la plus répandue de la théorie du double codage confère l'entière responsabilité du système des représentations non-verbales à l'HD. Ainsi, l'HD n'interviendrait presque exclusivement que lors du traitement sémantique de mots concrets (Fiebach et Friederici, 2003). Le système des représentations verbales, commun aux mots concrets et abstraits, serait quant à lui orchestré par l'HG. Ainsi, cette théorie prédit une contribution bilatérale dans le traitement des mots concrets et un traitement latéralisé à l'HG pour les mots abstraits.

Théorie de la disponibilité du contexte (Schwanenflugel et al., 1992)

Suite à l'observation selon laquelle l'effet de concrétude pouvait être diminué, voire même éliminé lorsque les mots abstraits et concrets étaient tous deux présentés en contexte (e.g., à l'intérieur d'une phrase), Schwanenflugel a suggéré la théorie de la disponibilité du contexte (*Context Availability Theory*) (Schwanenflugel et al., 1992). Cette seconde théorie cognitive explique l'effet de concrétude par la présence d'un contexte interne plus fort pour les mots concrets que pour les mots abstraits. Un contexte interne peut être défini comme l'ensemble des relations entre un concept donné et l'information sémantique qui lui est liée. Par exemple, l'information sémantique *dans la chambre* pourrait faire partie du contexte

interne du concept *lit*. Ainsi, les concepts concrets jouiraient de connexions plus fortes et plus nombreuses avec l'information contextuelle qui leur est liée, relativement aux concepts abstraits.

L'avantage dû au contexte interne plus important pour les mots concrets pourrait être contrebalancé par la disponibilité d'un contexte externe plus important pour les mots abstraits. Ainsi, si l'on présente le mot à l'intérieur d'une phrase plutôt que de manière isolée, cette phrase constituerait le contexte externe. La théorie de la disponibilité du contexte prédit principalement l'implication d'aires cérébrales associées à la récupération d'informations sémantiques, telles que les aires temporales supérieures et postérieures et les aires frontales antérieures et inférieures de l'HG, autant pour les concepts concrets que abstraits. Cependant, le traitement pour les mots abstraits devrait solliciter davantage ces aires puisque la récupération d'informations contextuelles devrait être plus difficile pour les mots abstraits présentés de manière isolée (Fiebach et Friederici, 2003; Schwanenflugel et al., 1992).

Ainsi, contrairement à la théorie du double codage, la théorie de la disponibilité du contexte ne confère pas de rôles particuliers aux HC quant au traitement des concepts concrets ou abstraits. Elle suggère plutôt une superposition des aires impliquées, avec une plus grande activation pour les mots abstraits.

Autres théories

Bien que les deux théories précédentes puissent aisément expliquer l'effet de concrétude, elles peuvent difficilement expliquer les quelques rares cas où les mots abstraits sont mieux traités que les mots concrets (Breedin et al., 1994; Loiselle et al., 2007; Warrington et Shallice, 1984), lorsque qu'il y a atteinte des mots abstraits suite à une lésion de l'HD (Kahlaoui et Joannette, 2006), ou encore lorsqu'il y a activation de l'HD lors du traitement sémantique des concepts abstraits dans des tâches de neuroimagerie fonctionnelle (Kempler, 2005; Kiehl et al., 1999).

L'observation d'une double dissociation dans l'atteinte des concepts concrets et abstraits suggère donc l'existence de substrats neuronaux potentiellement distincts sous-tendant la représentation sémantique de ces deux types de concepts (Breedin et al., 1994; Crutch et Warrington, 2005; Warrington et Shallice, 1984). De plus, elle oblige à repenser l'idée que de simples différences quantitatives pourraient être suffisantes dans l'explication de la dissociation entre ces concepts. Bien que plusieurs auteurs aient soulevé ces points, rares sont ceux qui ont proposé des modèles permettant de rendre compte de l'ensemble des faits observés. Par exemple, Breedin a postulé l'existence de différences qualitatives plutôt qu'uniquement quantitatives entre les deux types de concepts, relativement à leur acquisition, au format de leur représentation et à la variation de leur signification (Breedin et al., 1994). Malgré la pertinence des distinctions qualitatives proposées par ces auteurs, aucun modèle clair n'a été développé par la suite.

Crutch et Warrington ont démontré à travers une série d'études que les mots concrets relevaient d'une organisation davantage catégorielle, alors qu'elle serait plutôt associative pour les mots abstraits. Ces auteurs insistent néanmoins sur la distinction relative plutôt qu'absolue entre les concepts concrets et abstraits, les deux pouvant posséder des connexions tant catégorielles qu'associatives (Crutch, 2006; Crutch et al., 2006; Crutch et Warrington, 2004; Crutch et Warrington, 2005; Crutch et Warrington, 2007). Bien qu'ils n'aient posé aucune hypothèse neuroanatomique quant à la distinction entre concepts abstraits et concrets, un rapprochement peut être établi entre les idées de Crutch et ses collègues et celles d'autres auteurs ayant suggéré différentes organisations ou types d'associations préférentiellement traités par l'HD et l'HG, mais sans faire explicitement référence aux concepts abstraits et concrets.

Ainsi, certains auteurs ont parlé de dissociation paradigmatique (e.g., fleur – arbre) pour l'HG et syntagmatique (e.g., fleur – jardin) pour l'HD (Nocentini et al., 2001; Zaidel, 1985), d'autres utilisent plutôt les termes intraconceptuels pour l'HG et interconceptuels pour l'HD pour parler de la même distinction (Nocentini et al., 2001). Abernethy et Coney proposent une organisation sémantique plus hiérarchique et logique au sein de l'HG, alors que l'HD serait simplement organisé sur la base d'associations entre les concepts (Abernethy et Coney, 1996). La distinction entre les liens dénotatifs pour l'HG et connotatifs pour l'HD a également été proposée (Brownell et al., 1984). La dénotation réfère au sens premier d'un concept, à sa définition (e.g., chien – mammifère domestique de la famille des canidés), alors que la connotation réfère plutôt aux divers sens seconds d'un

même concept, à un niveau davantage métaphorique (e.g., chien – ami, fidélité, etc.). De façon similaire, Chiarello a émis l’hypothèse que l’HD activerait des représentations reliées tant de près que de loin à un concept alors que l’activation dans l’HG focaliserait sur la signification principale (Chiarello et Richards, 1992).

Tel que mentionné précédemment, tous ces auteurs ne font pas directement référence aux concepts abstraits et concrets. Plutôt, ils décrivent tous deux types de d’association, traités respectivement par chacun des HC. Cependant, un parallèle peut être tracé d’une part entre l’organisation davantage catégorielle pour les mots concrets proposée par Crutch et les différents types de traitements attribués à l’HG (e.g., paradigmatique, intraconceptuel, hiérarchique, dénotatif, activation de la signification principale), d’autre part entre l’organisation davantage associative pour les mots abstraits et les types de traitements attribués à l’HD (e.g., syntagmatique, interconceptuel, basé sur des associations, connotatif, activation des représentations reliées de près et de loin).

En appliquant les hypothèses de ces auteurs au traitement des concepts concrets et abstraits, on arrive à une compréhension de leur fonctionnement qui fait appel davantage à une coopération plutôt qu’à une spécialisation hémisphérique. En somme, les deux HC contribueraient au traitement sémantique des concepts abstraits et concrets, mais le mode de fonctionnement de chaque HC rendrait leur contribution respective plus ou moins importante en fonction du type de concept traité ou de la tâche à effectuer.

ÉTUDES RÉALISÉES AUPRÈS DE SUJETS NORMAUX

Deux techniques d'investigation ont principalement été employées dans l'évaluation du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits auprès de sujets normaux : l'amorçage et les champs visuels divisés. Ces techniques ont souvent été utilisées conjointement à l'intérieur d'une même étude, et font appel soit à une tâche de dénomination, soit à une tâche de prise de décision sur les mots présentés (e.g., tâche de décision lexicale ou de jugement sémantique) (Kahlaoui et Joanette, 2006).

L'idée selon laquelle le lexique de l'HD serait composé essentiellement de mots concrets pour lesquels il est aisé de se former une image mentale a reçu beaucoup d'appui de la part des études en champs visuels divisés chez des sujets normaux. Paivio s'est d'ailleurs fortement inspiré de ce type d'études afin d'élaborer sa théorie du double codage (Bleasdale, 1983; Paivio, 1986; Paivio, 1991). Plusieurs de ces études ont démontré un avantage marqué de l'HG pour le traitement sémantique des mots abstraits relativement aux mots concrets (Collins et Frew, 2001; Rainville et al., 1995), et un très léger avantage de l'HG ou même une absence d'asymétrie entre les deux hémisphères pour le traitement de mots concrets, que ce soit dans des tâches de décision lexicale, de dénomination ou de jugement sémantique (Rainville et al., 1995). Ainsi, dans la majorité des cas, un effet de concrétude est observé dans l'HD, mais non dans l'HG (Chiarello et al., 1987; Deloche et al., 1987; Shibahara et Lucero-Wagoner, 2002). Ces études soutiennent donc la théorie du double codage puisqu'elles suggèrent la présence d'un lexique spécialisé pour les mots très

imageables dans l'HD, et d'un lexique de mots tant concrets qu'abstraites dans l'HG (Whatmough et al., 2004).

En utilisant uniquement des mots abstraits comme amorces et comme cibles, Collins et Frew ont démontré un effet d'amorçage lorsque l'amorce était présentée à l'HG, mais pas à l'HD (Collins et Frew, 2001). Ce résultat est concordant avec les études antérieures. Cependant, l'effet d'amorçage obtenu via l'HG était observé indifféremment du champ visuel où était présentée la cible. Une amorce présentée à l'HG était donc en mesure d'activer efficacement une cible abstraite présentée à l'HD. Ce résultat ne pouvait pas être expliqué par la théorie du double codage, étant donné que dans cette étude l'HD semblait lui aussi contribuer au traitement sémantique de mots abstraits. Pour les auteurs, ces résultats pourraient signifier que les mots abstraits sont principalement traités via l'HG, mais que l'HD joue un rôle subsidiaire dans la compréhension de ces mots (Collins et Frew, 2001).

Shibahara et Lucero-Wagoner ont observé des effets d'amorçage dans les deux HC pour les deux types de concepts. Les patrons d'amorçage pour les mots abstraits étaient identiques pour les deux HC, tandis que l'effet d'amorçage était plus important dans l'HD pour les mots concrets (Shibahara et Lucero-Wagoner, 2002). Les auteurs en concluent que lorsque présentée à l'HD, l'information concernant les mots abstraits pourrait être ensuite transférée à l'HG pour un traitement subséquent, ce qui ne serait pas nécessaire pour les mots concrets. De plus, les auteurs ajoutent que l'avantage de l'HD pour les mots concrets dans leur expérimentation pourrait être en partie dû au fait que les mots concrets étaient

reliés (amorce – cible) par différents types d'associations, qui ne sont pas nécessairement possibles pour les mots abstraits (e.g., catégorielle, fonctionnelle, perceptuelle, relative au lieu). Certaines de ces associations (e.g., perceptuelle, relative au lieu) seraient traitées principalement par l'HD (Drews, 1987; Shibahara et Lucero-Wagoner, 2002).

Dans leur étude d'amorçage en champs visuels divisés, Chiarello et ses collègues obtiennent des résultats différents dans leurs deux conditions expérimentales. Dans la condition où les participants étaient avisés du lien sémantique entre l'amorce et la cible, un effet d'amorçage équivalent a été observé pour les deux champs visuels, autant pour les amorces abstraites que concrètes. Par contre, lorsque les participants n'étaient pas informés de ce lien sémantique, les amorces abstraites étaient significativement moins efficaces lorsqu'elles étaient présentées dans le champ visuel gauche (HD) comparativement au champ visuel droit (HG), alors qu'aucune différence entre les champs visuels n'était observée pour les amorces concrètes. Ces auteurs interprètent leurs résultats comme allant à l'encontre de l'idée d'un lexique restreint et constitué uniquement de mots concrets très imageables soutenu par l'HD, mais suggèrent malgré tout l'intervention d'un système d'imagerie qui jouerait un rôle en faveur des mots concrets dans la conditions où les participants ne sont pas avisés du lien sémantique entre l'amorce et la cible. Leurs résultats sont donc en partie interprétés selon la théorie du double codage (Chiarello et al., 1987).

Selon ces auteurs, la condition d'amorçage dans laquelle les participants sont prévenus du lien sémantique entre amorce et cible reflèterait des processus plus automatiques, probablement d'un niveau lexical. Celle où les participants sont informés que

l'amorce ne consiste qu'en un avertissement de l'apparition imminente de la cible reflèterait des processus plus contrôlés, survenant à un niveau post-lexical. Les auteurs concluent donc que la distinction entre les processus impliqués dans le traitement des mots concrets et abstraits n'apparaît qu'après l'accès lexical, c'est-à-dire à un niveau sémantique (Chiarello et al., 1987).

L'ensemble des résultats provenant des études auprès de participants normaux a généralement été interprété du point de vue de la théorie du double codage. Cependant, ces résultats pourraient être soumis à une interprétation alternative, similaire à celle proposée par Shibahara et Lucero-Wagoner (Shibahara et Lucero-Wagoner, 2002). En effet, il est concevable que des différences au niveau des modes de fonctionnement respectifs des HC puissent rendre compte des résultats obtenus. Ainsi, pour les concepts concrets, le traitement effectué par l'un ou l'autre des HC isolément serait efficace et suffisant. Cependant, pour les concepts abstraits, le mode de fonctionnement de l'HD serait insuffisant et l'intervention de l'HG serait alors nécessaire.

Dans cette ligne de pensée, Chiarello et ses collègues sont arrivés à la conclusion que le système sémantique de l'HD opérait de manière plus diffuse, sur un laps de temps plus étendu comparativement à l'HG (Chiarello et al., 1990). Beeman a par la suite suggéré l'hypothèse de la profondeur de l'activation. Selon cette hypothèse, lorsque le traitement sémantique est initié par l'HG, seul un petit réseau de concepts fortement reliés entre eux serait activé, alors que lorsque le traitement est initié par l'HD, un réseau plus large de concepts reliés serait activé (Beeman et al., 1994).

Selon Kahlaoui et Joannette, l'HG activerait rapidement des concepts reliés, mais cette activation diminuerait aussi rapidement, tandis que l'activation de l'HD serait plus lente et plus diffuse. Les deux HC auraient accès à un lexique similaire, mais opèreraient de manière différente. L'HG activerait rapidement autant les concepts très reliés que peu reliés, mais l'activation d'informations moins reliées serait rapidement supprimée, tandis que dans l'HD l'activation de la même information pourrait prendre plus de temps, mais resterait activée plus longtemps (Kahlaoui et Joannette, 2006). Évidemment, l'activation plus lente et de plus longue durée de l'HD serait sans doute plus difficilement mesurable que l'activation rapide de l'HG, particulièrement dans des tâches d'amorçage où l'intervalle entre la présentation de l'amorce et de la cible est généralement très court.

Ainsi, l'hypothèse pourrait être émise que comparativement aux mots concrets, les mots abstraits possèdent davantage d'associations avec d'autres concepts auxquels ils seraient peu reliés. Ainsi, une activation dans l'HD se diffusant au travers de nombreux concepts faiblement reliés nuirait au traitement sémantique des mots abstraits. L'activation des mots abstraits serait plus lente, plus diffuse et donc moins efficace que celle des mots concrets.

Dans la présente section, les seuls résultats qui paraissent difficilement interprétables d'après cette hypothèse sont ceux de Chiarello (Chiarello et al., 1987). Cependant, l'interprétation que ces auteurs font de leurs résultats peut être abordée de manière différente. En effet, l'avertissement d'un lien sémantique entre l'amorce et la cible pourrait permettre une certaine préparation et entraîner des processus descendants (*top-*

down) non automatiques. Ces processus serviraient à diriger plus efficacement l'activation à travers le réseau sémantique des concepts abstraits dans l'HD. Cette activation aurait autrement été trop diffuse pour être efficace. En étant ainsi dirigée, l'activation pour les concepts abstraits devient aussi efficace que pour les concepts concrets et l'effet de concrétude est alors éliminé. Lorsque les participants ne sont pas avisés du lien sémantique entre amorce et cible, un effet de concrétude est observé dans l'HD puisque l'activation des concepts abstraits dans cet hémisphère est alors trop diffuse puisque dirigée de manière non efficace.

Les études de champs visuels divisés chez les sujets neurologiquement sains ont permis des avancées dans la compréhension du traitement des concepts abstraits et concrets. Néanmoins, ce type de méthodologie comporte certaines limites. Notamment, l'usage de méthodes où l'on contraint un hémisphère à effectuer à lui seul un traitement lexical ou sémantique ne reflète pas nécessairement le fonctionnement normal du cerveau. En effet, il est possible que pour les mots abstraits, l'HD ait besoin d'un traitement préalable de l'information par l'HG afin d'effectuer à son tour une opération efficace (Sergent, 1994), alors que ce traitement initial ne serait pas nécessaire pour les mots concrets. En empêchant l'accès de l'information à l'HG, on bloque potentiellement toutes les étapes de traitement qui doivent nécessairement être entamées par l'HG, et on conclut à une incapacité ou à une inefficacité de l'HD à traiter les mots abstraits. Ceci pourrait par exemple être le cas si l'on suppose que l'activation efficace dans le réseau sémantique des

concepts abstraits dans l'HD nécessite d'abord un processus initié par l'HG ayant pour but de diriger efficacement une activation à travers le réseau diffus des concepts abstraits.

ÉTUDES DE CAS ET DE GROUPES DE PATIENTS CÉRÉBROLÉSÉS

Certaines contradictions émergent de la comparaison des résultats obtenus via les études comportementales chez les sujets sains et ceux provenant de l'étude des déficits observés chez des patients cérébrolésés.

De nombreux cas d'atteinte spécifique des concepts concrets ont été rapportés dans la littérature. Cependant, les atteintes observées ne concernent pas toujours l'ensemble des concepts concrets, et bien souvent des atteintes spécifiques de certaines catégories telle que celle des animaux, des objets manufacturés ou encore des fruits et légumes, ont été documentées. Ces atteintes spécifiques à des catégories peuvent soit se manifester de manière isolée, soit conjointement avec l'atteinte d'autres catégories (Caramazza, 1998; Caramazza et Shelton, 1998; Farah et Wallace, 1992; Hart et al., 1985; Hart et Gordon, 1992; Hillis et Caramazza, 1991; Silveri et Gainotti, 1988; Warrington et McCarthy, 1983; Warrington et Shallice, 1984).

À quelques exceptions près (Vandenbulcke et al., 2006), les déficits spécifiques à des catégories d'objets concrets faisaient suite à une lésion de l'HG, ou du moins prédominait dans l'HG lorsque la lésion était bilatérale. Plus spécifiquement, les déficits au niveau du traitement des concepts concrets ont généralement été associés à des lésions de la partie antérieure et inférieure du lobe temporal gauche (Noppeney et Price, 2002).

Dans la majorité des études ayant rapporté des atteintes sémantiques spécifiques des concepts concrets, les concepts abstraits n'avaient pas subi une évaluation aussi élaborée que celle des concepts concrets. Fait intéressant, certaines études qui se sont attardées à l'évaluation des concepts abstraits chez des patients atteints de démence sémantique ont rapporté non seulement une atteinte au niveau des concrets, mais également une relative préservation des concepts abstraits (Breedin et al., 1994; Warrington et Shallice, 1984). Cette observation a par la suite été corroborée par une étude auprès d'une série de patients atteints de démence sémantique (Loiselle et al., 2007).

Des déficits sélectifs des mots abstraits ont souvent été observés dans des cas d'aphasie, de dyslexie ou encore de dysphasie, lorsque la lésion se situait dans l'HG au niveau des aires périsylviennes (Noppeney et Price, 2002). Par contre, les déficits spécifiques aux mots abstraits qui découlent de telles lésions ne semblent pas nécessairement se situer à un niveau sémantique. En effet, ces patients démontrent souvent une atteinte disproportionnée au niveau de l'input et de l'output phonologique (Whatmough et al., 2004). Il est donc difficile dans ce contexte de parler d'une double dissociation entre concepts abstraits et concrets à un niveau sémantique central.

Bien que plusieurs études auprès de patients cérébrolésés droits aient également rapporté des atteintes au niveau du traitement sémantique de mots abstraits ou peu imageables (Kahlaoui et Joannette, 2006), certaines études ne confirment pas ces résultats. Ainsi, dans des tâches de décision lexicale et de jugement sémantique, Rainville et ses collègues n'ont observé aucun déficit clair ni pour les mots abstraits ni pour les mots

concrets, chez un groupe de patients cérébrolésés droits. Ceci pourrait signifier que la contribution de l'HD dans le traitement des mots concrets et abstraits pourrait être limitée ou encore que les régions cérébrales de l'HD qui étaient touchées chez ces patients n'avaient pas de rôle particulier dans le traitement sémantique. Le groupe de patients cérébrolésés gauches montrait cependant un déficit pour les mots abstraits, mais uniquement à un niveau lexical pré-sémantique (Rainville et al., 1995).

Villardita et ses collègues ont quant à eux observé un déficit spécifique dans l'apprentissage et le rappel différé d'une liste de mots concrets, mais pas pour une liste de mots abstraits, chez un groupe de patients cérébrolésés droits. Une atteinte de l'HD pourrait donc davantage nuire à l'encodage et au rappel de mots concrets imageables, mais pas à celui des mots abstraits (Villardita et al., 1988). Les résultats de ces auteurs sont facilement interprétables à la lumière de la théorie du double codage. Cependant, on ne peut pas conclure avec certitude que les mots abstraits ne sont pas traités par l'HD. Il est en effet possible que les processus mis en branle dans la mémorisation des mots abstraits ne requièrent pas ou requièrent dans une moindre mesure la participation de l'HD.

Si l'on avance que le traitement des mots abstraits à un niveau lexical, pas nécessairement sémantique, soit plus sensible à des lésions de l'HG que celui des mots concrets (Rainville et al., 1995; Whatmough et al., 2004), il serait possible que les tâches nécessitant un traitement de niveau surtout lexical (e.g., décision lexicale, dénomination) démontrent une atteinte isolée des mots abstraits. Ceci pourrait également signifier que le traitement lexical des concepts concrets puisse être réalisé par l'un ou l'autre des HC.

Ceci pourrait par exemple être expliqué par un réseau d'associations plus circonscrit pour les concepts concrets que pour les concepts abstraits dans l'HD. Le réseau d'un concept concret dans l'HD pourrait entre autres inclure une représentation imagée référant directement et étant fortement associée au concept (e.g., livre – représentation d'un livre). Cette association pourrait permettre un accès direct et rapide au concept concret en question. Ceci ne pourrait pas être le cas d'un concept abstrait qui posséderait plusieurs représentations imagées (e.g., justice – représentation d'une balance, d'un juge, d'une prison, etc.) plus faiblement reliées au concept puisque aucune ne réfère directement au mot abstrait recherché. Des processus dirigeant plus efficacement l'activation à travers le réseau diffus des concepts abstraits seraient donc nécessaires et ces processus pourraient être principalement soutenus par l'HG.

Les résultats de Villardita pourraient également être interprétés selon cette hypothèse (Villardita et al., 1988). En effet, les représentations imagées référant directement aux concepts concrets seraient sans doute grandement utiles lors de tâches de mémorisation. L'accessibilité de la représentation imagée de chacun des mots concrets à mémoriser permettrait un encodage plus riche et plus efficace. L'utilisation d'un tel réseau serait contre productif lors de la mémorisation de mots abstraits qui évoqueraient plusieurs représentations et associations, augmentant ainsi la charge mnésique. Une atteinte du système des représentations de l'HD obligerait une mémorisation des mots concrets basée sur des processus similaires à ceux utilisés pour les mots abstraits, et faisant probablement davantage appel à l'HG.

Les études effectuées auprès de patients cérébrolésés sont essentielles puisqu'elles permettent de constater l'implication d'une région donnée sur le traitement des concepts concrets et abstraits. Cependant, il est important de souligner que l'impact d'une lésion peut être interprétée de différentes manières puisqu'il est souvent difficile, voire impossible de vérifier dans quel niveau de traitement la région touchée est impliquée (stockage sémantique, processus de traitement de l'information, etc.).

ÉTUDE EN NEUROIMAGERIE ET POTENTIELS EVOQUES

Bien que la majorité des études en neuroimagerie aient davantage étudié les substrats neuronaux sous-tendant le traitement sémantique des concepts concrets, quelques études ont porté sur les concepts abstraits. Toutes ces études basaient leur investigation sur l'un ou l'autre des deux modèles théoriques dominants mentionnés précédemment et avaient pour but de confirmer ou d'infirmer les prédictions neuroanatomiques distinctes de ces théories.

Dans une étude en IRMf employant une tâche de décision lexicale, Binder et ses collègues ont obtenu des résultats qui supportent la théorie du double codage. Ils soutiennent l'implication d'aires associatives bilatérales pour les mots concrets, tandis que les mots abstraits n'impliquaient que les régions inférieures du lobe frontal gauche (Binder et al., 2005). Sabsevitz a obtenu des résultats très similaires, mais à l'aide d'une tâche de jugement de similarité sémantique (Sabsevitz et al., 2005).

À l'aide d'une tâche de catégorisation sémantique (consommable/non-consommable), Pexman et ses collègues ont quant à eux obtenu des activations plus

importantes pour les mots abstraits vs. les mots concrets à travers un réseau cérébral diffus impliquant différentes aires associatives. Selon ces auteurs, les résultats ne sont interprétables dans le cadre d'aucune des deux théories dominantes. Ces auteurs suggèrent que les mots abstraits ne souffrent pas de représentations sémantiques appauvries relativement aux concepts concrets. Plutôt, les concepts abstraits seraient caractérisés par des réseaux de représentations sémantiques plus étendus et ne possédant pas de foyer stable vers lequel les différentes associations référentielles convergeraient (Pexman et al., 2007). Cette hypothèse pourrait permettre de comprendre pourquoi les concepts abstraits, dont le traitement ferait intervenir plusieurs aires cérébrales distribuées, seraient plus fragiles à différentes lésions cérébrales.

Goldberg et ses collègues ont obtenu des activations au niveau d'aires préfrontales gauches lors d'une tâche de décision sémantique sur des animaux en IRMf. Cependant, les décisions sémantiques concernant des caractéristiques abstraites sur les animaux (e.g., Cet animal peut-il être domestiqué ?) entraînaient davantage d'activation au niveau du cortex préfrontal gauche comparativement aux décisions relatives à des caractéristiques plus concrètes ou perceptuelles (e.g., Cet animal a-t-il des plumes ?) (Goldberg et al., 2007).

En utilisant une tâche de synonymie en IRMf, Noppeney et Price n'ont obtenu aucune activation plus importante pour les mots concrets que pour les mots abstraits, mais des activations plus importantes pour les mots abstraits ont été retrouvées dans la région frontotemporale gauche, une région qui serait reconnue pour être impliquée dans le traitement sémantique de phrases (Noppeney et Price, 2004). Selon les auteurs, ces résultats

iraient davantage dans le sens de la théorie de la disponibilité du contexte qui prédit des activations plus importantes pour les mots abstraits dans les aires de l'HG associées à la récupération d'informations sémantiques (Noppeney et Price, 2004).

Dans une tâche de décision lexicale en IRMf, Fiebach et Friederici ont observé des activations prédominantes dans l'HG autant pour les concepts concrets qu'abstraites. Relativement aux concepts concrets, les concepts abstraits activaient davantage la région inférieure du lobe frontal gauche. Tel que mentionné précédemment, cette région est reconnue comme étant impliquée dans la récupération d'informations sémantiques (Fiebach et Friederici, 2003). Les auteurs concluent que les mots abstraits requièrent davantage les processus liés à la récupération d'informations sémantiques. Ces résultats pourraient appuyer la théorie de la disponibilité du contexte. Cependant, les mots concrets activaient davantage la région temporale basale de l'HG, une aire reconnue pour son implication dans l'encodage d'informations visuelles de haut niveau. Malgré l'absence d'activation de l'HD pour les mots concrets, ces résultats pourraient aller dans le sens de la théorie du double codage (Fiebach et Friederici, 2003).

En effet, notons que l'interprétation généralement faite de la théorie de Paivio est plutôt sommaire car elle suppose que tous les processus d'imagerie mentale seraient limités à l'HD. Paivio lui-même n'a jamais fait de nette distinction quant aux rôles respectifs des hémisphères cérébraux dans le traitement d'informations verbales et visuelles. Il suggérait plutôt que les mots concrets impliquaient davantage des aires cérébrales associées au traitement sémantique d'informations visuelles que les mots abstraits, alors que des aires

impliquées dans le traitement d'informations verbales seraient recrutées de manière équivalente par les deux types de mots (Fiebach et Friederici, 2003; Paivio, 1986 ; Paivio 1991).

Or, dans l'étude de Fiebach et Friederici, il y a effectivement activation d'aires cérébrales très fortement associées au traitement sémantique d'informations visuelles pour les mots concrets. Leurs résultats concordent avec ceux de Noppeney et Price qui avaient obtenu une activation plus importante au niveau de la région ventrale de la partie antérieure du lobe temporal gauche pour les mots ayant des attributs sensoriels relativement aux mots abstraits, également dans une tâche de décision lexicale (Noppeney et Price, 2002).

Cependant, toutes les études n'obtiennent pas des résultats pouvant facilement être expliqués par l'une ou l'autre des théories. Entre autres, plusieurs études ont observé des activations plus importantes pour les mots abstraits dans l'HD. Dans une tâche de jugement de similarité sémantique de paires de mots en tomographie par émissions de positons (TEP), l'activation principale pour les mots abstraits a été retrouvée au niveau du gyrus fusiforme médian droit tandis que l'activation pour les mots concrets se situait surtout au niveau du gyrus fusiforme latéral gauche (Whatmough et al., 2004). Les résultats de Kiehl et ses collègues montrent une activation plus importante dans la partie antérieure du lobe temporal droit pour les mots abstraits que pour les mots concrets dans une tâche de décision lexicale (Kiehl et al., 1999). Lors de l'écoute passive de mots abstraits, D'Esposito et ses collègues ont observé une activation des régions frontales de l'HD (D'Esposito et al., 1997). Jessen et ses collègues obtenaient une activation spécifique dans la région occipitale

latérale de l'HD pour les mots abstraits dans une tâche d'encodage et de reconnaissance de mots (Jessen et al., 2000).

Dans une tâche de décision lexicale ainsi que dans une tâche de classification abstrait/concret en ERP, les mots concrets étaient associés à une plus grande N400 dans l'HD que pour les mots abstraits, mais les mots abstraits produisaient tout de même une réponse à la N400 dans l'HD (Kounios et Holcomb, 1994). Plus tard, West et Holcomb ont poussé l'investigation et ont observé des temps de réaction plus rapides dans une tâche d'imagerie que dans une tâche sémantique pour les mots concrets, alors qu'il n'y avait pas de différence entre ces tâches pour les mots abstraits. Dans la tâche sémantique, le pic de l'activation correspondait à la composante N400, tandis que dans la tâche d'imagerie le pic de l'activation survenait à N700 (West et Holcomb, 2000).

Selon les auteurs, ces résultats suggèrent l'implication d'au moins deux processus cognitifs distincts activés différemment par les deux tâches, et correspondant respectivement aux systèmes verbal et non-verbal de la théorie du double codage. L'amplitude de la N400 était plus importante pour les mots concrets, particulièrement dans la tâche sémantique. Par contre, sa distribution sur le scalp était similaire pour les deux types de mots. Ce patron d'activation est concordant avec l'idée d'un système de représentations verbales commun aux deux types de mots, mais que les deux types de mots activent à différents degrés. Le deuxième processus, représenté par la N700, manifestait un patron d'activation différent pour les mots concrets et abstraits. La N700 se manifestait davantage dans la tâche d'imagerie et essentiellement pour les mots concrets. Elle a donc

été interprétée comme reflétant l'implication d'un système d'imagerie mentale qui était surtout disponible pour les mots concrets (West et Holcomb, 2000).

Martin-Loeches et al. (2001) ont utilisé le potentiel de reconnaissance (PR) qui est une réponse électrique du cerveau sensible au contenu sémantique et qui aurait son origine dans les aires extrastriées, régions qui seraient impliquées notamment dans le traitement sémantique visuel. Le maximum d'amplitude de cette composante se situe entre 250 et 300 msec. Dans leur tâche de décision lexicale, les auteurs obtenaient un effet du PR pour les deux types de mots, mais cet effet était plus important pour les mots concrets. Ainsi, le matériel abstrait activerait lui aussi les aires associées à la sémantique visuelle, mais de manière moins importante que les mots concrets (Martin-Loeches et al., 2001).

Selon ces auteurs, il serait possible que les mots abstraits puissent dans une certaine mesure évoquer un certain type d'image visuelle, ou accéder au même système non-verbal que les mots concrets, sans pour autant que la représentation visuelle appropriée ne soit activée. Suite à une recherche infructueuse qui s'effectuerait dans ce système non-verbal, l'identification sémantique des mots abstraits serait réalisée par l'intervention d'un autre type de système sémantique. Contrairement à West et Holcomb, Martin-Loeches et ses collègues supposent donc que l'accès au système sémantique non-verbal précéderait celui du système verbal (Martin-Loeches et al., 2001; West et Holcomb, 2000).

L'interprétation de Martin-Loeches rappelle l'hypothèse précédemment décrite qui suggère la disponibilité pour les mots concrets de représentations imagées référant directement au concept (e.g., chien – représentation d'un chien), ceux-ci étant non

disponibles pour les mots abstraits (paix – représentation d’une colombe, d’un drapeau blanc, etc.).

Plus récemment, dans une étude de magnétoencéphalographie (MEG) utilisant une tâche de classification concret/abstrait, Dhond et ses collègues observaient une N400 moins importante pour les mots abstraits que pour les mots concrets dans la région fronto-temporale gauche, et moins importante dans la région temporale antérieure droite pour les mots concrets comparativement aux mots abstraits (Dhond et al, 2007). Puisque la N400 est diminuée lorsque l’intégration lexico-sémantique avec le contexte disponible est facilitée, les auteurs concluent en la spécialisation de réseaux lexico-sémantiques plus efficaces pour les mots abstraits dans les aires frontotemporales gauches, ainsi qu’en la spécialisation de réseaux plus efficaces pour les mots concrets dans les aires temporales antérieures droites. Ces auteurs observaient également une réponse aux mots concrets atteignant son maximum à environ 550ms au niveau occipitopariétal et pariétal latéral. Cette réponse fût interprétée comme reflétant l’intervention d’un système d’imagerie qui suivrait le traitement des mots concrets via un système linguistique (Dhond et al., 2007). Rappelons que Kounios et Holcomb (1994) avaient obtenu des résultats contradictoires à ceux de Dhond et al. (2007) avec une N400 plus importante dans l’HD pour les concrets que pour les abstraits. Pourtant, tous ces auteurs considèrent que leurs résultats supportent la théorie du double codage (Dhond et al., 2007; Kounios et Holcomb, 1994).

Ce survol de la littérature des études en neuroimagerie portant sur le traitement des concepts concrets et abstraits nous amène à établir des conclusions similaires à celles que

Fiebach et Friederici ont proposées (Fiebach et Friederici, 2003). Ainsi, contrairement à l'interprétation la plus répandue de la théorie de Paivio, les mots concrets ne seraient pas nécessairement associés à une activation plus importante de l'HD que les mots abstraits. De plus, les différences d'activations entre les deux types de concepts se retrouvent généralement au sein même de l'HG, mais dans des régions différentes. Certains résultats semblent répliquables, notamment l'activation des régions plus inférieures et antérieures du lobe temporal gauche lors du traitement des mots concrets, et l'activation des régions fronto-temporales gauches lors du traitement des mots abstraits, particulièrement dans des tâches de décision lexicale. Des activations latéralisées à l'HD ont plus souvent été associées au traitement de mots abstraits, bien qu'il ne semble pas y avoir de réelle constance quant aux sites d'activations observés dans l'HD. Fiebach et Friederici remarquent que la diversité des tâches ayant été utilisées dans toutes ces études pourrait être en partie responsable de cette inconsistance (Fiebach et Friederici, 2003).

Des activations plus importantes de l'HD pour les mots abstraits peuvent difficilement être interprétables dans le contexte de la théorie du double codage ou de la théorie de la disponibilité du contexte, mais vont plutôt dans le sens d'études qui ont démontré l'implication de l'HD dans le traitement sémantique du langage abstrait tel que la compréhension de métaphores, l'appréciation de l'humour, le raisonnement verbal et la compréhension de la prosodie (Kempler, 2005; Kiehl et al., 1999).

Certaines considérations doivent être mentionnées lorsque l'on aborde les études en neuroimagerie. D'une part, les activations sont parfois interprétées de manière très

différente. Ainsi, l'augmentation de l'activation dans une région cérébrale donnée pourrait signifier que cette région est spécialisée pour le matériel qui est traité, mais cette activation pourrait également refléter la nécessité de traiter un stimulus pour lequel la région activée n'est pas spécialisée (Sergent, 1994). De même, si l'on suppose que l'activation provoquée par les mots abstraits est plus diffuse et plus lente que pour les mots concrets, l'absence d'activation cérébrale spécifique pour les mots abstraits pourrait aussi refléter une activation insuffisante pour être détectée, puisque trop diffuse au travers du réseau sémantique. De plus, tel que l'a souligné Scott (2004), il n'est pas aisé de distinguer entre les activations de représentations sémantiques et celles dues aux divers processus impliqués dans le traitement de ces représentations (e.g., processus de recherche, récupération, manipulation, décision, etc.).

Il en est de même pour les études en potentiels évoqués, où l'indice de traitement sémantique utilisé peut être interprété de différentes manières et n'est peut-être pas autant représentatif du traitement des concepts abstraits que du traitement des concepts concrets. Par exemple, la N400 semble être la mesure physiologique de processus cognitifs davantage impliqués pour les mots concrets qu'abstraites. On sait par exemple que son amplitude est plus faible pour les mots abstraits. Elle est également plus faible pour les mots plus généraux (e.g., animal) versus spécifiques (e.g., chien) et pour les mots de haute fréquence (Kounios et Holcomb, 1994). De plus, il semblerait qu'elle soit également sensible aux relations perceptuelles entre les stimuli (e.g., sous-bouton) (Kellenbach et al, 2000).

DISCUSSION

Les études qui se sont intéressées à la compréhension des concepts concrets et abstraits et provenant de disciplines aussi diverses que les études cognitives chez le sujet sain, la neuropsychologie clinique et la neuroimagerie fonctionnelle ont abouti à des résultats et des conclusions hétérogènes. Ces différences de résultats pourraient provenir de la multitude des méthodes d'investigation employées, des différences entre le matériel à traiter ou de l'exigence et la difficulté des tâches à accomplir. Une étude de Banich et Belger souligne d'ailleurs l'importance de contrôler le niveau de difficulté des tâches dans les études qui cherchent à évaluer la contribution des hémisphères cérébraux. Ces auteurs démontrent clairement que la contribution des deux hémisphères facilite la performance lors d'une tâche plus complexe, alors qu'elle peut nuire à la performance lors d'une tâche plus simple pouvant être exécuté par un seul HC (Banich & Belger, 1990). Dans le même sens, Pexman souligne qu'il est possible que la tâche de décision lexicale ne soit pas représentative de l'ampleur des réseaux sémantiques impliqués dans le traitement des concepts abstraits, étant donné que les réseaux sous-jacents sont beaucoup plus distribués (Pexman et al., 2007).

Bien que toutes les méthodes d'investigation employées possèdent des limites, des conclusions intéressantes ressortent néanmoins de ces différents champs d'étude. Ainsi, les études d'amorçage en champs visuel divisés ont en général permis d'observer un effet de concrétude plus marqué dans l'HD, ce qui a permis à plusieurs auteurs de conclure en la présence d'un système d'imagerie dans l'HD. Ce système ne serait pas activé seulement

lors du traitement des mots concrets mais serait plus efficace pour le traitement des mots concrets, du moins en ce qui concerne les tâches ayant été employées dans ces études.

L'étude de patients cérébrolésés a souligné le rôle de la partie antérieure du lobe temporal gauche pour le traitement des concepts concrets et suggéré des réseaux en partie distincts pour le traitement de ces deux types de concepts. Selon ces mêmes études, il semble que des atteintes de l'HG puissent également nuire au traitement des concepts abstraits, mais que cela se manifeste davantage à un niveau lexical. Enfin, l'HD serait impliqué dans certaines dimensions du traitement des mots concrets, entre autres lors de leur mémorisation, et serait aussi impliqué dans certaines dimensions plus abstraites du langage (e.g., prosodie, métaphores, humour).

En ce qui concerne la neuroimagerie et les potentiels évoqués, des résultats particulièrement hétérogènes ont découlé de l'ensemble des études portant sur le traitement des concepts concrets et abstraits. Cette hétérogénéité est probablement, au moins en partie, due aux différences dans les tâches et les indices utilisés ainsi que dans l'interprétation de ces indices. Malgré tout, certains résultats semblent être plus consistants que d'autres. Ainsi, les mots concrets ne seraient pas nécessairement associés à une activation plus importante de l'HD que les mots abstraits. Des activations latéralisées à l'HD ont d'ailleurs plus souvent été associées au traitement des concepts abstraits qu'à celui des concepts concrets, mais sans constance quant aux sites d'activation observés dans l'HD. Des différences d'activation entre les deux types de concepts seraient retrouvées au sein même de l'HG. En effet, l'activation des régions plus inférieures et antérieures du lobe temporal

gauche pour les mots concrets, et l'activation des régions frontotemporales gauche pour les mots abstraits, ont souvent été rapportées, particulièrement dans des tâches de décision lexicale.

En résumé, les progrès dans le domaine des neurosciences cognitives et de la neuropsychologie clinique nous ont fourni au cours des dernières années de nouvelles données intéressantes qui nous permettent de remettre en question ou d'améliorer les modèles sémantiques existants sur la représentation des concepts concrets et abstraits ainsi que sur leurs substrats cérébraux. À la lumière de ces études, il semble qu'une intégration des différents modèles soit plus adaptée. Un effort dans cette direction fut déjà tenté par Holcomb et ses collègues qui ont proposé une version révisée de la théorie du double codage (*Extended dual-coding theory*), intégrant les théories du double codage et de la disponibilité du contexte (Holcomb et al., 1999; West et Holcomb, 2000). Dans cette version adaptée, les concepts concrets bénéficient d'un avantage grâce à davantage de connexions référentielles ou de liens sémantiques dans le système verbal et non-verbal. Les concepts concrets auraient donc des contextes internes plus forts dans ces deux systèmes.

Malgré la pertinence de la version révisée de la théorie du double codage, un modèle du traitement des concepts concrets et abstraits devrait également aborder d'abord la question de distinction quant à l'organisation qualitativement différente des deux types de concepts, ensuite celle de l'influence des modes de fonctionnements respectifs des HC. Ainsi, les concepts concrets et abstraits possèderaient des associations autant verbales que non verbales, mais l'organisation du réseau sémantique qui composerait ces associations

serait différente selon le type de concept. Les concepts abstraits auraient une organisation plus associative et plus diffuse. Suivant les idées de la théorie de la disponibilité du contexte, cette organisation caractéristique des concepts abstraits entraînerait un faible contexte interne. À l'inverse, l'organisation des concepts concrets serait plus catégorielle et focalisée. Les concepts concrets bénéficieraient donc d'un contexte interne plus fort. La distinction entre les deux types de concepts ne se ferait donc pas à un niveau quantitatif, c'est-à-dire sur la base du nombre d'association qu'il possède, mais bien à un niveau qualitatif, c'est-à-dire dans la manière dont ces associations sont organisées.

Ensuite, le mode de fonctionnement des HC devrait également être pris en considération. Ainsi, le mode de fonctionnement de l'HD, caractérisé par des activations plus diffuses et plus lentes, aura des impacts négatifs plus importants sur l'efficacité du traitement des concepts abstraits, qui possèderaient des réseaux plus distribués. Des processus similaires seraient impliqués dans le traitement des deux types de concepts, mais certains processus seraient plus indispensables pour l'un ou pour l'autre, dépendamment de la demande de la tâche. Par exemple, des processus permettant de diriger plus efficacement l'activation à travers le réseau sémantique seraient mis en branle tant lors du traitement de concepts concrets qu'abstraites, mais seraient d'autant plus importants pour les concepts abstraits, particulièrement dans l'HD. Les différents processus seraient bien sûr soutenus par des aires cérébrales, elles-mêmes plus spécifiquement impliquées dans le traitement des concepts concrets (e.g., temporal basal gauche) ou abstraits (e.g., frontotemporal gauche).

En conclusion, il apparaît aujourd'hui difficile d'attribuer le traitement spécifique d'un type de concept à l'un ou l'autre des HC. Les recherches à venir dans ce domaine devraient donc privilégier une approche de coopération hémisphérique plutôt que de spécialisation hémisphérique. Les recherches futures devront également davantage contrôler et tenir compte des paramètres de leur tâche expérimentale et réfléchir aux différents processus que ces tâches impliquent. Par ailleurs, la reproduction des résultats est importante dans ce contexte, particulièrement en ce qui concerne les études en imagerie et en potentiels évoqués. Enfin, il serait pertinent de comparer les concepts concrets et abstraits dans des tâches impliquant des processus qui sont généralement attribués soit à l'un ou à l'autre type de concept (e.g., tâche d'imagerie, compréhension de métaphore), autant à partir d'études en neuroimagerie qu'à partir d'études comportementales auprès de sujets sains et d'études auprès de patients cérébrolésés.

Références

- Abernethy, M., & Coney, J. 1996. Semantic category priming in the left cerebral hemisphere. *Neuropsychologia* 34, 339-350.
- Banich, M. T., & Belger, A. 1990. Interhemispheric interaction: how do the hemispheres divide and conquer a task? *Cortex* 26, 77-94.
- Beeman, M. J., Friedman, R., Grafman, J., Perez, E., Diamond, S., & Lindsay, M. 1994. Summation priming and coarse semantic coding in the right hemisphere. *Journal of cognitive neuroscience* 6, 26-43.
- Binder, J. R., Westbury, C. F., McKiernan, K. A., Possing, E. T., & Medler, D. A. 2005. Distinct brain systems for processing concrete and abstract concepts. *Journal of cognitive neuroscience* 17, 905-917.
- Bleasdale, F. 1983 Paivio's Dual-Coding Model of Meaning Revisited. In J. Yuille (Ed.), *Imagery, Memory and Cognition : Essays in honor of Allan Paivio* (pp. 183-209). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Breedin, S. D., Saffran, E. M., & Coslett, H. B. 1994. Reversal of the concreteness effect in a patient with semantic dementia. *Cognitive neuropsychology* 11, 617-660.
- Brownell, H. H., Potter, H. H., Michelow, D., & Gardner, H. 1984. Sensitivity to lexical denotation and connotation in brain-damaged patients: a double dissociation? *Brain Lang.* 22, 253-265.

- Caramazza, A. 1998. The interpretation of semantic category-specific deficits: What do they reveal about the organisation of conceptual knowledge in the brain? *Neurocase* 4, 265-272.
- Caramazza, A., & Shelton, J. R. 1998. Domain-Specific knowledge systems in the brain: The animate-inanimate distinction. *Journal of cognitive neuroscience* 10, 1-34.
- Chiarello, C., Burgess, C., Richards, L., & Pollock, A. 1990. Semantic and associative priming in the cerebral hemispheres: some words do, some words don't ... sometimes, some places. *Brain Lang.* 38, 75-104.
- Chiarello, C., & Richards, L. 1992. Another look at categorical priming in the cerebral hemispheres. *Neuropsychologia* 30, 381-392.
- Chiarello, C., Senehi, J., & Nuding, S. 1987. Semantic priming with abstract and concrete words: Differential Asymmetry may be postlexical. *Brain and Language*, 31, 43-60.
- Collins, M., & Frew, A. 2001. Right hemisphere contribution to the comprehension of low-imagery words. *Laterality* 6, 111-132.
- Crutch, S. J. 2006. Qualitatively different semantic representations for abstract and concrete words: further evidence from the semantic reading errors of deep dyslexic patients. *Neurocase* 12, 91-97.
- Crutch, S. J., Ridha, B. H., & Warrington, E. K. 2006. The different frameworks underlying abstract and concrete knowledge: evidence from a bilingual patient with a semantic refractory access dysphasia. *Neurocase* 12, 151-163.

- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. 2004. Abstract words are represented in an associative network whilst concrete words are represented in a categorical network. *Brain and language* 91, 13-14.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. 2005. Abstract and concrete concepts have structurally different representational frameworks. *Brain* 128, 615-627.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. 2007. Semantic priming in deep-phonological dyslexia: contrasting effects of association and similarity upon abstract and concrete word reading. *Cogn. Neuropsychol.* 24, 583-602.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Aguirre, G. K., Stallcup, M., Alsop, D. C., Tippet, L. J., et al. 1997. A functional MRI study of mental image generation. *Neuropsychologia* 35, 725-730.
- Deloche, G., Seron, X., Scius, G., & Segui, J. 1987. Right hemisphere language processing: lateral difference with imageable and nonimageable ambiguous words. *Brain Lang.* 30, 197-205.
- Dhond, R. P., Witzel, T., Dale, A. M., & Halgren, E. 2007. Spatiotemporal cortical dynamics underlying abstract and concrete word reading. *Hum. Brain Mapp.* 28, 355-362.
- Drews, E. 1987. Qualitatively different organizational structures of lexical knowledge in the left and right hemisphere. *Neuropsychologia* 25, 419-427.
- Farah, M. J., & Wallace, M. A. 1992. Semantically-bounded anomia: implications for the neural implementation of naming. *Neuropsychologia* 30, 609-621.

- Fiebach, C. J., & Friederici, A. D. 2003. Processing concrete words: fMRI evidence against a specific right-hemisphere involvement. *Neuropsychologia* 42, 62-70.
- Goldberg, R. F., Perfetti, C. A., Fiez, J. A., & Schneider, W. 2007. Selective retrieval of abstract semantic knowledge in left prefrontal cortex. *J Neurosci.* 27, 3790-3798.
- Hart, J., Jr., Berndt, R. S., & Caramazza, A. 1985. Category-specific naming deficit following cerebral infarction. *Nature* 316, 439-440.
- Hart, J., Jr., & Gordon, B. 1992. Neural subsystems for object knowledge. *Nature* 359, 60-64.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. 1991. Category-specific naming and comprehension impairment: a double dissociation. *Brain* 114, 2081-2094.
- Jessen, F., Heun, R., Erb, M., Granath, D.-O., Klose, U., Papassotiropoulos, A., et al. 2000. The concreteness Effect: Evidence for dual coding and context availability. *Brain and Language* 74, 103-112.
- Kahlaoui, K., & Joannette, Y. 2006. Normal and pathological semantic processing of words. In *Handbook of clinical linguistics*.
- Kellenbach, M. L., Wijers, A. A., & Mulder, G. 2000. Visual semantic features are activated during the processing of concrete words: event-related potential evidence for perceptual semantic priming. *Brain. Res. Cogn. Brain Res.* 10, 67-75.
- Kempler, D. 2005. *Neurocognitive disorders in aging*. California: Sage Publications, Inc.

- Kiehl, K. A., Liddle, P. F., Smith, A. M., Mendrek, A., Forster, B. B., & Hare, R. D. 1999. Neural pathways involved in the processing of concrete and abstract words. *Hum. Brain. Mapp.* 7, 225-233.
- Kounios, J., & Holcomb, P. L. 1994. Concreteness effects in semantic processing ERP evidence supporting Dual-Coding theory. *Journal of experimental Psychology: Learning, memory, and cognition* 20, 804-823.
- Loiselle, M., Macoir, J., Felician, O., Didic, M., Poncet, M., Ceccaldi, M., et al. 2007. La compréhension des concepts abstraits est-elle mieux préservée que celle des concepts concrets dans la démence sémantique? Paper presented at the 29e symposium international du GRSNC: L'essence de la mémoire, Montréal.
- Nocentini, U., Goulet, P., Roberts, P. M., & Joannette, Y. 2001. The effects of left- versus right-hemisphere lesions on the sensitivity to intra- and interconceptual semantic relationships. *Neuropsychologia* 39, 443-451.
- Noppeney, U., & Price, C. J. 2002. Retrieval of visual, auditory, and abstract semantics. *Neuroimage* 15, 917-926.
- Noppeney, U., & Price, C. J. 2004. Retrieval of abstract semantics. *Neuroimage* 22, 164-170.
- Paivio, A. 1986. Dual Coding Theory. In *Mental Representations* (pp. 53-83). New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. 1991. Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status. *Canadian Journal of Psychology* 45, 255-287.

- Pexman, P. M., Hargreaves, I. S., Edwards, J. D., Henry, L. C., & Goodyear, B. G. 2007. Neural correlates of concreteness in semantic categorization. *J. Cogn. Neurosci.* 19, 1407-1419.
- Rainville, P., Goulet, P., & Joanette, Y. 1995. Contribution of the right hemisphere to the processing of concrete words. *Clinical Aphasiology* 23, 207-216.
- Sabsevitz, D. S., Medler, D. A., Seidenberg, M., & Binder, J. R. 2005. Modulation of the semantic system by word imageability. *Neuroimage* 27, 188-200.
- Schwanenflugel, P. J., Akin, C., & Luh, W. M. 1992. Context availability and the recall of abstract and concrete words. *Mem. Cognit.* 20, 96-104.
- Sergent, J. 1994. Spécialisation fonctionnelle et coopération des hémisphères cérébraux. In X. S. M. Jeannerod (Ed.), *Neuropsychologie humaine* (pp. 105-125). Liège: Mardaga.
- Shibahara, N., & Lucero-Wagoner, B. 2002. Hemispheric asymmetry in accessing word meanings: concrete and abstract nouns. *Percept. Mot. Skills* 94, 1292-1300.
- Silveri, M. C., & Gainotti, G. 1988. Interaction between vision and language in category-specific semantic impairment. *Cognitive neuropsychology*, 5(6), 677-709.
- Vandenbulcke, M., Peeters, R., Fannes, K., & Vandenberghe, R. 2006. Knowledge of visual attributes in the right hemisphere. *Nat. Neurosci.* 9, 964-970.
- Villardita, C., Grioli, S., & Quattropiani, M. C. 1988. Concreteness/abstractness of stimulus-words and semantic clustering in right brain-damaged patients. *Cortex* 24, 563-571.

- Warrington, E. K., & McCarthy, R. 1983. Category specific access dysphasia. *Brain* 106, 859-878.
- Warrington, E. K., & Shallice, T. 1984. Category specific semantic impairments. *Brain* 107, 829-854.
- West, W. C., & Holcomb, P. J. 2000. Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: an electrophysiological investigation. *J. Cogn. Neurosci.* 12, 1024-1037.
- Whatmough, C., Verret, L., Fung, D., & Chertkow, H. 2004. Common and contrasting areas of activation for abstract and concrete concepts: an H2 15O PET study. *J. Cogn. Neurosci.* 16, 1211-1226.
- Zaidel, E. 1985. Language in right hemisphere. In Z. Benson D.F., E. (Ed.), *The dual brain* (pp. 205-231). New-York: Guilford Press.

Chapitre 3: Article 2

Comprehension of concrete and abstract words in patients with selective anterior temporal lobe resection and in patients with selective hippocampo-amygdalectomy

Magalie Loiseau^{a, b, c}, Isabelle Rouleau^{d, e}, Dang Khoa Nguyen^e, François Dubeau^f,
Joël Macoir^{g, h}, Christine Whatmoughⁱ, Franco Lepore^{a, b}, Sven Joubert^{a, c}

^a Département de psychologie, Université de Montréal, Canada

^b CERNEC, Université de Montréal, Canada

^c CRIUGM, Montréal, Canada

^d Département de psychologie, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada

^e Service de neurologie, Hôpital Notre-Dame, Montréal, Canada

^f Montreal Neurological Institute and Hospital, McGill University, Montréal, Canada

^g Département de réadaptation, Faculté de médecine, Université Laval, Québec, Canada

^h Centre de recherche Université Laval Robert-Giffard, Québec, Canada

ⁱ Lady Davis Institute for Medical Research, Sir Mortimer B. Davis Jewish General Hospital, Montréal, Canada

Keywords: semantic memory; concrete words; abstract words; reversal of the concreteness effect; anterior temporal lobe

Abstract

The role of the anterior temporal lobe (ATL) in semantic memory is now firmly established. There is still controversy, however, regarding the specific role of this region in processing various types of concept. There have been reports of patients suffering from semantic dementia (SD), a neurodegenerative condition in which the ATL are damaged bilaterally, who present with greater semantic impairment for concrete concepts than for abstract concepts, an effect known as reversal of the concreteness effect. This effect has previously been interpreted as reflecting degraded visual-perceptual features of objects due to damage to the inferior temporal lobes such as is observed in SD. Temporal lobe atrophy in SD, however, is bilateral even if it usually predominates to the left ATL, and it has been found to extend beyond the ATL, throughout the temporal lobes including medial and posterior temporal lobe regions. The question therefore remains whether greater impairment for concrete concepts results from damage to the ATL or from damage to the visual association cortex, and if unilateral damage can produce such a deficit.

The aim of the present study was to investigate the processing of concrete and abstract words in rare patients who underwent a selective ATL surgical damage, and to compare their performance to that of patients with selective medial temporal lobe damage sparing the ATL region. Seven patients with a selective unilateral anterior temporal resection (ATL), 15 patients with a selective unilateral amygdalo-hippocampectomy (SeAH), and 15 healthy age- and education-matched controls underwent detailed neuropsychological assessment and carried out a semantic similarity judgement task

evaluating their comprehension of concrete and abstract words. Results showed that both ATL and SeAH groups were significantly impaired on the semantic task relative to the control group. Within the patient groups, however, comprehension of concrete words was significantly more impaired than that of abstract words in the ATL group, while comprehension of abstract and concrete words was equally affected in the SeAH group. Results of this study suggest that the ATL region may play a critical role in processing concrete concepts, and that the reversal of the concreteness effect observed in ATL patients may result from damage to a categorical organization underlying the representation of concrete concepts.

1. Introduction

Semantic memory (SM) concerns general world knowledge, acquired over a lifetime and shared by a same cultural group. It includes for instance knowledge about objects, people and places, as well as knowledge about facts, concepts and language. Semantic disorders occur in various neurological conditions such as semantic dementia (SD) (Bonner et al., 2009; Breedin, Saffran, & Coslett, 1994; Lambon Ralph, Lowe, & Rogers, 2007; Noppeney et al., 2007; Snowden, Goulding, & Neary, 1989; Warrington, 1975), Alzheimer's disease (AD) (Giffard et al., 2001; Grossman et al., 2003; Joubert et al., 2010), herpes simplex encephalitis (Lambon Ralph et al., 2007; Noppeney et al., 2007; Warrington, 1984), and temporal lobe epilepsy (Glosser, Salvucci, & Chiaravalloti, 2003). Typically, SD is considered the neurological condition in which progressive semantic impairment is the most selective, often sparing other cognitive domains for some time, at least in the early stage of the disease. Thus, SD has represented a clinical model of considerable interest in recent years, and has bolstered our understanding of the cognitive architecture and neural basis of SM.

One topic of particular interest in the study of SM and semantic disorders has been the apparent dissociations reported between the processing of concrete concepts (tangible entities such as objects, people and places that we experience via our senses and that are typically highly imageable) vs. abstract concepts (purely linguistic concepts that are poorly imageable). Such dissociations have been reported in behavioural and functional neuroimaging experiments in the healthy subject, as well as in brain-damaged populations. For instance, the classical concreteness effect (CE) is a robust behavioural phenomenon

that has been observed in neurologically healthy subjects in a variety of tasks (e.g. naming, memory, semantic judgement, lexical decision tasks) and which consists in faster and more accurate processing for concrete concepts than for abstract concepts (see Paivio, 1991 for a review). Enhancement of this effect has also been reported in certain neurological conditions such as AD, aphasia, or deep dyslexia (Franklin, Howard, & Patterson, 1995; Jefferies, Baker, Doran, & Ralph, 2007), such that abstract words were processed even more poorly relative to concrete words in these patients as compared to healthy subjects. There have been less frequent reports of patients who show the reverse pattern: more impaired comprehension of concrete concepts than abstract concepts. This unusual pattern of semantic impairment, referred to as a *reversal of the concreteness effect* (RCE), has been documented in patients who suffered lesions to the anterior and inferior portions of the temporal lobes, most often within the context of SD (Breedin et al., 1994; Cipolotti & Warrington, 1995b; Loiselle et al., 2007; Macoir, 2009; Papagno, Capasso, & Miceli, 2009; Warrington, 1975; Yi, Moore, & Grossman, 2007). Some authors have even suggested that the RCE is the norm in SD (Grossman & Ash, 2004). This relative difficulty with concrete words has been interpreted as reflecting the deterioration of visuoperceptual knowledge about objects, associated with atrophy of the left inferior temporal cortex (Yi et al., 2007). However, other authors have not found any difference between concrete and abstract concepts in SD and suggested that the RCE was an anomalous finding due to a reporting bias or lack of control of variables such as frequency (Jefferies, Patterson, Jones, & Lambon Ralph, 2009).

Typically, SD is associated with relatively circumscribed atrophy of the inferior and anterior portions of the temporal lobe, predominating in the left hemisphere (Hodges, Patterson, Oxbury, & Funnell, 1992). Although the role of the anterior temporal lobes (ATL) in SM is now widely accepted, the specific role of this region remains disputable. On the one hand, tenants of the *semantic plus hub* hypothesis suggest that the ATL region supports the most central and amodal hub of semantic knowledge (Lambon Ralph, Cipolotti, Manes, & Patterson, 2010; Patterson, Nestor, & Rogers, 2007) and that this region plays a critical role in abstract as well as concrete knowledge (Jefferies et al., 2009). Such a view is compatible with the idea that the RCE is not a typical feature of SD.

An alternative account, which is consistent with the RCE reported in a series of articles on SD (Breedin et al., 1994; Cipolotti & Warrington, 1995b; Loiselle et al., 2007; Macoir, 2009; Papagno et al., 2009; Warrington, 1975; Yi et al., 2007), postulates that the ATL region may play a greater role in processing certain types of concepts such as highly imageable concepts. For example, Yi and colleagues (2007) found a RCE in SD and suggested that the relative difficulty with concrete words in some SD patients may be interpreted as reflecting the deterioration of visual-perceptual knowledge involved in object recognition, associated with underlying atrophy in the left inferior temporal cortex. According to this view, there would be less of an impact on abstract nouns because they depend much less on visual/sensory knowledge. Bonner and colleagues study (2009) reported a similar RCE in six SD patients and found that the semantic deficit for concrete concepts correlated with atrophy in the right ATL region. As in the previous study, they suggested that the RCE stemmed from degraded visual-perceptual representations of

objects due to damage to the visual association cortex (ventral stream). However, as the authors point out, this view is not necessarily incompatible with the semantic plus hub hypothesis, since the latter also stipulates that perceptual characteristics are represented in modality-specific association cortices. Therefore, greater impairment for concrete concepts may arise from a combination of damage to the ATL (the hub) which results in a multimodal semantic impairment, and damage to the visual association cortex which leads to impaired visual feature representations of objects (Bonner et al., 2009). Posterior temporal regions such as the occipito-temporal region (i.e. fusiform gyrus) are indeed damaged in SD (Desgranges et al., 2007; Nestor, Fryer, & Hodges, 2006), making this hypothesis plausible.

Although atrophy in SD was usually considered to be circumscribed to the ATL region, there is now strong evidence showing that the pattern of atrophy is more widespread than initially thought: Grey matter atrophy in SD is found not only in the temporal neocortex (temporal pole, and inferior, middle and superior temporal gyri), but also in the hippocampus, amygdala, parahippocampal gyrus, as well as in the fusiform gyrus (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000; Rogers et al., 2006). Atrophy in the left insula, anterior cingulate cortex, thalamus and caudate nucleus has also been reported (Desgranges et al., 2007; Gorno-Tempini et al., 2004). Some studies have even demonstrated that the pattern of medial temporal lobe atrophy in SD is indistinguishable from that found in AD (Nestor et al., 2006). Therefore, even though atrophy may predominate in the ATL, it is clearly not restricted to this region and thus it is difficult to determine whether the RCE reported by

several groups in SD patients results from damage to this region, from damage to the visual association cortex, or from a combination of both.

In order to address this issue, the current study examined in patients with very selective ATL damage, whose lesions did not extend caudally to occipito-temporal lobe regions. The first aim of this study was to explore the role of the ATL region in processing concrete relative to abstract words in these patients. More specifically, we sought to determine if patients with selective ATL damage showed an RCE similar to that reported in studies of SD patients. In order to achieve this goal, we recruited a group of rare patients who had undergone a selective unilateral ATL resection, a second group of patients who had undergone a selective resection of the hippocampus and amygdala (which did not encroach upon the ATL region), and a group of healthy control subjects matched for age and level of education. The three groups of participants underwent a semantic judgment task of concrete and abstract words, in addition to a detailed neuropsychological assessment. Our hypothesis was that patients with selective ATL damage, but not patients with selective damage to the hippocampus and amygdala, would be more impaired at understanding concrete vs. abstract words when compared to healthy controls.

2. Methods

2.1. Subjects

A total of 22 French speaking patients were recruited from the Neurology Unit of Notre-Dame Hospital and from the Montreal Neurological Institute and Hospital in Montreal, all referred by a neurologist or neurosurgeon. The patients selected had undergone either type

Using this set of criteria, 15 SeAH and 7 ATL were tested. Most patients had undergone surgery in order to treat their pharmacologically resistant temporal lobe epilepsy (17), while the others had a tumour resection (5). A control group consisting of 15 healthy adults strictly matched for age and education was also recruited in this study. Demographic and clinical information are summarized in Table 1. Our study was approved by the Notre-Dame Hospital and by the Montreal Neurological Institute and Hospital Research Ethics Boards. All participants gave signed informed consent prior to the experiment.

Table 1

Group demographics and clinical information

	Controls (n = 15)	ATL (n = 7)	SeAH (n = 15)
Age, years	42,5 (14,4)	34,0 (13,6)	40,3 (14,9)
Education, years	13,5 (2,1)	14,1 (2,2)	12,8 (2,6)
Gender (male/female)	7 / 8	4 / 3	8 / 7
Handedness (right/left)	13 / 2	6 / 1	13 / 2
Injured hemisphere (right/left)	-	4 / 3	9 / 6
Aetiology (epilepsy/tumour)	-	2 / 5	15 / 0
Years post-surgery	-	4,0 (3,0)	4,9 (2,9)

Results are presented in Mean and S.D. in parentheses. *p* values for group effects were not significant for age, education, and years post-surgery.

N.B. Among those patients who underwent surgery in order to treat temporal lobe epilepsy (17), 12 were seizure-free at the time of evaluation, including 4 who were also medication free. Among the patients who were not seizure-free, 3 had relatively good seizure control, while a second surgery was being considered for the last 2.

2.2. Neuropsychological assessment

All patients and control participants underwent a comprehensive neuropsychological assessment as part of this study. Episodic verbal memory was assessed with the Logical Memory I and II subtests of the Wechsler Memory Scale-III (WMS-III; Wechsler, 2001). Visual memory was assessed using the immediate and delayed recall (20 min) conditions of the Rey complex figure (Rey, 1960). The pictorial version of the Pyramids and Palm Trees Test (Howard & Patterson, 1992) and the Information subtest of the Wechsler Adult Intelligence Scale-III (WAIS-III; Wechsler, 1997) were employed as tests of general semantic memory. Language was assessed using the 15-item version of the Boston Naming Test (Calero, Arnedo, Navarro, Ruiz-Pedrosa, & Carnero, 2002), as well as with the Letter (P) and Category (animals) fluency tests (Cardebat, Doyon, Puel, Goulet, & Joannette, 1990). It is worth mentioning that the Boston Naming Test as well as the categorical fluency test could also be representative of semantic memory abilities. Executive functions were evaluated using the Stroop-Victoria Test (Regard, 1981) and the Trail Making Test (Reitan, 1955). Short-term and working memory were evaluated using the forward and backward span subtests of the WMS-III (Wechsler, 2001). Visuoconstructive abilities were tested using the copy of the Rey-Osterrieth Figure (Rey, 1960). Finally, Benton's Facial Recognition Test was used to evaluate facial visuo-perceptual abilities (Benton, Sivan, Hamsher, Varney, & Spreen, 1994). Table 2 summarizes the results of the neuropsychological assessment for each group.

Table 2
Results of the neuropsychological evaluation

	Controls (n = 15)	ATL (n = 7)	SeAH (n = 15)	<i>p</i> value for the Kruskal- Wallis test group effect
Memory				
Logical Memory I and II (WMS-III)				
Immediate free recall (75)	53,0 (6,0) ^{a, c}	35,7 (11,8) ^a	36,8 (10,6) ^c	p < 0.01
Delayed free recall (50)	33,5 (6,4) ^{a, c}	21,3 (7,5) ^a	19,7 (9,1) ^c	p < 0.01
Rey-Osterrieth Immediate recall (36)	21,8 (4,7)	16,7 (6,9)	16,8 (6,5)	Ns
Rey-Osterrieth Delayed recall (36)	20,7 (6,1)	15,7 (6,9)	15,9 (6,1)	Ns
Semantic knowledge				
Pyramids and Palm Trees Test (52)	50,4 (1,1) ^a	48,0 (1,9) ^{a, f*}	49,6 (1,7) ^{f*}	p < 0.05
Information (WAIS-III) (28)	20,4 (3,2) ^{d*}	16,6 (5,9)	14,1 (7,3) ^{d*}	p < 0.05
Executive functions/working memory				
Stroop-Victoria Test (sec)				
Part A (color dots)	11,2 (2,0)	13,0 (4,1)	12,3 (2,6)	Ns
Part B (words)	13,87 (3,1)	16,9 (6,7)	14,7 (2,6)	Ns
Part C (interference)	20,4 (4,7)	27,4 (14,7)	22,4 (7,2)	Ns
Trail Making Test (sec)				
Part A	32,3 (10,3)	32,9 (12,7)	29,8 (7,9)	Ns
Part B	57,7 (23,2)	63,3 (19,5)	61,1 (29,4)	Ns
Digit span forward (WAIS-III)	11,3 (1,6)	9,7 (2,4)	10,7 (3,0)	Ns
Digit span backward (WAIS-III)	9,3 (2,5) ^{b*}	6,3 (2,1) ^{b*}	8,2 (3,0)	p < 0.05
Processing Speed				
Digit Symbol (WAIS-III) (133)	75,9 (16,4)	74,3 (10,4)	66,3 (16,3)	Ns
Language				
Boston Naming Test (15)	14,7 (0,6) ^{a, c}	12,4 (1,7) ^a	12,6 (2,1) ^c	p < 0.01
Verbal fluency "P" in 2 min	28,1 (6,2) ^{a, c}	16,7 (6,6) ^a	20,2 (5,2) ^c	p < 0.01
Category fluency "animals" in 2 min	35,13 (8,1) ^{b, c}	24,4 (7,5) ^b	24,7 (9,5) ^c	p < 0.01
Visuoconstructional abilities				
Rey-Osterrieth Figure - Copy (36)	33,7 (0,8) ^b	31,7 (2,3) ^b	31,9 (2,7)	p < 0.05
Visuoperceptual abilities				
Benton's Facial Recognition Test (54)	50,5 (2,3) ^{b, c}	46,9 (4,5) ^b	47,4 (3,1) ^c	p < 0.05

Results are presented in Mean and S.D. in brackets.

^a p < 0.01 between control group and ATL patient group.

^b p < 0.05 between control group and ATL patient group.

^c p < 0.01 between control group and SeAH patient group.

^d p < 0.05 between control group and SeAH patient group.

^e p < 0.01 between ATL group and SeAH patient group.

^f p < 0.05 between ATL group and SeAH patient group.

* Ns with Bonferroni Correction (0,05/3), p > 0.0167

2.3. Semantic memory test

2.3.1. Stimuli

To evaluate semantic knowledge of concrete and abstract words, a semantic similarity judgement task composed of 100 triplets (50 concrete and 50 abstract) was developed. Each triplet was composed of two nouns with a very similar meaning and a third semantically irrelevant noun. Lexical frequency of words was taken from the French Lexical Database Lexique 3.01 (New, Pallier, Brysbaert, & Ferrand, 2004; <http://www.lexique.org/>) while word imageability was taken from the University of Ottawa OMNILEX database (OMNILEX: A Computerized Database on the French Lexicon; <http://www.omnilex.uottawa.ca/>; Desrochers, 2006).

Concrete and abstract triplets were matched for frequency of use (counts per million). The mean overall frequency of abstract and concrete word lists was matched so that no significant difference emerged between the two lists [$t(98) = .568, p = .571$; mean triplet frequency for concrete nouns = 13.98, S.D. = 10.82]; mean triplet frequency for abstract nouns = 15.01, S.D. = 6.94). Moreover, mean frequencies of each word list within the triplet lists of abstract and concrete nouns were matched. The concrete and abstract triplet word lists were each composed of three lists: S1 (synonym 1), S2 (synonym 2) and F (foil). Mean frequency of the S1 concrete word list and of the S1 abstract word list was matched, so that no significant difference emerged between both lists [$t(98) = .593, p = .555$; mean frequency S1 concrete list = 13.59, S.D. = 14.94; mean frequency S1 abstract list = 15.21, S.D. = 12.08]. Similarly, mean frequency of the S2 concrete word list and of the S2 abstract word list was matched [$t(98) = .400, p = .690$; mean frequency S2 concrete

list = 13.45, S.D. = 20.16); mean frequency S2 abstract list = 14.98, S.D. = 18.11]. Finally, there was no significant difference in mean frequency between the list of concrete foils and the list of abstract foils [$t(98) = .016, p = .987$; mean frequency F concrete list = 14.88, S.D. = 15.58; mean frequency F abstract list = 14.84, S.D. = 11.17].

Finally, word lists were also controlled for imageability, based on the assumption that concrete words should be easily picturable, while abstract words should not (Breedin et al., 1994; Macoir, 2009). The only norms available for word imageability in Quebec French are found in the OMNILEX Database (Desrochers, 2006). Imageability values were available for 249 of the 300 nouns forming our experimental triplets and ranged from 1 to 7, where 1 was most abstract and 7 was most concrete. The difference between the mean triplet imageability values was significant [$t(57) = 29.65, p < .001$; mean of 5.61 (0.29) and 2.97 (0.39) for concrete and abstract nouns, respectively].

2.3.2. Procedure

One hundred triplets (50 triplets consisting of concrete words and 50 triplets consisting of abstract words) were presented to each participant in this study. At first, the experiment was preceded by a practice session consisting of three items. Both the practice and experimental tasks were administered on a computer using E-prime software (version 1.2, Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, USA). Participants were simultaneously presented with three written nouns aligned vertically in the center of the screen. Stimulus presentation was pseudo-randomized so that the correct response was equally distributed across the three possible positions (top, center, bottom). The presentation of abstract and

concrete word triplets was intermixed and pseudo-randomized across participants. Each word occurred only once during the experiment. A fixation cross first appeared in the middle of the screen for 500msec to signal the start of each trial and stimuli remained onscreen until a response was given.

Participants were told that they would see three words simultaneously on a computer screen and that two of these words were very close in meaning. They were instructed to identify, using the appropriate computer key, the word that was most different from the two other semantically-related words. Participants were asked to indicate their choice by pressing one of three designated keys (1, 2, or 3) on the keyboard corresponding to the position of the word on the screen (top, center, and bottom, respectively).

2.4. Statistical analysis

2.4.1. Demographic and clinical data

A Kolmogorov-Smirnov test was first performed and showed that all demographic variables had a Gaussian distribution and the assumption homogeneity of variance was met. Thus, one-way analyses of variance were carried out on the demographic variables for the three groups. Additional t-tests for Equality of Means were also carried out to confirm these results. A Mann-Whitney U-test was performed for *Years post-surgery* due to a non-normal distribution in the ATL group.

2.4.2. Neuropsychological data

A Kolmogorov-Smirnov test was first performed and showed that for most neuropsychological tests at least one of the three groups did not show a Gaussian distribution. Therefore, data were analyzed using non-parametric statistics. A Kruskal-Wallis H-test was first carried out. When the analysis revealed significant differences, post hoc analyses were run using Mann-Whitney U-tests.

2.4.3. Experimental task

For the purpose of statistical comparison, the standard deviation approach (Damasio, Tranel, Grabowski, Adolphs, & Damasio, 2004) was used. Patients' performance was converted into z-scores derived from the mean performance and standard deviation of the healthy control group (number of SDs above or below control subjects' mean). This method gives a representation of the relative degree of impairment of patients, rather than performance being expressed in terms of percentage of accuracy. For instance, a patient showing identical performance on abstract and concrete word triads expressed in percentage (e.g. 85%) may have different z-score values due to differences in standard deviations (e.g. $z = -2.1$ for abstract vs. $z = -1.3$ for concrete triads). Performance was considered impaired if it was 1.96 SDs or more below the control mean (type 1 error, $p = .05$, two-tailed, Holdstock et al., 2002). This method has been widely used (Barbeau et al., 2004; Bonner et al., 2009; Damasio et al., 2004).

The Kolmogorov-Smirnov test was used in order to determine if the z-scores of concrete and abstract triads had a Gaussian distribution and if homogeneity of variance was

met. Paired sample t-tests were performed in order to compare z-score values between concrete and abstract word triads in both ATL and SeAH patient groups. This allowed us to determine within each group if one word category was more impaired than the other.

Finally, as in the Bonner and colleagues study (2009), we also used another measure which consisted in subtracting concrete from abstract z-scores. In addition, a Kolmogorov-Smirnov test was performed in order to determine if the difference (abstract z-score minus concrete z-score) had a Gaussian distribution and if homogeneity of variance was met. An independent samples t-test was then carried out on this last variable. We used an alpha level of 0.05 for all statistical tests and applied Bonferroni corrections when necessary, i.e. for possible alpha inflation due to multiple comparisons.

2.4.4. Post-hoc analyses

An important number of studies have suggested that left- or right-hemispheric lesions may have a differential impact on the comprehension of abstract and concrete concepts. In fact, hemispheric distinctions have long been considered to be a main variable accounting for differences between concrete and abstract word comprehension (Chiarello, Senehi, & Nuding, 1987; Collins & Frew, 2001; Dhond, Witzel, Dale, & Halgren, 2007; Fiebach & Friederici, 2003; Kahlaoui & Joannette, 2006; Kounios & Holcomb, 1994; Rainville, Goulet, & Joannette, 1995; Shibahara & Lucero-Wagoner, 2002; Villardita, Grioli, & Quattropiani, 1988). Therefore, additional analyses were carried out on the three z-score variables (abstract, concrete, abstract-concrete) as a function of hemispheric lesion (left or right), irrespective of the anatomical locus of lesion (ATL or SeAH). A Kolmogorov-Smirnov test

was carried out and showed that the mean z-score value for abstract concepts in the right-hemisphere-damaged group did not have a Gaussian distribution. Therefore, data were analyzed with non-parametric Mann-Whitney U-tests.

3. Results

3.1. Demographic and clinical data

As illustrated in Table 1, there was no significant difference between our three groups in terms of age [$F(2, 34) = .76, p = .48$] or education [$F(2, 34) = .58, p = .57$]. This is important considering the impact of education on semantic knowledge. The two patient groups did not differ in terms of number of years post surgery (i.e., years between the evaluation and operation dates; $U = 41.0, z = -0.82, p = .45$).

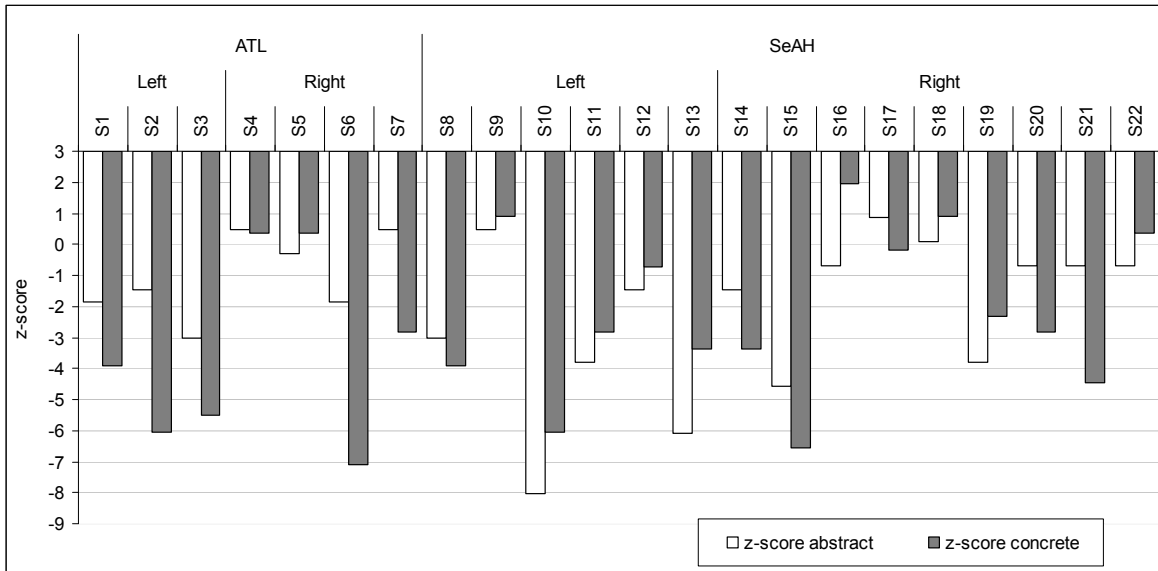
3.2. Neuropsychological tests

Both patient groups did not differ from the control group on visual memory, executive functions and processing speed tasks but did differ on verbal memory, language and visuospatial tasks. Only the ATL group performed below controls on the Pyramids and Palm Trees Test and on the copy of the Rey-Osterrieth Figure. It is worth mentioning that although both patient groups differed significantly from the control group on various neuropsychological tests, the ATL and SeAH groups did not differ from one another on any neuropsychological test. Thus, our two patient groups were equivalent in terms of neuropsychological performance. Performance of the groups on neuropsychological tests is reported in Table 2.

3.3. Experimental task

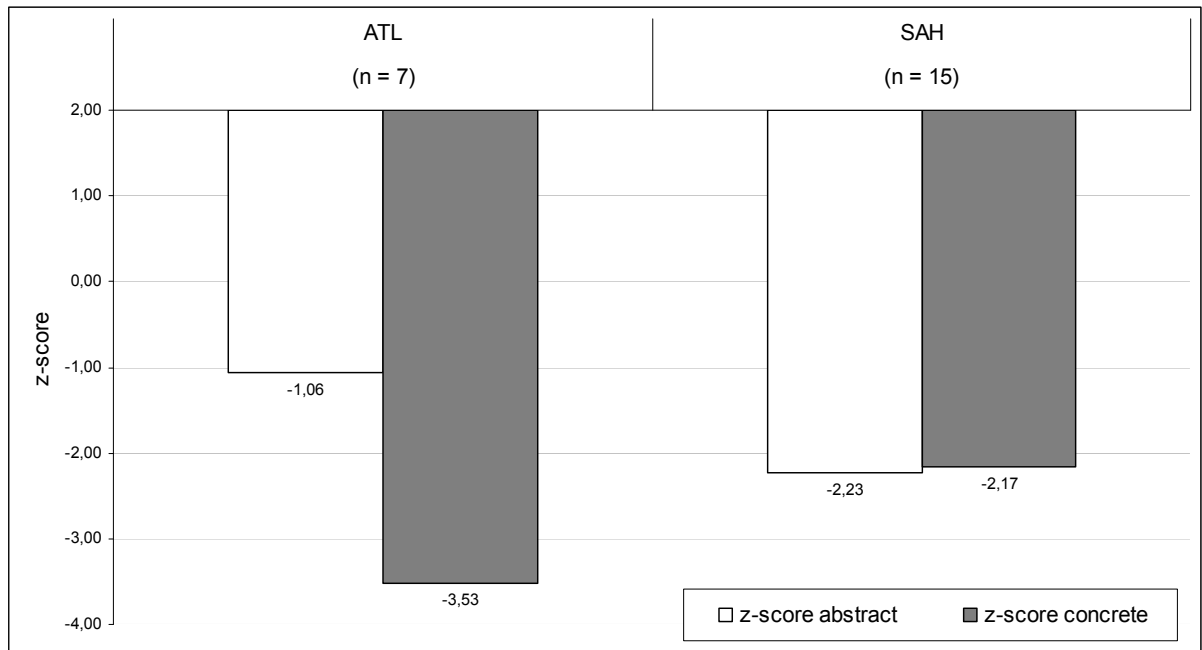
When looking at results of participants individually, using the cut-off z-score of -1.96, we found significantly impaired performance in 6/15 SeAH patients (40.0%) and in 1/7 ATL patients (14.3%) on abstract triads, while 9/15 SeAH patients (60.0%) and 5/7 ATL patients (71.4%) were significantly impaired on concrete triads. Individual z-scores for each participant are presented in Figure 2.

Figure 2: Individual z-scores on abstract and concrete triads



Mean z-score for the ATL group was -3.53 (S.D. = 2.99) for concrete triads and -1.06 (S.D. = 1.33) for abstract triads. The difference between concrete and abstract triads in the ATL group was significant [$t(6) = 3.00$; $p = .02$]. Mean z-score for the SeAH group was -2.24 (S.D. = 2.63) for concrete triads and -2.23 (S.D. = 2.58) for abstract triads. The difference between concrete and abstract triads in the SeAH group was not significant [$t(14) = 0.24$; $p = .98$]. Results are presented in Figure 3.

Figure 3: Mean z-scores for each group on abstract and concrete triads



Moreover, the abstract minus concrete z-scores (revealing contrasting performance between concrete and abstract words) of the SeAH group ($M = 0.012$, $S.D. = 1.92$) and the ATL group ($M = 2.47$, $S.D. = 2.17$) differed significantly [$t(20) = -2.68$; $p = .014$], indicating that the decrement in concrete noun comprehension (relative to abstract noun comprehension) was significantly worse in the ATL than in the SeAH group.

3.4. Post-hoc results

Post-hoc analyses were performed to further examine the impact of the side of lesion, in addition to the type of resection, on comprehension of concrete and abstract nouns. Since the number of patients in each group was too small to perform adequate statistical analyses, we first report qualitatively the proportion of patients with impaired scores in each subgroup of left- and right-brain-damaged patients. For abstract triads, we found

significantly impaired performance in 5/9 (55.6%) left-hemisphere-damaged (LHD) patients (1/3 ATL and 4/6 SeAH) and in 2/13 (15.4%) right-hemisphere-damaged (RHD) patients (0/4 ATL and 2/9 SeAH). Regarding concrete triads, 7/9 (77.8%) LHD (3/3 ATL and 4/6 SeAH) and 7/13 (53.8%) RHD patients (2/4 ATL and 5/9 SeAH) were significantly impaired (see Figure 2 for individual z-scores).

When side of lesion was considered irrespective of the type of resection (the number of subjects was sufficient in this case to carry out analyses), further analyses revealed that the difference between LHD patients (mean z-score = -3.61, S.D. = 2.35) and RHD patients (mean z-score = -1.98, S.D. = 2.89) for concrete triplets was not significant. However, the difference between LH-damaged patients (mean z-score = -3.13, S.D. = 2.60) and RH-damaged patients (mean z-score = -0.97, S.D. = 1.62) for abstract triplets was found to be significant ($U = 25.5, z = -2.22, p = .025$).

4. Discussion

The main goal of the present study was to investigate if patients with selective ATL lesions were more impaired at understanding concrete words than abstract words, when compared to patients with selective medial temporal lobe lesions and to healthy controls. Our hypothesis was that the semantic impairment would be more pronounced for concrete words than for abstract words in the ATL group but not in the SeAH group. In accordance with this hypothesis, ATL patients were found to be significantly more impaired at processing concrete than abstract nouns, while no such difference was found in SeAH patients and in the control group. The SeAH group, in contrast to controls, was equally and

significantly impaired on both abstract and concrete word comprehension. When the performance of patients was examined on an individual basis, the RCE was found in the majority of ATL patients. These results suggest that the ATL have a significant role in the processing of concrete words, despite the absence of lesions to the visual association cortex. Moreover, results also indicate that a unilateral temporal lobe lesion (ATL or SeAH) is sufficient to cause a significant semantic impairment.

4.1. Theoretical explanations of the reversal of the concreteness effect in ATL patients

Different theories have been proposed to explain the processes underlying the comprehension of concrete and abstract words, including the well-documented advantage for concrete words over abstract words in healthy and brain-damaged populations. According to Paivio's influential *dual coding theory* (Paivio, 1986, 1991), abstract words are non-imageable and are assumed to be primarily or even exclusively encoded in the form of verbal representations. Concrete words, on the other hand, are coded both verbally and visually via the creation of mental images. This "double coding" would confer an advantage to concrete words, relative to abstract words, the latter being purely linguistic in nature. This double coding would explain a more efficient processing of concrete words, thus accounting for the classic CE. A second theory, the *context availability theory* (Schwanenflugel, Akin, & Luh, 1992), suggests that the CE is due to the presence of a stronger internal context for concrete than for abstract concepts. The internal context may be defined as the number of associations that a concept (e.g. bed) has with the semantic information to which it is linked (e.g. room, pillow, sheet, comfortable, sleeping, etc).

Concrete concepts would benefit from stronger and more numerous connections to the contextual information to which they are linked, accounting for the classic concreteness effect. Nevertheless, such theories cannot account for the RCE more recently reported in some SD patients as well as in patients suffering from other neurological conditions (such as in the present study).

Therefore, in our view the double dissociation between comprehension of concrete and abstract words cannot merely be explained in terms of quantitative differences between abstract and concrete concepts (e.g. more connexions, more contextual information, or more activation) such as stipulated by these theories. Rather, evidence from the present study suggests that at least partly distinct cognitive or neuroanatomical bases of abstract and concrete word processing may underlie these differences.

Crutch and colleagues proposed the *differential structural framework theory*” (Crutch, 2006; Crutch, Connell, & Warrington, 2009; Crutch, Ridha, & Warrington, 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010), which suggests that the semantic organization of concrete and abstract concepts differs qualitatively. This approach is largely based on the study of patients with refractory access dysphasia or deep dyslexia. According to this view, abstract concepts would be represented in an associative neural network whose organization relies primarily on semantic associations in a more gist-like than categorical manner. Associated words are frequently seen in the same sentence or observed together in the real world (e.g. "In order to maintain peace and justice, the judge has to apply the law") but are not synonymous (Crutch & Warrington, 2005) and do not belong to the same semantic category. Alternatively, concrete concepts are assumed to be categorically

organized and processed along a similarity-based system (e.g. lion, tiger and leopard). Items belonging to the same category are similar because of their numerous shared features (e.g. big claws, big teeth, big animal, furry, dangerous, roar, hunt, eat meat). In our view, this system may be primarily, but not only, organized along visual and perceptual characteristics with other related concepts. Moreover, Crutch and Warrington (2005) insist on the relative rather than absolute distinction between the associative and categorical representational framework. In other words, the similarity- and associative-based systems are not mutually exclusive. Therefore, any concept may be represented in both systems in uneven proportions, with more or fewer connections which also vary in strength. Along this line, it may also be plausible that some concrete concepts benefit to a greater extent from a similarity-based system, particularly when they belong to well-defined semantic categories. For instance, this would be the case for concepts belonging to the categories of animals, fruits, or tools (e.g. lion, pear and hammer), as opposed to other concepts that do not clearly fit within well-defined categories (e.g. box, glasses and tire). In the latter case, such concepts may rely to a greater extent upon the associative-based system.

Even though Crutch and colleagues did not propose an explicit explanation for the RCE, Macoir (2009) recently suggested, based on this model, that the RCE could be explained by a greater degradation of categorical connections which are more important in the representation of concrete concepts, than of associative connections which are more involved in abstract concept representations. In our view, a qualitative difference in the way concrete and abstract words are processed, such as provided in the differential structural framework theory, offers a very plausible account of the RCE reported in this study as well

as in previous studies. Patients who present with an RCE may have suffered more damage to a hierarchically-structured, category-based semantic organization, more inherently dedicated to the comprehension of concrete concepts than abstract concepts. This similarity-based system would be more efficient, allowing individuals to quickly categorize and make useful deductions about new objects in the environment (for example, upon seeing a lily for the first time, one would be able to quickly deduce that it is a flower and not a vegetable or a butterfly). It could be argued that the similarity-based system may be more adequate for processing physical objects (biological and non-biological) whose semantic organization depends at least in part on their physical properties.

Hence, it is possible that beyond a degradation of the visual-perceptual features of objects, it is the categorical organization itself that is damaged in patients presenting with an RCE. The ATL region, in turn, may represent a critical neuroanatomical site underpinning the processing of concrete concepts, which are mainly (but not only) tributary of this categorical organization. Finally, the documentation of an RCE in SD patients appears to be consistent with the clinical and everyday presentation of these patients, who are most impaired with concrete concepts such as objects, animals, as well as familiar and famous people, but who are in contrast known to show relatively well-preserved language comprehension, perhaps reflecting greater preservation of abstract knowledge.

4.2. Neuroanatomical explanations of the reversal of the concreteness effect

Recent neuroanatomical interpretations have been proposed to account for the greater difficulty observed in some patients in processing concrete relative to abstract words. According to the *sensory-motor approach*, concrete concepts are represented under sensory-perceptual and motor-action features (Barsalou, 2008; Bonner, Ash, & Grossman, 2010; Martin, 2007; Pulvermuller, 2005). This approach stipulates that the degradation of visual-perceptual feature knowledge, which is crucial in the processing of concrete concepts, is at least partly responsible for the RCE. The inferior temporal lobes are part of the ventral visual stream and are important in the processing of features such as shape and color, involved in object recognition (Ungerleider & Mishkin, 1982). Hence, damage to this region may account for the RCE in SD patients and for the exacerbation of the semantic deficit for concrete, imageable objects. In addition, the RCE in SD may also arise from additional damage to the ATL, leading to the multimodal semantic deficit observed in SD (Bonner et al., 2009).

An alternative view is the *semantic plus hub hypothesis*, which emphasizes the crucial role of the ATL in semantic memory (Patterson et al., 2007). In view of the fact that this region is primarily affected in SD, a condition which causes a slowly progressive and central breakdown of semantic knowledge, and because the ATL have extensive connections with modality-specific cortical areas, the ATL are believed to be the plausible substrate for the *hub*, where concepts are assumed to be processed at an abstract, amodal level. Therefore, according to the semantic hub hypothesis, the sensory-perceptual and motor-action features of a concept in semantic memory converge and are integrated in the

ATL to form an amodal conceptual representation (Patterson et al., 2007; Rogers, Lambon Ralph, Garrard et al., 2004; Rogers, Lambon Ralph, Hodges, & Patterson, 2004). The ATL region thus underpins a single semantic store that is critical for understanding all types of stimuli, including concrete and abstract words (Jefferies et al., 2009; Lambon Ralph et al., 2010; Pobric, Jefferies, & Ralph, 2010). Jefferies and colleagues (2009) did not observe an RCE effect in their study with SD patients, and argued that the RCE may be an anomalous finding that could be due to a lack of control of different variables such as word frequency (Jefferies et al., 2009). According to some authors, the sensory-motor account is not incompatible with the amodal hub hypothesis since the semantic features that the hub integrates are mainly represented in perceptual and motor cortex regions, just as they are in the sensory-motor approach (Bonner et al., 2009).

In our view, the RCE documented in our ATL patients cannot be attributed to degraded visual perceptual features due to lesions to the associative visual cortex (Bonner et al., 2010; Yi et al., 2007). In fact, contrary to SD patients whose lesions typically extend to the fusiform gyrus and to the associative visual cortex (Nestor et al., 2006), lesions of the ATL group in this study were restricted to the anterior part of the temporal lobe and thus the visual association cortex was spared. Rather, results suggest that damage restricted to the ATL is sufficient to cause a disproportionate impairment for concrete words. Moreover, word frequency was strictly controlled in the present study, which makes it highly unlikely that a lack of control of this variable could account for the RCE that was observed in our ATL group. Our results therefore suggest that the ATL region may have a significant role in the semantic organization of real objects, which would rely primarily on a similarity-

based system. This system would in turn be highly dependent on the visual features of the stimuli, as well as those arising from other sensory modalities (e.g. auditory, haptic, etc) and, to a lesser extent, on verbal information.

4.3. Are unilateral lesions sufficient to cause a measurable semantic impairment?

According to the semantic plus hub hypothesis, bilateral lesions of the ATLs are necessary to result in a significant semantic impairment, i.e. the left and right ATL function together to support a redundant and thus robust system for semantic representations (Lambon Ralph et al., 2010). Therefore, a central, amodal hub of conceptual knowledge would be distributed across left and right ATLs "in a largely undifferentiated fashion" (Lambon Ralph et al., 2010; Patterson et al., 2007; Pobric, Jefferies, & Lambon Ralph, 2010). This view stemmed first from studies of SD patients with circumscribed bilateral ATL atrophy who showed semantic deficits across a variety of input modalities (Bozeat, Lambon Ralph, Patterson, Garrard, & Hodges, 2000; Bozeat, Lambon Ralph, Patterson, & Hodges, 2002; Bozeat et al., 2003; Coccia, Bartolini, Luzzi, Provinciali, & Ralph, 2004; Lambon Ralph, McClelland, Patterson, Galton, & Hodges, 2001; Luzzi et al., 2007). Moreover, based on the observation that patients with a unilateral temporal lesion did not show any semantic disturbance, it was suggested that both ATLs need to be damaged for a semantic deficit to emerge (Lambon Ralph et al., 2010). Furthermore, the same team also reported that repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) applied to the ATL can mimic "symptoms" of SD in healthy subjects (Pobric, Jefferies, & Ralph, 2007) and induces slowing either in a semantic verbal task (Lambon Ralph, Pobric, & Jefferies, 2008; Pobric,

Jefferies, & Ralph, 2010) or in a non-verbal task (Pobric, Jefferies, & Ralph, 2010). Thus, these studies indicate that both ATL are required in processing verbal and non-verbal material. Finally, Pobric and colleagues (2009) also showed a greater effect of rTMS on low imageability words (abstract words) while no significant effect was found for high imageability ones (concrete words). They interpreted these results as supporting the notion of a single amodal semantic hub, represented in the ATLs bilaterally (Pobric, Lambon Ralph, & Jefferies, 2009).

In contrast, in the current study, 14 of the 22 patients with unilateral anterior temporal lobe lesions (ATL or SeAH) showed a significant semantic impairment (either for concrete words, abstract words or both). Therefore, our own results indicate that unilateral lesions of the anterior temporal lobe are sufficient to cause a measurable semantic disturbance. Hence, they challenge previous work suggesting that unilateral ATL lesions cannot cause a semantic impairment and that the lesions need to be distributed across both hemispheres.

Finally, in terms of the impact of the lesioned hemisphere on processing concrete and abstract words, LHD patients were more impaired than RHD patients on abstract but not on concrete triads, when looking at patient groups together (ATL and SeAH). However, statistical analyses could not be carried out to examine differences between left and right ATL and SeAH groups due to insufficient sample size. These results seem to point out a more specialized role of the left hemisphere for abstract words (i.e. linguistic), while concrete words would depend more on both the hemispheres. Nevertheless, a significant finding of this study is that differences between abstract and concrete word processing as

well as the RCE appear to be determined to a greater extent by differences relating to the involvement of specific regions within the temporal lobes rather than by hemispheric differences.

4.4. Can medial temporal lesions cause semantic deficits?

A rather unexpected finding in this study was that SeAH patients showed significant semantic deficits, even though neither RCE nor classical CE emerged. These results may be explained by recent evidence suggesting that the hippocampus may play a role, to some extent, in retrieving the semantic representations of stimuli by providing complementary support to activation in the lateral temporal cortex, in response to task difficulty. For instance, Whatmough and Chertkow (2007) found that the speed with which subjects performed semantic memory tasks co-varied with the increase of regional cerebral blood flow in the hippocampus. Using a semantic categorization task in their functional MRI study, Tieleman and colleagues (2005) also found that in addition to activation found in the lateral temporal cortex, activation was observed in the left hippocampus and left parahippocampal gyrus when participants were doing the same task but at a more rapid rate. In another study, Gleissner and Elger (2001) reported that in patients with temporal lobe epilepsy, the subgroup with hippocampal sclerosis named fewer words on semantic fluency tasks relative to phonemic fluency tasks. This pattern was not observed in patients with other types of temporal lobe damage.

Another explanation is that the semantic deficits in the SeAH group may be due to the resection of a portion of the perirhinal cortex and amygdala. The role of the perirhinal

cortex in semantic memory is presumably important (Barbeau et al., 2004; Davies, Graham, Xuereb, Williams, & Hodges, 2004). For example, this structure is implicated in object recognition (Holdstock, 2005), possibly more so when fine-grained discrimination is necessary (Buckley, 2005). Therefore, this subhippocampal region could be particularly involved in the processing of concrete concepts. Moreover, the amygdala could play a role in the representation of abstract concepts since it has been demonstrated that emotional information is important in the representation of these concepts (Kousta, Vigliocco, Vinson, Andrews, & Del Campo, 2011). Abstract concepts are especially more “emotionally valenced” than are concrete words (Kousta et al., 2011). A lesion of the amygdala could thus particularly disturb the processing of abstract concepts. In this perspective, the SeAH semantic deficits could be explained by the concomitant damage to the perirhinal cortex and amygdala.

4.5. Education

One last factor to consider in this study is education. It is important that investigations of semantic memory take education into account since it may directly influence the exposure to certain conceptual categories and, more generally, to cultural knowledge. Jefferies (2009) suggested that education may influence “the relative frequency with which concrete and abstract words are encountered and produced by patients premorbidly or during the course of a disease.” There exists evidence in the literature of SD patients who were highly educated and presented with an RCE (Breedin et al., 1994; Cipolotti & Warrington, 1995a; Macoir, 2009; Warrington, 1975), suggesting that the relative preservation of abstract

words may be associated with a robust network underlying abstract knowledge, reinforced by education and occupation. However, not all studies have found such a relationship between an RCE and a high level of education, demonstrating that a high level of education is not always accompanied with an RCE (Jefferies et al., 2009; Macoir, 2009; Marshall, Pring, Chiat, & Robson, 2001; Warrington, 1981).

In the present study, our three groups of participants were strictly matched in terms of level of education, hence suggesting that the RCE documented in this study cannot be explained by this variable. Instead, education seems to have had a more global protective effect since 5 of the 8 patients who did not show any significant deficit on either concrete or abstract triplets possessed a university degree. Moreover, the two most educated patients in the ATL group were the only ones who did not show an RCE or any kind of deficit on our triplet tasks.

5. Conclusion

In summary, SeAH patients showed impaired concrete and abstract word comprehension, while ATL patients were only impaired on concrete word comprehension, when compared to healthy age- and education-matched controls. In the SeAH group, the semantic disturbance similarly affected both concrete and abstract words. The ATL group, in contrast, was significantly more impaired at understanding concrete words than abstract words. The reversal of the concreteness effect observed in the ATL group may be interpreted in terms of qualitative differences in the way concrete and abstract words are processed. Concrete words, particularly those belonging to well-defined semantic

categories, may rely to a greater extent upon a similarity-based system highly dependent upon common perceptual features, while abstract words would rely on an associative-based system. The larger deficit for concrete words in the ATL group may thus result from a breakdown of the similarity-based system as well as an increased and abnormal reliance on the associative-based system. Finally, results of this study showed that patients with selective unilateral anterior temporal lobe lesion can present measurable semantic deficits. From an anatomical point of view, this study indicates that the ATL region may hold a critical role in processing concrete concepts, which would be mainly supported by a similarity-based, categorical organization. Finally, this study indicates that it is not the side but rather the site of lesion that matters most in explaining differential patterns of impairment in the comprehension of concrete and abstract words.

Acknowledgements

Magalie Loiseau was supported by an NSERC award. Sven Joubert is supported by a Chercheur boursier Junior 2 award from the Fonds de recherche en santé du Québec (FRSQ). We are very thankful to Francine Giroux, statistician, for her valuable help with analyses and for very useful suggestions, and we would also like to thank all the patients and control subjects who participated in this study.

References

- Barbeau, E., Didic, M., Tramon, E., Felician, O., Joubert, S., Sontheimer, A., et al. (2004). Evaluation of visual recognition memory in MCI patients. *Neurology*, *62*(8), 1317-1322.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annu Rev Psychol*, *59*, 617-645.
- Benton, A. L., Sivan, A. B., Hamsher, K., Varney, N. R., & Spreen, O. (1994). *Contributions to Neuropsychological Assessment*. Unpublished manuscript, New York.
- Bonner, M. F., Ash, S., & Grossman, M. (2010). The new classification of primary progressive aphasia into semantic, logopenic, or nonfluent/agrammatic variants. *Curr Neurol Neurosci Rep*, *10*(6), 484-490.
- Bonner, M. F., Vesely, L., Price, C., Anderson, C., Richmond, L., Farag, C., et al. (2009). Reversal of the concreteness effect in semantic dementia. *Cogn Neuropsychol*, *26*(6), 568-579.
- Bozeat, S., Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., Garrard, P., & Hodges, J. R. (2000). Non-verbal semantic impairment in semantic dementia. *Neuropsychologia*, *38*(9), 1207-1215.
- Bozeat, S., Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2002). When objects lose their meaning: what happens to their use? *Cogn Affect Behav Neurosci*, *2*(3), 236-251.

- Bozeat, S., Ralph, M. A., Graham, K. S., Patterson, K., Wilkin, H., Rowland, J., et al. (2003). A duck with four legs: Investigating the structure of conceptual knowledge using picture drawing in semantic dementia. *Cogn Neuropsychol*, 20(1), 27-47.
- Breedin, S. D., Saffran, E. M., & Coslett, H. B. (1994). Reversal of the concreteness effect in a patient with semantic dementia. *Cognitive neuropsychology*, 11(6), 617-660.
- Buckley, M. J. (2005). The role of the perirhinal cortex and hippocampus in learning, memory, and perception. *Q J Exp Psychol B*, 58(3-4), 246-268.
- Calero, M. D., Arnedo, M. L., Navarro, E., Ruiz-Pedrosa, M., & Carnero, C. (2002). Usefulness of a 15-item version of the Boston Naming Test in neuropsychological assessment of low-educational elders with dementia. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 57(2), P187-191.
- Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet, P., & Joanette, Y. (1990). [Formal and semantic lexical evocation in normal subjects. Performance and dynamics of production as a function of sex, age and educational level]. *Acta Neurol Belg*, 90(4), 207-217.
- Chan, D., Fox, N. C., Scahill, R. I., Crum, W. R., Whitwell, J. L., Leschziner, G., et al. (2001). Patterns of temporal lobe atrophy in semantic dementia and Alzheimer's disease. *Ann Neurol*, 49(4), 433-442.
- Chiarello, C., Senehi, J., & Nuding, S. (1987). Semantic priming with abstract and concrete words: Differential Asymmetry may be postlexical. *Brain and Language*, 31, 43-60.
- Cipolotti, L., & Warrington, E. K. (1995a). Semantic memory and reading abilities: a case report. *J Int Neuropsychol Soc*, 1(1), 104-110.

- Cipolotti, L., & Warrington, E. K. (1995b). Towards a unitary account of access dysphasia: a single case study. *Memory*, 3(3-4), 309-332.
- Coccia, M., Bartolini, M., Luzzi, S., Provinciali, L., & Ralph, M. A. (2004). Semantic memory is an amodal, dynamic system: Evidence from the interaction of naming and object use in semantic dementia. *Cogn Neuropsychol*, 21(5), 513-527.
- Collins, M., & Frew, A. (2001). Right hemisphere contribution to the comprehension of low-imagery words. *Laterality*, 6(2), 111-132.
- Crutch, S. J. (2006). Qualitatively different semantic representations for abstract and concrete words: further evidence from the semantic reading errors of deep dyslexic patients. *Neurocase*, 12(2), 91-97.
- Crutch, S. J., Connell, S., & Warrington, E. K. (2009). The different representational frameworks underpinning abstract and concrete knowledge: evidence from odd-one-out judgements. *Q J Exp Psychol (Colchester)*, 62(7), 1377-1388, 1388-1390.
- Crutch, S. J., Ridha, B. H., & Warrington, E. K. (2006). The different frameworks underlying abstract and concrete knowledge: evidence from a bilingual patient with a semantic refractory access dysphasia. *Neurocase*, 12(3), 151-163.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2004). Abstract words are represented in an associative network whilst concrete words are represented in a categorical network. *Brain and language*, 91, 13-14.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2005). Abstract and concrete concepts have structurally different representational frameworks. *Brain*, 128, 615-627.

- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2007). Semantic priming in deep-phonological dyslexia: contrasting effects of association and similarity upon abstract and concrete word reading. *Cogn Neuropsychol*, 24(6), 583-602.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2010). The differential dependence of abstract and concrete words upon associative and similarity-based information: Complementary semantic interference and facilitation effects. *Cogn Neuropsychol*, 27(1), 46-71.
- Damasio, H., Tranel, D., Grabowski, T., Adolphs, R., & Damasio, A. (2004). Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition*, 92(1-2), 179-229.
- Desgranges, B., Matuszewski, V., Piolino, P., Chetelat, G., Mezenge, F., Landeau, B., et al. (2007). Anatomical and functional alterations in semantic dementia: a voxel-based MRI and PET study. *Neurobiol Aging*, 28(12), 1904-1913.
- Desrochers, A. (Cartographer). (2006). *OMNILEX : Une base de données informatisée sur le lexique du française contemporain*
- Dhond, R. P., Witzel, T., Dale, A. M., & Halgren, E. (2007). Spatiotemporal cortical dynamics underlying abstract and concrete word reading. *Hum Brain Mapp*, 28(4), 355-362.
- Fiebach, C. J., & Friederici, A. D. (2003). Processing concrete words: fMRI evidence against a specific right-hemisphere involvement. *Neuropsychologia*, 42(1), 62-70.
- Franklin, S., Howard, D., & Patterson, K. (1995). Abstract word anomia. . *Cognitive Neuropsychology*, 12, 549-566.

- Giffard, B., Desgranges, B., Nore-Mary, F., Lalevee, C., de la Sayette, V., Pasquier, F., et al. (2001). The nature of semantic memory deficits in Alzheimer's disease: new insights from hyperpriming effects. *Brain*, *124*(Pt 8), 1522-1532.
- Gleissner, U., & Elger, C. E. (2001). The hippocampal contribution to verbal fluency in patients with temporal lobe epilepsy. *Cortex*, *37*(1), 55-63.
- Good, C. D., Scahill, R. I., Fox, N. C., Ashburner, J., Friston, K. J., Chan, D., et al. (2002). Automatic differentiation of anatomical patterns in the human brain: validation with studies of degenerative dementias. *Neuroimage*, *17*(1), 29-46.
- Gorno-Tempini, M. L., Dronkers, N. F., Rankin, K. P., Ogar, J. M., Phengrasamy, L., Rosen, H. J., et al. (2004). Cognition and anatomy in three variants of primary progressive aphasia. *Ann Neurol*, *55*(3), 335-346.
- Grossman, M., & Ash, S. (2004). Primary progressive aphasia: a review. *Neurocase*, *10*(1), 3-18.
- Grossman, M., Koenig, P., Glosser, G., DeVita, C., Moore, P., Rhee, J., et al. (2003). Neural basis for semantic memory difficulty in Alzheimer's disease: an fMRI study. *Brain*, *126*(Pt 2), 292-311.
- Hodges, J. R., Patterson, K., Oxbury, S., & Funnell, E. (1992). Semantic dementia. Progressive fluent aphasia with temporal lobe atrophy. *Brain*, *115* (Pt 6), 1783-1806.
- Holdstock, J. S. (2005). The role of the human medial temporal lobe in object recognition and object discrimination. *Q J Exp Psychol B*, *58*(3-4), 326-339.

- Howard, D., & Patterson, K. (1992). *The Pyramids and Palm Trees Test: A test for semantic access from words and pictures*. Unpublished manuscript, Bury St Edmunds.
- Jefferies, E., Baker, S. S., Doran, M., & Ralph, M. A. (2007). Refractory effects in stroke aphasia: a consequence of poor semantic control. *Neuropsychologia*, *45*(5), 1065-1079.
- Jefferies, E., Patterson, K., Jones, R. W., & Lambon Ralph, M. A. (2009). Comprehension of concrete and abstract words in semantic dementia. *Neuropsychology*, *23*(4), 492-499.
- Joubert, S., Brambati, S. M., Ansado, J., Barbeau, E. J., Felician, O., Didic, M., et al. (2010). The cognitive and neural expression of semantic memory impairment in mild cognitive impairment and early Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, *48*(4), 978-988.
- Kahlaoui, K., & Joannette, Y. (2006). Normal and pathological semantic processing of words. In *Handbook of clinical linguistics*.
- Kounios, J., & Holcomb, P. L. (1994). Concreteness effects in semantic processing ERP evidence supporting Dual-Coding theory. *Journal of experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*, *20*(4), 804-823.
- Kousta, S. T., Vigliocco, G., Vinson, D. P., Andrews, M., & Del Campo, E. (2011). The representation of abstract words: why emotion matters. *J Exp Psychol Gen*, *140*(1), 14-34.

- Lambon Ralph, M. A., Cipolotti, L., Manes, F., & Patterson, K. (2010). Taking both sides: do unilateral anterior temporal lobe lesions disrupt semantic memory? *Brain*, *133*(11), 3243-3255.
- Lambon Ralph, M. A., Lowe, C., & Rogers, T. T. (2007). Neural basis of category-specific semantic deficits for living things: evidence from semantic dementia, HSVE and a neural network model. *Brain*, *130*(Pt 4), 1127-1137.
- Lambon Ralph, M. A., McClelland, J. L., Patterson, K., Galton, C. J., & Hodges, J. R. (2001). No right to speak? The relationship between object naming and semantic impairment: neuropsychological evidence and a computational model. *J Cogn Neurosci*, *13*(3), 341-356.
- Lambon Ralph, M. A., Pobric, G., & Jefferies, E. (2008). Conceptual knowledge is underpinned by the temporal pole bilaterally: convergent evidence from rTMS. *Cereb Cortex*, *19*(4), 832-838.
- Loiselle, M., Macoir, J., Felician, O., Didic, M., Poncet, M., Ceccaldi, M., et al. (2007). *La compréhension des concepts abstraits est-elle mieux préservée que celle des concepts concrets dans la démence sémantique?* Paper presented at the 29e symposium international du GRSNC: L'essence de la mémoire, Montréal.
- Luzzi, S., Snowden, J. S., Neary, D., Coccia, M., Provinciali, L., & Lambon Ralph, M. A. (2007). Distinct patterns of olfactory impairment in Alzheimer's disease, semantic dementia, frontotemporal dementia, and corticobasal degeneration. *Neuropsychologia*, *45*(8), 1823-1831.

- Macoir, J. (2009). Is a plum a memory problem? Longitudinal study of the reversal of concreteness effect in a patient with semantic dementia. *Neuropsychologia*, *47*(2), 518-535.
- Marshall, J., Pring, T., Chiat, S., & Robson, J. (2001). When ottoman is easier than chair: an inverse frequency effect in jargon aphasia. *Cortex*, *37*(1), 33-53.
- Martin, A. (2007). The representation of object concepts in the brain. *Annu Rev Psychol*, *58*, 25-45.
- Mummery, C. J., Patterson, K., Price, C. J., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Hodges, J. R. (2000). A voxel-based morphometry study of semantic dementia: relationship between temporal lobe atrophy and semantic memory. *Ann Neurol*, *47*(1), 36-45.
- Nestor, P. J., Fryer, T. D., & Hodges, J. R. (2006). Declarative memory impairments in Alzheimer's disease and semantic dementia. *Neuroimage*, *30*(3), 1010-1020.
- New, B., Pallier, C., Brysbaert, M., & Ferrand, L. (2004). Lexique 2 : A New French Lexical Database *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *36*(3), 516-524.
- Noppeney, U., Patterson, K., Tyler, L. K., Moss, H., Stamatakis, E. A., Bright, P., et al. (2007). Temporal lobe lesions and semantic impairment: a comparison of herpes simplex virus encephalitis and semantic dementia. *Brain*, *130*(Pt 4), 1138-1147.
- Paivio, A. (1986). Dual Coding Theory. In *Mental Representations* (pp. 53-83). New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. (1991). Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status. *Canadian Journal of Psychology*, *45*(3), 255-287.

- Papagno, C., Capasso, R., & Miceli, G. (2009). Reversed concreteness effect for nouns in a subject with semantic dementia. *Neuropsychologia*, *47*(4), 1138-1148.
- Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nat Rev Neurosci*, *8*(12), 976-987.
- Pobric, G., Jefferies, E., & Lambon Ralph, M. A. (2010). Category-specific versus category-general semantic impairment induced by transcranial magnetic stimulation. *Curr Biol*, *20*(10), 964-968.
- Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. (2007). Anterior temporal lobes mediate semantic representation: mimicking semantic dementia by using rTMS in normal participants. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *104*(50), 20137-20141.
- Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. (2010). Amodal semantic representations depend on both anterior temporal lobes: evidence from repetitive transcranial magnetic stimulation. *Neuropsychologia*, *48*(5), 1336-1342.
- Pobric, G., Lambon Ralph, M. A., & Jefferies, E. (2009). The role of the anterior temporal lobes in the comprehension of concrete and abstract words: rTMS evidence. *Cortex*, *45*(9), 1104-1110.
- Pulvermuller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nat Rev Neurosci*, *6*(7), 576-582.
- Rainville, P., Goulet, P., & Joanette, Y. (1995). Contribution of the right hemisphere to the processing of concrete words. *Clinical Aphasiology*, *23*, 207-216.
- Regard, M. (1981). Cognitive rigidity and flexibility: A neuropsychological study.

- Reitan, R. M. (1955). The relation of the trail making test to organic brain damage. *J Consult Psychol*, 19(5), 393-394.
- Rey, A. (1960). *Test de la Figure complexe de Rey*. Unpublished manuscript, Paris.
- Rogers, T. T., Hocking, J., Noppeney, U., Mechelli, A., Gorno-Tempini, M. L., Patterson, K., et al. (2006). Anterior temporal cortex and semantic memory: reconciling findings from neuropsychology and functional imaging. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 6(3), 201-213.
- Rogers, T. T., Lambon Ralph, M. A., Garrard, P., Bozeat, S., McClelland, J. L., Hodges, J. R., et al. (2004). Structure and deterioration of semantic memory: a neuropsychological and computational investigation. *Psychol Rev*, 111(1), 205-235.
- Rogers, T. T., Lambon Ralph, M. A., Hodges, J. R., & Patterson, K. (2004). Natural selection: the impact of semantic impairment on lexical and object decision. *Cogn Neuropsychol*, 21(2), 331-352.
- Schwanenflugel, P. J., Akin, C., & Luh, W. M. (1992). Context availability and the recall of abstract and concrete words. *Mem Cognit*, 20(1), 96-104.
- Shibahara, N., & Lucero-Wagoner, B. (2002). Hemispheric asymmetry in accessing word meanings: concrete and abstract nouns. *Percept Mot Skills*, 94(3 Pt 2), 1292-1300.
- Snowden, J. S., Goulding, P. J., & Neary, D. (1989). Semantic dementia: a form of circumscribed cerebral atrophy. *Behavioural Neurology*, 2, 167-182.
- Tieleman, A., Seurinck, R., Deblaere, K., Vandemaele, P., Vingerhoets, G., & Achten, E. (2005). Stimulus pacing affects the activation of the medial temporal lobe during a semantic classification task: an fMRI study. *Neuroimage*, 26(2), 565-572.

- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of Visual Behavior* (pp. 549-586). Cambridge MIT Press.
- Villardita, C., Grioli, S., & Quattropiani, M. C. (1988). Concreteness/abstractness of stimulus-words and semantic clustering in right brain-damaged patients. *Cortex*, *24*(4), 563-571.
- Warrington, E. K. (1975). The selective impairment of semantic memory. *Q J Exp Psychol*, *27*(4), 635-657.
- Warrington, E. K. (1981). Concrete word dyslexia. *Br J Psychol*, *72*(Pt 2), 175-196.
- Warrington, E. K. (1984). *Recognition Memory Test Manual*. Windsor, England: NFER-Nelson.
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale-III*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Weschler, D. (2001). *Echelle clinique de memoire de Weschler MEM III (WMS-III)*. Unpublished manuscript, Paris.
- Whatmough, C., & Chertkow, H. (2007). rCBF to the hippocampal complex covaries with superior semantic memory retrieval. *Behav Brain Res*, *181*(2), 262-269.
- Yi, H. A., Moore, P., & Grossman, M. (2007). Reversal of the concreteness effect for verbs in patients with semantic dementia. *Neuropsychology*, *21*(1), 9-19.

Chapitre 4 : Discussion

4.1. Retour sur les objectifs de la thèse et résultats principaux

La présente thèse avait comme objectif général d'explorer les substrats neuronaux soutenant le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits. Un retour sur la littérature concernant la dichotomie abstrait-concret a permis de constater que l'avancement dans ce domaine s'est fait en deux temps. Dans un premier temps, tout un courant de recherche s'est intéressé à l'EC et différents modèles théoriques permettant d'expliquer ce phénomène ont été élaborés. D'un point de vue neuroanatomique, l'interprétation largement répandue voulait qu'il existe une spécialisation de l'HG pour le matériel verbal et de l'HD pour le matériel non-verbal, et plusieurs études et modèles de l'époque ont discuté des rôles respectifs des hémisphères dans le traitement des concepts abstraits et concrets.

Inspiré de ce premier courant d'études, le premier article de la thèse était une revue de la littérature ayant pour but de faire le point sur les substrats neuronaux impliqués dans le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits. Plus spécifiquement, il s'agissait de mieux cerner la contribution respective des HC dans le traitement de ces types de concepts. Cet article de synthèse traitait également des divers modèles théoriques ayant été élaborés pour expliquer la distinction entre ces concepts. Cette revue a permis de mettre en évidence que les différences entre les concepts concrets et abstraits ne pouvaient être réduites à de simples distinctions hémisphériques, bien que ce facteur demeure toutefois important à considérer. Les résultats de cette revue de littérature seront plus amplement discutés dans la section suivante.

Dans un deuxième temps, un nombre croissant d'études en neuropsychologie ont rapporté un ECI chez certains patients présentant des troubles sémantiques. La mise en évidence d'un tel effet représente un important tournant dans le domaine de la MS. L'ECI est déterminant puisqu'il vient marquer la double dissociation entre les deux types de concepts. Les modèles théoriques de la première génération étant fondés essentiellement sur l'EC « classique » ont donc sérieusement été remis en question par cette double dissociation. Par conséquent, l'ECI nécessite le développement de nouveaux modèles théoriques. Sur la base de l'observation de troubles sémantiques importants et parfois même d'un ECI chez des patients ayant subi une lésion des LTA, plusieurs de ces nouveaux modèles ont attribué un rôle important en MS à cette région anatomique spécifique, sans pour autant s'entendre sur son rôle précis.

Afin de mieux explorer cette question, le rôle des LTA dans le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits a été étudié en détail dans le deuxième article. Il s'agissait dans cet article d'investiguer la compréhension des noms abstraits et concrets chez deux populations cliniques ayant subi des résections au sein du lobe temporal, soit temporo-polaire, soit mésiale. L'objectif de cette étude était de déterminer si ces lésions spécifiques des LTA pouvaient affecter de manière préférentielle les concepts concrets. Conformément à notre hypothèse principale, les patients dont la résection se limitait au néocortex du LTA (pôle temporal) présentaient un ECI alors que cet effet était absent chez les patients dont la résection temporelle était interne. Nous discuterons également plus en détail de ces résultats dans la partie suivante.

La présente discussion débute donc par un retour sur les principaux résultats obtenus dans chacun des articles de la thèse, suivi d'une discussion sur les implications cliniques et théoriques quant aux divers débats qui persistent dans le domaine, notamment sur la contribution respective des HC et du rôle des LTA. Les limites de la thèse et perspectives futures sont finalement abordées.

4.2. Article 1 : Substrats neuronaux du traitement des concepts concrets et abstraits et contribution respective des hémisphères cérébraux

Le premier article était une revue de la littérature sur le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits et leurs substrats neuronaux. Il abordait plus spécifiquement la contribution respective des HC quant au traitement de ce type de mots. Un survol des divers modèles théoriques a mis en lumière les différentes hypothèses neuroanatomiques ayant été avancées. Une synthèse des études expérimentales a ensuite permis de vérifier les fondements empiriques de chacun des modèles évoqués dans la littérature, ainsi que de questionner et de se former une opinion plus éclairée sur la notion communément acceptée d'une spécialisation hémisphérique dans le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits.

4.2.1. Rappel des modèles théoriques principaux et de leurs hypothèses

Dans un premier temps, le survol des différents modèles théoriques est venu souligner l'apport majeur des études ayant observé l'EC dans leur élaboration. Les principales théories développées stipulent que des différences quantitatives entre les deux types de

concepts procurent un avantage aux concepts concrets. Ainsi, Paivio (1986, 1991) suggère une double représentation des concepts concrets dans un système verbal et non-verbal, ce qui leur concède un avantage quantitatif relativement aux concepts abstraits, ces derniers étant représentés dans un unique système verbal. Schwanenflugel et al. (1992) expliquent quant à eux cet avantage pour les concepts concrets par l'apport d'un contexte interne plus fort, comparativement aux concepts abstraits.

D'un point de vue neuroanatomique, l'interprétation généralement faite de la théorie de Paivio attribue à l'HG tout processus associé à la représentation d'informations de nature verbale, et à l'HD, la représentation d'informations non-verbales. Rappelons que Paivio lui-même n'a jamais fait de prédictions explicites quant aux rôles respectifs des hémisphères cérébraux dans le traitement d'informations sémantiques de nature verbale et visuelle. Il suggère plutôt que les mots concrets impliqueraient davantage des aires cérébrales associées au traitement d'informations visuelles que les mots abstraits, alors que des aires impliquées dans le traitement d'informations verbales seraient recrutées de manière équivalente par les deux types de mots (Fiebach & Friederici, 2003; Paivio, 1986, 1991), sans toutefois préciser la localisation de ces aires.

La théorie de la disponibilité du contexte de Schwanenflugel et al. (1992) propose que les aires associées au traitement sémantique des deux types de concepts soient celles qui ont généralement été associées à la récupération d'informations sémantiques (i.e., les aires temporales supérieures et postérieures et les aires frontales antérieures et inférieures de l'HG), mais ces aires seraient plus sollicitées lors du traitement de mots abstraits, étant

donné que la récupération d'informations contextuelles est plus exigeante pour les mots abstraits dont le contexte interne est moins riche (Schwanenflugel et al., 1992).

Une limite importante de ces deux modèles influents est apparue suite à la mise en évidence ultérieure de l'ECI. L'observation de ce phénomène oblige à repenser l'idée que de simples différences quantitatives, tel que suggéré par Paivio et Schwanenflugel, suffisent à expliquer la distinction entre les deux types de concepts. Les concepts concrets ne se distinguent donc pas uniquement des concepts abstraits en termes de leur avantage quantitatif (e.g. double représentation, davantage de contexte interne), mais également en termes de différences qualitatives.

La seule théorie suggérant clairement des distinctions qualitatives entre ces concepts est la *théorie des structures distinctes* élaborée par Crutch et collègues (Crutch, 2006; Crutch et al., 2009; Crutch et al., 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010). Les auteurs de cette théorie proposent une organisation davantage catégorielle pour les concepts concrets alors que l'organisation pour les mots abstraits serait plutôt associative. Selon ce modèle, la distinction entre ces deux structures organisationnelles est relative plutôt qu'absolue, dans la mesure où les deux types de concepts peuvent posséder des connexions tant catégorielles qu'associatives, mais dans des proportions différentes (Crutch, 2006; Crutch et al., 2009; Crutch et al., 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010). Cependant, les auteurs ne formulent aucune hypothèse neuroanatomique relativement aux substrats cérébraux de ces deux systèmes qualitativement différents sur le plan fonctionnel.

4.2.2. Résumé des études expérimentales

Un survol des études expérimentales s'étant intéressées au traitement des concepts concrets et abstraits a permis de confirmer ou d'infirmer certaines hypothèses de ces modèles théoriques. Ces études se divisent en trois grandes catégories : les études comportementales menées auprès de sujets adultes sains, celles menées auprès de patients cérébrolésés, et enfin les études en neuroimagerie.

Premièrement, l'ensemble des études comportementales réalisées chez des sujets normaux (e.g. amorçage, champs visuels divisés) démontre de manière générale une capacité équivalente des hémisphères à traiter les concepts concrets, alors que l'HG serait plus compétent que l'HD à traiter les concepts abstraits.

Deuxièmement, les études conduites sur des patients cérébrolésés ont mis en évidence le rôle incontestable de la partie antérieure des lobes temporaux dans la MS. Quelques études laissent aussi entrevoir le rôle plus spécifique de cette région dans le traitement des concepts concrets (Breedin et al., 1994; Macoir, 2009; Papagno et al., 2009). L'observation clinique d'une double dissociation a également alimenté l'idée selon laquelle le traitement des concepts concrets et abstraits ferait appel à des réseaux cérébraux au moins en partie distincts, ne se limitant pas à une simple distinction hémisphérique.

Finalement, bien que les études en neuroimagerie aient abouti à des résultats hétérogènes, certains patrons d'activation cérébrale ressortent néanmoins de ces études. De manière générale, les principales différences d'activation entre les mots abstraits et concrets ne se situent pas à un niveau inter-hémisphérique, mais se retrouve plutôt au sein même de l'HG, notamment dans les régions inférieures et antérieures du lobe temporal gauche pour

les mots concrets et dans les régions fronto-temporales gauches pour les mots abstraits. Les rares activations observées dans l'HD ont plus souvent été associées au traitement des concepts abstraits que des concepts concrets, mais sans que des régions particulières au sein de cet hémisphère ne soient systématiquement identifiées.

4.2.3. Implications théoriques du premier article

À la lumière de ces résultats, il apparaît aujourd'hui difficile de caractériser le traitement propre à un type de concept, abstrait ou concret, uniquement en termes d'une dichotomie droite-gauche.

Dans ce contexte, nous proposons trois facteurs qui devraient être pris en considération dans l'étude du traitement sémantique des concepts concrets et abstraits: tout d'abord, 1) le mode de fonctionnement des HC, ensuite 2) l'organisation du réseau sémantique qualitativement différente pour les deux types de concepts, et finalement, 3) des processus cognitifs distincts ou impliqués dans des proportions différentes dans le traitement des deux types de concepts, eux-mêmes sous-tendus par des aires cérébrales distinctes (e.g., région temporalo-basale gauche pour les concrets et fronto-temporale gauche pour les abstraits).

Ce dernier point est donc celui qui a motivé le second article de cette thèse, dont l'objectif était de mieux comprendre le rôle d'une région particulière dans le lobe temporal, la partie antérieure du lobe temporal, dans la compréhension des concepts concrets et abstraits.

4.3. Article 2 : Impact d'une lésion unilatérale d'un lobe temporal sur le traitement de concepts concrets et abstraits

4.3.1. Rappels des modèles théoriques et de leurs hypothèses

Des lésions des LTA ont fréquemment été associées à des déficits marqués en MS (Bonner et al., 2009; Breedin et al., 1994; Lambon Ralph et al., 2007; Noppeney et al., 2007; Snowden et al., 1989; Warrington, 1975, 1984), et parfois à une atteinte relativement sélective des concepts concrets (Breedin et al., 1994; Macoir, 2009; Papagno et al., 2009). Différentes théories essentiellement inspirées des observations cliniques de la DS ont ainsi été avancées dans le but d'expliquer le rôle des LTA en MS.

La théorie du *hub* sémantique amodal stipule que les LTA constituent un *hub* amodal central soutenant le traitement sémantique de l'ensemble de la MS, incluant autant les concepts concrets qu'abstraites (Lambon Ralph & Patterson, 2008; Patterson et al., 2007). De plus, selon cette théorie, les concepts concrets et abstraits seraient représentés à l'intérieur des LTA gauche et droit de manière indifférenciée (Lambon Ralph & Patterson, 2008; Patterson et al., 2007). Les tenants de cette approche n'acceptent pas l'ECI en tant que donnée empirique et l'attribuent plutôt à des effets dus à des lacunes sur le plan méthodologique (Jefferies et al., 2009). Ainsi, cette théorie prédit qu'une atteinte bilatérale est nécessaire pour engendrer un déficit sémantique significatif, et que ce déficit est nécessairement amodal, donc touchant autant les concepts concrets qu'abstraites (Lambon Ralph, Cipolotti, Manes, & Patterson, 2010).

Une vision alternative attribue un rôle plus spécifique des LTA dans la représentation des connaissances visuo-perceptuelles des objets, de par la position rostrale de cette région dans la voie ventrale (Cipolotti & Warrington, 1995; Loisel et al., 2007; Macoir, 2009; Papagno et al., 2009; Yi et al., 2007). Selon ce point de vue, les LTA seraient plus impliqués dans le traitement des concepts concrets, qui dépendraient davantage de ce type de connaissances. La dégradation des représentations visuo-perceptuelles des objets, consécutive à une lésion de la voie ventrale, permettrait donc d'expliquer l'ECI. Cette explication ne permet néanmoins pas de faire la distinction entre le rôle spécifique des LTA et celui des régions plus postérieures du cortex visuel associatif (occipito-temporales), également touchées dans la DS.

Tel que mentionné précédemment, ces approches proviennent toutes deux de l'observation clinique de patients avec DS dont l'atrophie principale se situe au niveau des LTA. Néanmoins, cette population présente des limites anatomiques notables qui ne permettent pas de confirmer clairement le rôle des LTA dans le traitement sémantique des mots abstraits et concrets. D'abord, bien que l'atrophie dans cette démence soit le plus souvent prédominante dans le LTA gauche, elle demeure néanmoins bilatérale (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000; Nestor et al., 2006). Dans ce contexte, il est impossible d'isoler la contribution spécifique des LTA gauche et droit.

De plus, il a également été démontré que l'atrophie dans la DS ne se limite pas aux LTA et affecte également d'autres régions et structures tel que le gyrus fusiforme (Desgranges et al., 2007; Gorno-Tempini et al., 2004; Mummery et al., 2000), l'amygdale,

l'hippocampe et le gyrus parahippocampique (Chan et al., 2001; Desgranges et al., 2007; Good et al., 2002; Mummery et al., 2000). Une réduction du volume cortical a aussi été rapportée dans l'insula gauche, le cortex cingulaire antérieur, le thalamus et le noyau caudé (Desgranges et al., 2007; Gorno-Tempini et al., 2004). Ainsi, cette population ne permet pas d'isoler la contribution des LTA, en tant que région neuroanatomique dans le traitement sémantique. Seule l'étude de patients avec une lésion circonscrite unilatérale (droite ou gauche) du LTA pourrait aider à mieux cerner la contribution du LTA dans la MS.

4.3.2. Rappel des objectifs et hypothèses du second article

L'objectif du second article était donc d'étudier l'impact d'une lésion unilatérale du lobe temporal sur le traitement sémantique des concepts concrets et abstraits. Les patients de notre étude étaient divisés en deux groupes en fonction de la localisation de leur lésion. La lésion dans le groupe LTA (lobectomie temporale antérieure) se limitait au pôle temporal et à la partie antérieure des gyri temporaux inférieur, moyen et supérieur. Ainsi, la lésion ne s'étendait pas caudalement dans les régions occipito-temporales. La lésion du groupe AHS (amygdalo-hippocampectomie sélective) se limitait quant à elle au complexe hippocampique et à l'amygdale. Les lésions des deux groupes étaient donc non seulement unilatérales et circonscrites, mais également mutuellement exclusives, permettant ainsi d'évaluer le rôle distinct de ces deux régions circonscrites dans le traitement des concepts concrets et abstraits.

Notre hypothèse était que les patients LTA allaient présenter un ECI, similaire à celui rapporté dans certaines études auprès de patients avec DS. Quant au groupe de

patients AHS, celui-ci allait agir plutôt à titre de groupe clinique contrôle, et nous ne faisons pas l'hypothèse de troubles sémantiques particuliers suite à une résection de cette structure, cette région étant reconnue comme impliquée surtout dans la mémoire épisodique plutôt que sémantique.

4.3.3. Résumé et interprétation des résultats du second article

Conformément à notre hypothèse, les résultats de notre étude ont montré une atteinte significativement plus importante de la compréhension des mots concrets comparativement aux mots abstraits dans le groupe LTA. Un tel patron n'a été observé ni dans le groupe AHS, ni dans le groupe contrôle. L'ECI était d'ailleurs présent chez la majorité des patients du groupe LTA (5 des 7 patients). Nos résultats suggèrent par conséquent qu'une lésion unilatérale du LTA engendre un ECI. De plus, les résultats montrent qu'une lésion temporale unilatérale, qu'elle soit gauche ou droite, est suffisante pour provoquer un déficit sémantique significatif.

La présence d'un ECI dans le groupe LTA ne concorde pas avec la théorie du *hub* sémantique amodal puisque cette dernière stipule qu'une atteinte des LTA engendrera nécessairement un déficit équivalent au niveau de la compréhension des concepts concrets et abstraits (Lambon Ralph & Patterson, 2008; Patterson et al., 2007). Ces résultats ne concordent pas non plus avec l'idée selon laquelle l'ECI résulterait de l'atteinte du LTA et de celle du cortex associatif visuel au niveau temporo-occipital (Bonner et al., 2009) car cette dernière région était préservée chez tous nos patients.

De plus, nos résultats ne corroborent pas l'hypothèse du *hub* sémantique amodal qui stipule qu'une lésion unilatérale ne suffit pas à provoquer un déficit sémantique significatif et que les lésions des LTA doivent nécessairement être bilatérales pour engendrer de tels troubles (Lambon Ralph et al., 2010). En effet, cette l'hypothèse avance que les LTA supportent un *hub* amodal central de la MS dans lequel les connaissances conceptuelles seraient distribuées de manière largement indifférenciée entre les hémisphères. Par conséquent, un déficit mesurable ne serait présent que suite à une atteinte substantielle des LTA (plus de 50%), et ce, de manière bilatérale (Lambon Ralph et al., 2010). De plus, ces auteurs avancent qu'un certain dédoublement des représentations sémantiques dans chaque hémisphère rend le système d'autant plus robuste à une atteinte unilatérale, les représentations au sein de l'hémisphère non lésé étant préservées (Lambon Ralph et al., 2010).

Ainsi, contrairement à cette hypothèse, notre étude montre qu'une lésion unilatérale du lobe temporal, qu'elle soit temporo-polaire ou mésiale (temporale interne), est suffisante pour provoquer un trouble sémantique significatif. La majorité de nos patients (14 des 22 patients, les deux groupes confondus) étaient déficitaires à au moins une de nos deux tâches sémantiques, avec mots concrets ou abstraits. Ces résultats concordent avec le fait que plusieurs de ces patients avaient aussi des résultats significativement moins bons que ceux des sujets contrôles à d'autres tests standardisés de nature sémantique, tels que le test du PPTT, le sous-test des connaissances de la WAIS, le test de fluence verbale catégorielle et le test de dénomination d'images de Boston.

Un résultat plutôt inattendu était le déficit sémantique retrouvé dans le groupe AHS. Le déficit sémantique observé pour ce groupe de patients est significatif relativement aux contrôles. De plus, contrairement au groupe LTA, le déficit est semblable pour les deux types de mots. Ce résultat implique donc que cette région temporale interne soit impliquée autant dans la compréhension des mots concrets qu'abstraites. Par contre, il demeure impossible d'isoler le rôle spécifique de chacune des sous-structures touchées dans la procédure de type AHS (hippocampe, amygdale ou cortex périrhinal).

Quant à l'explication du rôle de cette région dans la mémoire sémantique, quelques études ont en effet soulevé la possibilité d'une implication de l'hippocampe dans la MS (Barbeau et al., 2004; Davies, Graham, Xuereb, Williams, & Hodges, 2004). Il a notamment été proposé que l'hippocampe contribue à la récupération d'informations sémantiques en apportant un soutien supplémentaire à l'activation du cortex temporal latéral, en réponse au niveau de difficulté de la tâche (Whatmough & Chertkow, 2007). Il est aussi possible que les hippocampes soient anatomiquement connectés aux pôles temporaux, et que les troubles sémantiques observés dans notre étude résultent d'une déconnexion entre ces régions. Cette explication, néanmoins, ne permet pas d'expliquer les différences de performance dans les deux types de triades entre les patients AHS et LTA.

D'autres études suggèrent un rôle du cortex périrhinal dans la MS (Barbeau et al., 2004; Bright et al., 2005; Davies et al., 2004; Whatmough & Chertkow, 2007). Elles proposent par exemple une implication dans la reconnaissance d'objets (Holdstock, 2005), possiblement pour faciliter l'identification lorsque des discriminations plus fines sont nécessaires (Buckley, 2005). Cette structure pourrait donc être impliquée dans le traitement

de concepts concrets, étant anatomiquement connectée et adjacente au cortex temporo-polaire (qui forme le prolongement du cortex périrhinal).

Par ailleurs, l'amygdale pourrait jouer un rôle particulier dans la représentation des concepts abstraits. Il a en effet été démontré que l'information de nature émotionnelle était particulièrement importante dans la représentation et le traitement de concepts abstraits (Kousta, Vigliocco, Vinson, Andrews, & Del Campo, 2011). Les concepts abstraits sont notamment associés à une plus importante valence émotionnelle que les concepts concrets (Kousta, 2011). Une lésion de l'amygdale pourrait donc en théorie nuire particulièrement au traitement des concepts abstraits. Ainsi, selon cette perspective, l'atteinte des concepts concrets et abstraits dans le groupe AHS pourrait résulter de lésions concomitantes du cortex périrhinal et de l'amygdale.

4.4. Implications cliniques et théoriques de la thèse

Sur le plan clinique, la démonstration de troubles sémantiques chez une population de patients ayant subi une lobectomie temporale est relativement nouvelle. D'autres types de déficits cognitifs tels que des troubles au niveau de la mémoire épisodique ou du langage ont déjà été mis en évidence chez de tels groupes de patients (Helmstaedter & Kurthen, 2001; Jones-Gotman et al., 1997; Schramm, 2008). Quelques études ont également observé des difficultés au niveau du traitement sémantique des personnes connues chez ces patients (Glosser et al., 2003; H.R. Griffith et al., 2006; Seidenberg et al., 2002), mais aucune n'a montré de patrons de troubles sémantiques aussi évidents dans le traitement de concepts concrets et abstraits. En effet, la majorité des patients inclus dans l'étude du second article

(14 sur 22) présentaient des troubles sémantiques significatifs dans nos tâches expérimentales. Cette thèse confirme donc que les troubles sémantiques font partie intégrante du tableau clinique des patients avec une épilepsie temporale ayant eu une résection au niveau du LTA, que la résection soit polaire ou mésiale.

La mise en évidence d'un ECI suite à une lésion unilatérale d'un LTA ne peut être interprétée ni par la théorie du double codage de Paivio (1986, 1991), ni par la théorie de la disponibilité du contexte de Schwanenflugel (1992). La théorie du *hub* sémantique amodal de Patterson (2007) ne peut non plus rendre compte des résultats de cette étude, puisque cette théorie suppose qu'une atteinte des LTA entraînera nécessairement un déficit sémantique affectant de manière indifférenciée les concepts concrets et abstraits.

En contrepartie, la théorie des zones de convergence de Damasio et collègues (A. R. Damasio, 1989, 1990; A. R. Damasio & Damasio, 1994; H. Damasio et al., 2004) est plus concordante avec nos résultats. Cette théorie souligne le rôle des LTA en tant que zone de convergence de haut niveau. Damasio attribue un rôle particulier des LTA dans la représentation des entités uniques, mais nuance néanmoins le rôle de cette région comme n'étant pas impliquée de manière statique pour une seule catégorie conceptuelle (H. Damasio et al., 2004). Il soumet plutôt l'idée que les pôles temporaux supportent un traitement d'une très grande finesse (H. Damasio et al., 2004). Le traitement et l'identification des entités uniques requièrent en effet que des distinctions très fines soient faites afin de parvenir à leur individualité. Il ajoute que les pôles temporaux (LTA) peuvent être impliqués dans le traitement d'autres catégories conceptuelles si la tâche nécessite un niveau de traitement sémantique élaboré, tel que distinguer deux items d'une même

catégorie conceptuelle, mais très similaires au niveau de leur structure physique (H. Damasio et al., 2004).

Plusieurs autres auteurs ont d'ailleurs aussi suggéré que les LTA jouaient un rôle dans les discriminations fines à un niveau sémantique (Bright et al., 2005; H. Damasio et al., 2004; Moss et al., 2005; Rogers et al., 2006). Ce rôle concorde aussi avec l'idée selon laquelle le traitement sémantique opèrerait à un niveau de traitement de plus en plus fin, selon un axe postéro-antérieur, le pôle temporal antérieur étant la partie la plus rostrale de la voie ventrale (Rogers et al., 2006). Nous sommes d'avis que dans la tâche de jugement de synonymie employée dans la présente étude, de telles distinctions sont nécessaires afin de réussir la tâche (e.g. abeille – guêpe, moustique).

D'autres théories peuvent possiblement rendre compte d'une partie de nos résultats, si des nuances y sont ajoutées. Ainsi, bien que Crutch et collègues (Crutch, 2006; Crutch et al., 2009; Crutch et al., 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010) ne proposent aucune hypothèse neuroanatomique et donc n'émettent aucune hypothèse quant aux rôles des LTA, nous proposons ici nos propres interprétations neuroanatomiques dans le cadre de leur théorie.

4.4.1. Interprétation de la théorie des structures distinctes de Crutch et Warrington

Les deux articles de la présente thèse soutiennent l'idée que les concepts concrets et abstraits sont organisés, au moins en partie, de manière fonctionnellement et neurologiquement distincte. Sur le plan cognitif, la théorie des structures distinctes propose un cadre intéressant pour l'explication de nos résultats. Cette théorie stipule l'existence de

deux systèmes sémantiques reposant sur une architecture fonctionnellement organisée selon des principes distincts.

Selon ce modèle, le premier système présente une organisation plutôt catégorielle, intraconceptuelle, axée sur les similarités entre les concepts unis à travers ce système. Il serait surtout impliqué dans la représentation des concepts concrets. Le second système, plutôt impliqué dans la représentation des concepts abstraits, serait organisé principalement sur la base d'associations sémantiques plus thématiques, contextuelles et interconceptuelles. Tel que souligné par les auteurs, la représentation des deux types de concepts dans ces systèmes est relative plutôt qu'absolue, les deux types de concepts pouvant posséder des connexions autant catégorielles qu'associatives (Crutch, 2006; Crutch et al., 2009; Crutch et al., 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010). Nous sommes d'avis que cette théorie peut expliquer l'EC classique ou l'ECI, bien que ces auteurs n'aient pas explicitement tenté de le faire.

Étant donnée son organisation hiérarchique et structurée, l'activation des éléments pertinents dans le réseau sémantique du système catégoriel serait plus automatique, directe et rapide. À l'inverse, l'organisation associative serait plutôt caractérisée par une activation plus diffuse, moins organisée et requérant possiblement davantage l'intervention de processus « top-down » afin de diriger plus efficacement l'activation selon la demande de la tâche. Cette distinction entre les systèmes expliquerait l'EC observé chez les sujets normaux. Au niveau cérébral, le système associatif serait aussi « diffus » et dispersé. Il serait donc plus vulnérable à des atteintes cérébrales diffuses ou à une atteinte sélective des

processus « top-down », expliquant par conséquent l'amplification de l'EC chez certains patients cérébrolésés ou dans la maladie d'Alzheimer.

Anatomiquement, nous suggérons que le système catégoriel soit sous-tendu, au moins en partie, par les LTA. Ce système serait donc plus vulnérable aux lésions focales des LTA. Tel que proposé par Macoir (2009), l'ECI pourrait être attribué à la dégradation ou à une lésion de ce système catégoriel, dont dépendraient surtout les concepts concrets. Enfin, bien qu'ils sous-tendent ensemble un même système catégoriel, il est possible que chaque LTA soit spécialisé pour certains types d'information, tel que suggéré par le modèle alternatif de Gainotti (2011).

4.4.2. Interprétation de la vision alternative de Gainotti

S'inspirant de l'hypothèse des zones de convergence (H. Damasio et al., 2004) et en réponse à l'hypothèse du *hub* sémantique amodal de Patterson (2007), Gainotti (2011) suggère un modèle alternatif en proposant l'existence de deux systèmes sémantiques orthogonaux complémentaires, le premier s'inscrivant dans une complémentarité entre les voies anatomiques ventrale et dorsale, et le second dans une complémentarité entre les HG et HD.

Ce second système nous intéresse particulièrement, car il permet d'expliquer certains résultats de notre deuxième article. En effet, tel que soulevé par Gainotti (2011), plusieurs études suggèrent des différences dans la manifestation des troubles sémantiques selon que la lésion du LTA soit située à gauche ou à droite. Le déficit est généralement plus marqué pour le matériel verbal suite à une lésion du LTA gauche, et plus marqué pour le

matériel visuel suite à une lésion du LTA droit (Acres et al., 2009; Butler et al., 2009; Gainotti, 2007; Howard & Patterson, 1992; Snowden et al., 2004). Par exemple, en ce qui a trait aux connaissances sémantiques sur les personnes connues, une lésion du LTA droit entraîne une perte des connaissances plus importantes pour les personnes connues sur entrée visuelle (e.g. à partir de la présentation du visage), alors qu'une lésion du LTA gauche cause un déficit plus marqué des connaissances sur entrée verbale (e.g. à partir du nom) (pour des revues, voir Gainotti, 2007, 2010, 2011).

Gainotti suggère donc l'existence d'un système de représentation composé de deux zones de convergence complémentaires, sous-tendues par les LTA gauche et droit, chacun étant spécialisé respectivement dans le matériel verbal ou visuel (Gainotti, 2011). Cette distinction permettrait d'expliquer le fait qu'indépendamment du type de lobectomie temporale (LTA ou AHS), les patients de notre étude ayant subi une résection de l'HG étaient significativement plus atteints pour le traitement des mots abstraits que les patients ayant subi une résection de l'HD, différence qui ne ressort pourtant pas pour les mots concrets. Ainsi, bien que les concepts concrets et abstraits dépendent de systèmes qualitativement différents reposant au moins partiellement sur des structures cérébrales distinctes, le traitement des mots abstraits pourrait malgré tout reposer, dans une plus large mesure, sur l'HG.

4.5. Limites de la thèse et perspectives futures

Malgré toutes les précautions et l'attention portée sur le plan méthodologique, la présente thèse comporte des limites qui doivent être soulignées. Quelques pistes relatives aux perspectives d'études futures doivent être considérées.

4.5.1. Taille de l'échantillon

Mentionnons d'abord la taille modeste de nos groupes, particulièrement celle du groupe LTA, dont le nombre de participants a notamment restreint les analyses statistiques possibles. Cette limite est indéniablement liée au fait que de tels patients sont très rares. Une étude future avec un nombre de patients plus important et permettant de répliquer nos résultats serait d'une grande valeur.

4.5.2. Étiologie du trouble

Il existe une différence entre nos groupes de patients quant à l'étiologie de leur trouble. La majorité des patients du groupe LTA ont subi une résection pour une tumeur, alors que la totalité des patients du groupe AHS ont souffert d'épilepsie temporale pharmaco-résistante. Il ne faut donc pas écarter la possibilité d'altérations neurologiques et fonctionnelles différentes, antérieures à la chirurgie, en fonction de l'étiologie sous-jacente (Hammers et al., 2003; Hermann, Davies, Foley, & Bell, 1999; Powell et al., 2007). Une réorganisation cérébrale, notamment un déplacement (« shift ») de l'organisation du réseau sémantique, serait aussi potentiellement plus importante dans le contexte d'une épilepsie de longue

durée que dans le cas d'un événement neurologique ponctuel, tel qu'une tumeur, affectant la même région (Lambon Ralph et al., 2010).

Ainsi, bien que l'étiologie puisse rendre compte d'une réorganisation cérébrale pré-opératoire différente du réseau sémantique, ce facteur ne permettrait pas d'expliquer l'ECI observé dans le groupe LTA. Des études ultérieures évaluant les patients épileptiques en pré- et postopératoire permettraient de mieux contrôler ce facteur.

4.6. Conclusion

Les résultats obtenus dans le contexte de cette thèse nous amènent à conclure que les différences de traitement entre les concepts concrets et abstraits relèvent davantage de distinctions neuroanatomiques au sein des hémisphères cérébraux, plus spécifiquement au sein des lobes temporaux, plutôt que de différences inter-hémisphériques. Les résultats de la présente thèse soulignent le rôle primordial des lobes temporaux antérieurs dans le traitement des concepts concrets et suggèrent que des lésions de cette région puissent engendrer des déficits significatifs au niveau du traitement sémantique des concepts concrets. D'un point de vue neuroanatomique, nos résultats ne concordent pas avec la théorie du *hub* sémantique amodal de Patterson (2007). En revanche, la théorie des zones de convergence de Damasio et collègues (A. R. Damasio, 1989, 1990; A. R. Damasio & Damasio, 1994; H. Damasio et al., 2004) est hautement compatible avec nos résultats. Les résultats de cette thèse suggèrent également que l'organisation du réseau sémantique diffère qualitativement entre les concepts abstraits et concrets, et reposent sur des systèmes cognitifs au moins partiellement distincts. Les systèmes « catégoriel » et « associatif » de la

théorie de Crutch et collègues (Crutch, 2006; Crutch et al., 2009; Crutch et al., 2006; Crutch & Warrington, 2004, 2005, 2007, 2010) permettent de rendre compte de cette distinction.

Bibliographie

- Acres, K., Taylor, K. I., Moss, H. E., Stamatakis, E. A., & Tyler, L. K. (2009). Complementary hemispheric asymmetries in object naming and recognition: a voxel-based correlational study. *Neuropsychologia*, *47*(8-9), 1836-1843.
- Alpherts, W. C., Vermeulen, J., van Rijen, P. C., da Silva, F. H., & van Veelen, C. W. (2008). Standard versus tailored left temporal lobe resections: differences in cognitive outcome? *Neuropsychologia*, *46*(2), 455-460.
- Altarriba, J., Bauer, L. M., & Benvenuto, C. (1999). Concreteness, context availability, and imageability ratings and word associations for abstract, concrete, and emotion words. *Behav Res Methods Instrum Comput*, *31*(4), 578-602.
- Barbeau, E., Sontheimer, A., Joubert, S., Didic, M., Felician, O., Tramoni, E., et al. (2004). [The human perirhinal cortex]. *Rev Neurol (Paris)*, *160*(4 Pt 1), 401-411.
- Beauregard, M., Chertkow, H., Bub, D., Dixon, R., & Evans, A. (1997). The neural substrate for concrete, abstract, and emotional word lexica: A positron emission tomography study. *Journal of cognitive neuroscience*, *9*(4), 441-461.
- Binder, J. R., Westbury, C. F., McKiernan, K. A., Possing, E. T., & Medler, D. A. (2005). Distinct brain systems for processing concrete and abstract concepts. *Journal of cognitive neuroscience*, *17*(6), 905-917.
- Bleasdale, F. (1983). Paivio's Dual-Coding Model of Meaning Revisited. In J. Yuille (Ed.), *Imagery, Memory and Cognition : Essays in honor of Allan Paivio* (pp. 183-209). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Blundo, C., Ricci, M., & Miller, L. (2006). Category-specific knowledge deficit for animals in a patient with herpes simplex encephalitis. *Cogn Neuropsychol*, *23*(8), 1248-1268.
- Bonner, M. F., Vesely, L., Price, C., Anderson, C., Richmond, L., Farag, C., et al. (2009). Reversal of the concreteness effect in semantic dementia. *Cogn Neuropsychol*, *26*(6), 568-579.
- Bookheimer, S. (2002). Functional MRI of language: new approaches to understanding the cortical organization of semantic processing. *Annu Rev Neurosci*, *25*, 151-188.
- Bozeat, S., Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., Garrard, P., & Hodges, J. R. (2000). Non-verbal semantic impairment in semantic dementia. *Neuropsychologia*, *38*(9), 1207-1215.
- Bozeat, S., Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2002). When objects lose their meaning: what happens to their use? *Cogn Affect Behav Neurosci*, *2*(3), 236-251.
- Brambati, S. M., Benoit, S., Monetta, L., Belleville, S., & Joubert, S. (2010). The role of the left anterior temporal lobe in the semantic processing of famous faces. *Neuroimage*, *53*(2), 674-681.
- Brambati, S. M., Myers, D., Wilson, A., Rankin, K. P., Allison, S. C., Rosen, H. J., et al. (2006). The anatomy of category-specific object naming in neurodegenerative diseases. *J Cogn Neurosci*, *18*(10), 1644-1653.
- Breedin, S. D., Saffran, E. M., & Coslett, H. B. (1994). Reversal of the concreteness effect in a patient with semantic dementia. *Cognitive neuropsychology*, *11*(6), 617-660.

- Bright, P., Moss, H. E., Stamatakis, E. A., & Tyler, L. K. (2005). The anatomy of object processing: the role of anteromedial temporal cortex. *Q J Exp Psychol B*, 58(3-4), 361-377.
- Buckley, M. J. (2005). The role of the perirhinal cortex and hippocampus in learning, memory, and perception. *Q J Exp Psychol B*, 58(3-4), 246-268.
- Butler, C. R., Brambati, S. M., Miller, B. L., & Gorno-Tempini, M. L. (2009). The neural correlates of verbal and nonverbal semantic processing deficits in neurodegenerative disease. *Cogn Behav Neurol*, 22(2), 73-80.
- Campanella, F., D'Agostini, S., Skrap, M., & Shallice, T. (2010). Naming manipulable objects: anatomy of a category specific effect in left temporal tumours. *Neuropsychologia*, 48(6), 1583-1597.
- Campanella, F., Mondani, M., Skrap, M., & Shallice, T. (2009). Semantic access dysphasia resulting from left temporal lobe tumours. *Brain*, 132(Pt 1), 87-102.
- Capitani, E., Chieppa, F., & Laiacona, M. (2010). Associated impairment of the categories of conspecifics and biological entities: cognitive and neuroanatomical aspects of a new case. *Cogn Neuropsychol*, 27(3), 207-229.
- Capitani, E., Laiacona, M., Mahon, B., & Caramazza, A. (2003). What are the facts of semantic category-specific deficits? A critical review of the clinical evidence. *Cogn Neuropsychol*, 20(3), 213-261.
- Caramazza, A. (1998). The interpretation of semantic category-specific deficits: What do they reveal about the organisation of conceptual knowledge in the brain? *Neurocase*, 4, 265-272.

- Caramazza, A., & Shelton, J. R. (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: the animate-inanimate distinction. *J Cogn Neurosci*, *10*(1), 1-34.
- Carbonnel, S., Charnallet, A., David, D., & Pellat, J. (1997). One or several semantic system(s)? Maybe none: evidence from a case study of modality and category-specific "semantic" impairment. *Cortex*, *33*(3), 391-417.
- Chan, D., Fox, N. C., Scahill, R. I., Crum, W. R., Whitwell, J. L., Leschziner, G., et al. (2001). Patterns of temporal lobe atrophy in semantic dementia and Alzheimer's disease. *Ann Neurol*, *49*(4), 433-442.
- Choi, H., Sell, R. L., Lenert, L., Muennig, P., Goodman, R. R., Gilliam, F. G., et al. (2008). Epilepsy surgery for pharmacoresistant temporal lobe epilepsy: a decision analysis. *JAMA*, *300*(21), 2497-2505.
- Cipolotti, L., & Warrington, E. K. (1995). Towards a unitary account of access dysphasia: a single case study. *Memory*, *3*(3-4), 309-332.
- Coccia, M., Bartolini, M., Luzzi, S., Provinciali, L., & Ralph, M. A. (2004). Semantic memory is an amodal, dynamic system: Evidence from the interaction of naming and object use in semantic dementia. *Cogn Neuropsychol*, *21*(5), 513-527.
- Collins, M., & Frew, A. (2001). Right hemisphere contribution to the comprehension of low-imagery words. *Laterality*, *6*(2), 111-132.
- Crutch, S. J. (2006). Qualitatively different semantic representations for abstract and concrete words: further evidence from the semantic reading errors of deep dyslexic patients. *Neurocase*, *12*(2), 91-97.

- Crutch, S. J., Connell, S., & Warrington, E. K. (2009). The different representational frameworks underpinning abstract and concrete knowledge: evidence from odd-one-out judgements. *Q J Exp Psychol (Colchester)*, *62*(7), 1377-1388, 1388-1390.
- Crutch, S. J., Ridha, B. H., & Warrington, E. K. (2006). The different frameworks underlying abstract and concrete knowledge: evidence from a bilingual patient with a semantic refractory access dysphasia. *Neurocase*, *12*(3), 151-163.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2004). Abstract words are represented in an associative network whilst concrete words are represented in a categorical network. *Brain and language*, *91*, 13-14.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2005). Abstract and concrete concepts have structurally different representational frameworks. *Brain*, *128*, 615-627.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2007). Semantic priming in deep-phonological dyslexia: contrasting effects of association and similarity upon abstract and concrete word reading. *Cogn Neuropsychol*, *24*(6), 583-602.
- Crutch, S. J., & Warrington, E. K. (2010). The differential dependence of abstract and concrete words upon associative and similarity-based information: Complementary semantic interference and facilitation effects. *Cogn Neuropsychol*, *27*(1), 46-71.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, *33*(1-2), 25-62.
- Damasio, A. R. (1990). Category-related recognition defects as a clue to the neural substrates of knowledge. *Trends Neurosci*, *13*(3), 95-98.

- Damasio, A. R., & Damasio, H. (1994). Cortical systems for retrieval of concrete knowledge: the convergence zone framework. In C. Koch (Ed.), *Large-scale neuronal theories of the brain* (pp. 61-74). Cambridge (MA): MIT Press.
- Damasio, H., Grabowski, T. J., Tranel, D., Hichwa, R. D., & Damasio, A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, *380*(6574), 499-505.
- Damasio, H., Tranel, D., Grabowski, T., Adolphs, R., & Damasio, A. (2004). Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition*, *92*(1-2), 179-229.
- Davies, R. R., Graham, K. S., Xuereb, J. H., Williams, G. B., & Hodges, J. R. (2004). The human perirhinal cortex and semantic memory. *Eur J Neurosci*, *20*(9), 2441-2446.
- Desgranges, B., Matuszewski, V., Piolino, P., Chetelat, G., Mezenge, F., Landeau, B., et al. (2007). Anatomical and functional alterations in semantic dementia: a voxel-based MRI and PET study. *Neurobiol Aging*, *28*(12), 1904-1913.
- Ellis, A., Young, A. W., & Critchley, E. M. R. (1989). Loss of memory for people following temporal lobe damage. *Brain*, *112*, 1469-1483.
- Evans, J. J., Higgs, A. J., Antoun, N., & Hodges, J. R. (1995). Progressive prosopagnosia associated with selective right temporal lobe atrophy. A new syndrome? *Brain*, *118* (Pt 1), 1-13.
- Fiebach, C. J., & Friederici, A. D. (2003). Processing concrete words: fMRI evidence against a specific right-hemisphere involvement. *Neuropsychologia*, *42*(1), 62-70.
- Fukatsu, R., Fujii, T., Tsukiura, T., Yamadori, A., & Otsuki, T. (1999). Proper name anomia after left temporal lobectomy: A patient study. *Neurology*, *52*, 1096-1099.

- Gainotti, G. (2000). What the locus of brain lesion tells us about the nature of the cognitive defect underlying category-specific disorders: a review. *Cortex*, 36(4), 539-559.
- Gainotti, G. (2007). Different patterns of famous people recognition disorders in patients with right and left anterior temporal lesions: A systematic review. *Neuropsychologia*, 45(8), 1591-1607.
- Gainotti, G. (2011). The organization and dissolution of semantic-conceptual knowledge: is the 'amodal hub' the only plausible model? *Brain Cogn*, 75(3), 299-309.
- Gainotti, G., Ferraccioli, M., & Marra, C. (2010). The relation between person identity nodes, familiarity judgment and biographical information. Evidence from two patients with right and left anterior temporal atrophy. *Brain Res*, 1307, 103-114.
- Gentileschi, V., Sperber, S., & Spinnler, H. (2001). Crossmodal agnosia for familiar people as a consequence of right infero-polar temporal atrophy. *Cognitive Neuropsychology*, 18, 439-463.
- Giffard, B., Desgranges, B., Nore-Mary, F., Lalevee, C., de la Sayette, V., Pasquier, F., et al. (2001). The nature of semantic memory deficits in Alzheimer's disease: new insights from hyperpriming effects. *Brain*, 124(Pt 8), 1522-1532.
- Glosser, G., Salvucci, A. E., & Chiaravalloti, N. D. (2003). Naming and recognizing famous faces in temporal lobe epilepsy. *Neurology*, 61, 81-86.
- Good, C. D., Scahill, R. I., Fox, N. C., Ashburner, J., Friston, K. J., Chan, D., et al. (2002). Automatic differentiation of anatomical patterns in the human brain: validation with studies of degenerative dementias. *Neuroimage*, 17(1), 29-46.

- Gorno-Tempini, M. L., Dronkers, N. F., Rankin, K. P., Ogar, J. M., Phengrasamy, L., Rosen, H. J., et al. (2004). Cognition and anatomy in three variants of primary progressive aphasia. *Ann Neurol*, *55*(3), 335-346.
- Gorno-Tempini, M. L., & Price, C. J. (2001). Identification of famous faces and buildings: a functional neuroimaging study of semantically unique items. *Brain*, *124*(Pt 10), 2087-2097.
- Gorno-Tempini, M. L., Price, C. J., Josephs, O., Vandenberghe, R., Cappa, S. F., Kapur, N., et al. (1998). The neural systems sustaining face and proper-name processing. *Brain*, *121* (Pt 11), 2103-2118.
- Griffith, H. R., Richardson, E., Pyzalski, R. W., Bell, B., Dow, C., Hermann, B. P., et al. (2006). Memory for famous faces and the temporal lobe epilepsy. *Epilepsy and behavior, sous presse*.
- Griffith, H. R., Richardson, E., Pyzalski, R. W., Bell, B., Dow, C., Hermann, B. P., et al. (2006). Memory for famous faces and the temporal pole: functional imaging findings in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav*, *9*(1), 173-180.
- Grill-Spector, K., & Malach, R. (2004). The human visual cortex. *Annu Rev Neurosci*, *27*, 649-677.
- Grossman, M., & Ash, S. (2004). Primary progressive aphasia: a review. *Neurocase*, *10*(1), 3-18.
- Grossman, M., Koenig, P., Glosser, G., DeVita, C., Moore, P., Rhee, J., et al. (2003). Neural basis for semantic memory difficulty in Alzheimer's disease: an fMRI study. *Brain*, *126*(Pt 2), 292-311.

- Hammers, A., Koepp, M. J., Richardson, M. P., Hurlmann, R., Brooks, D. J., & Duncan, J. S. (2003). Grey and white matter flumazenil binding in neocortical epilepsy with normal MRI. A PET study of 44 patients. *Brain*, *126*(Pt 6), 1300-1318.
- Hart, J., Jr., Berndt, R. S., & Caramazza, A. (1985). Category-specific naming deficit following cerebral infarction. *Nature*, *316*(6027), 439-440.
- Hart, J., Jr., & Gordon, B. (1992). Neural subsystems for object knowledge. *Nature*, *359*(6390), 60-64.
- Helmstaedter, C., & Kurthen, M. (2001). Memory and epilepsy: characteristics, course, and influence of drugs and surgery. *Curr Opin Neurol*, *14*(2), 211-216.
- Hermann, B., Davies, K., Foley, K., & Bell, B. (1999). Visual confrontation naming outcome after standard left anterior temporal lobectomy with sparing versus resection of the superior temporal gyrus: a randomized prospective clinical trial. *Epilepsia*, *40*(8), 1070-1076.
- Hodges, J. R., & Patterson, K. (2007). Semantic dementia: a unique clinicopathological syndrome. *Lancet Neurol*, *6*(11), 1004-1014.
- Hodges, J. R., Patterson, K., Oxbury, S., & Funnell, E. (1992). Semantic dementia. Progressive fluent aphasia with temporal lobe atrophy. *Brain*, *115* (Pt 6), 1783-1806.
- Holdstock, J. S. (2005). The role of the human medial temporal lobe in object recognition and object discrimination. *Q J Exp Psychol B*, *58*(3-4), 326-339.
- Howard, D., & Patterson, K. (1992). *The Pyramids and Palm Trees Test: a test of semantic access from pictures to words*. Unpublished manuscript, Bury St Edmonds (UK).

- Humphreys, G. W., & Forde, E. M. (2001). Hierarchies, similarity, and interactivity in object recognition: "category-specific" neuropsychological deficits. *Behav Brain Sci*, 24(3), 453-476; discussion 476-509.
- Humphreys, G. W., & Riddoch, M. J. (2003). A case series analysis of "category-specific" deficits of living things: the hit account. *Cogn Neuropsychol*, 20(3), 263-306.
- Jeannerod, M. (2002). *Le cerveau intime*. Paris: Éditions Odile Jacob.
- Jefferies, E., Patterson, K., Jones, R. W., & Lambon Ralph, M. A. (2009). Comprehension of concrete and abstract words in semantic dementia. *Neuropsychology*, 23(4), 492-499.
- Jessen, F., Heun, R., Erb, M., Granath, D.-O., Klose, U., Papassotiropoulos, A., et al. (2000). The concreteness Effect: Evidence for dual coding and context availability. *Brain and Language*, 74, 103-112.
- Jones-Gotman, M., Zatorre, R. J., Olivier, A., Andermann, F., Cendes, F., Staunton, H., et al. (1997). Learning and retention of words and designs following excision from medial or lateral temporal-lobe structures. *Neuropsychologia*, 35(7), 963-973.
- Joubert, S., Brambati, S. M., Ansado, J., Barbeau, E. J., Felician, O., Didic, M., et al. (2010). The cognitive and neural expression of semantic memory impairment in mild cognitive impairment and early Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 48(4), 978-988.
- Kahlaoui, K., & Joannette, Y. (2006). Normal and pathological semantic processing of words. In *Handbook of clinical linguistics*.

- Kay, J., & Richard Hanley, J. (1999). Person-specific knowledge and knowledge of biological categories. *Cognitive neuropsychology*, *16*(2), 171-180.
- Kiehl, K. A., Liddle, P. F., Smith, A. M., Mendrek, A., Forster, B. B., & Hare, R. D. (1999). Neural pathways involved in the processing of concrete and abstract words. *Hum Brain Mapp*, *7*(4), 225-233.
- Kounios, J., & Holcomb, P. L. (1994). Concreteness effects in semantic processing ERP evidence supporting Dual-Coding theory. *Journal of experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*, *20*(4), 804-823.
- Kousta, S. T., Vigliocco, G., Vinson, D. P., Andrews, M., & Del Campo, E. (2011). The representation of abstract words: why emotion matters. *J Exp Psychol Gen*, *140*(1), 14-34.
- Laiacona, M., & Capitani, E. (2001). A case of prevailing deficit of nonliving categories or a case of prevailing sparing of living categories? *Cogn Neuropsychol*, *18*(1), 39-70.
- Lambon Ralph, M. A., Cipolotti, L., Manes, F., & Patterson, K. (2010). Taking both sides: do unilateral anterior temporal lobe lesions disrupt semantic memory? *Brain*, *133*(11), 3243-3255.
- Lambon Ralph, M. A., Lowe, C., & Rogers, T. T. (2007). Neural basis of category-specific semantic deficits for living things: evidence from semantic dementia, HSVE and a neural network model. *Brain*, *130*(Pt 4), 1127-1137.
- Lambon Ralph, M. A., & Patterson, K. (2008). Generalization and differentiation in semantic memory: insights from semantic dementia. *Ann N Y Acad Sci*, *1124*, 61-76.

- Leveroni, C. L., Seidenberg, M., Mayer, A. R., Mead, L. A., Binder, J. R., & Rao, S. M. (2000). Neural systems underlying the recognition of familiar and newly learned faces. *J Neurosci*, *20*(2), 878-886.
- Loiselle, M., Macoir, J., Felician, O., Didic, M., Poncet, M., Ceccaldi, M., et al. (2007). *La compréhension des concepts abstraits est-elle mieux préservée que celle des concepts concrets dans la démence sémantique?* Paper presented at the 29e symposium international du GRSNC: L'essence de la mémoire, Montréal.
- Luzzi, S., Snowden, J. S., Neary, D., Coccia, M., Provinciali, L., & Lambon Ralph, M. A. (2007). Distinct patterns of olfactory impairment in Alzheimer's disease, semantic dementia, frontotemporal dementia, and corticobasal degeneration. *Neuropsychologia*, *45*(8), 1823-1831.
- Macoir, J. (2009). Is a plum a memory problem? Longitudinal study of the reversal of concreteness effect in a patient with semantic dementia. *Neuropsychologia*, *47*(2), 518-535.
- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2009). Concepts and categories: a cognitive neuropsychological perspective. *Annu Rev Psychol*, *60*, 27-51.
- Martin, A. (2007). The representation of object concepts in the brain. *Annu Rev Psychol*, *58*, 25-45.
- McCarthy, R. A., & Warrington, E. K. (1988). Evidence for modality-specific meaning systems in the brain. *Nature*, *334*(6181), 428-430.
- Miceli, G., Capasso, R., Daniele, A., Esposito, T., Magarelli, M., & Tomaiuolo, F. (2000). Selective deficit for people's names following left temporal damage: an impairment

- of domain-specific conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 17(6), 489-516.
- Mishkin, M., Vargha-Khadem, F., & Gadian, D. G. (1998). Amnesia and the organization of the hippocampal system. *Hippocampus*, 8(3), 212-216.
- Moss, H. E., Rodd, J. M., Stamatakis, E. A., Bright, P., & Tyler, L. K. (2005). Anteromedial temporal cortex supports fine-grained differentiation among objects. *Cereb Cortex*, 15(5), 616-627.
- Mummery, C. J., Patterson, K., Price, C. J., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Hodges, J. R. (2000). A voxel-based morphometry study of semantic dementia: relationship between temporal lobe atrophy and semantic memory. *Ann Neurol*, 47(1), 36-45.
- Neary, D., Snowden, J. S., Gustafson, L., Passant, U., Stuss, D., Black, S., et al. (1998). Frontotemporal lobar degeneration: a consensus on clinical diagnostic criteria. *Neurology*, 51(6), 1546-1554.
- Nestor, P. J., Fryer, T. D., & Hodges, J. R. (2006). Declarative memory impairments in Alzheimer's disease and semantic dementia. *Neuroimage*, 30(3), 1010-1020.
- Noppeney, U., Patterson, K., Tyler, L. K., Moss, H., Stamatakis, E. A., Bright, P., et al. (2007). Temporal lobe lesions and semantic impairment: a comparison of herpes simplex virus encephalitis and semantic dementia. *Brain*, 130(Pt 4), 1138-1147.
- Noppeney, U., & Price, C. J. (2002). Retrieval of visual, auditory, and abstract semantics. *Neuroimage*, 15(4), 917-926.
- Paivio, A. (1986). Dual Coding Theory. In *Mental Representations* (pp. 53-83). New York: Oxford University Press.

- Paivio, A. (1991). Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status. *Canadian Journal of Psychology, 45*(3), 255-287.
- Papagno, C., Capasso, R., & Miceli, G. (2009). Reversed concreteness effect for nouns in a subject with semantic dementia. *Neuropsychologia, 47*(4), 1138-1148.
- Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nat Rev Neurosci, 8*(12), 976-987.
- Powell, H. W., Parker, G. J., Alexander, D. C., Symms, M. R., Boulby, P. A., Wheeler-Kingshott, C. A., et al. (2007). Abnormalities of language networks in temporal lobe epilepsy. *Neuroimage, 36*(1), 209-221.
- Rogers, T. T., Hocking, J., Noppeney, U., Mechelli, A., Gorno-Tempini, M. L., Patterson, K., et al. (2006). Anterior temporal cortex and semantic memory: reconciling findings from neuropsychology and functional imaging. *Cogn Affect Behav Neurosci, 6*(3), 201-213.
- Rogers, T. T., Lambon Ralph, M. A., Garrard, P., Bozeat, S., McClelland, J. L., Hodges, J. R., et al. (2004). Structure and deterioration of semantic memory: a neuropsychological and computational investigation. *Psychol Rev, 111*(1), 205-235.
- Sabsevitz, D. S., Medler, D. A., Seidenberg, M., & Binder, J. R. (2005). Modulation of the semantic system by word imageability. *NeuroImage, 27*, 188-200.
- Sacchett, C., & Humphreys, G. W. (1992). Calling a squirrel a squirrel but a canoe a wigwam: A category-specific deficit for artefactual objects and body parts. *Cognitive Neuropsychology, 9*, 73-86.

- Samson, D., & Pillon, A. (2003). A case of impaired knowledge for fruit and vegetables. *Cogn Neuropsychol*, 20(3), 373-400.
- Schramm, J. (2008). Temporal lobe epilepsy surgery and the quest for optimal extent of resection: a review. *Epilepsia*, 49(8), 1296-1307.
- Schwanenflugel, P. J., Akin, C., & Luh, W. M. (1992). Context availability and the recall of abstract and concrete words. *Mem Cognit*, 20(1), 96-104.
- Seidenberg, M., Griffith, R., Sabsevitz, D., & al. (2002). Recognition and identification of famous faces in patients with unilateral temporal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 40, 446-456.
- Semah, F., Picot, M. C., Adam, C., Broglin, D., Arzimanoglou, A., Bazin, B., et al. (1998). Is the underlying cause of epilepsy a major prognostic factor for recurrence? *Neurology*, 51(5), 1256-1262.
- Snowden, J. S., Goulding, P. J., & Neary, D. (1989). Semantic dementia: a form of circumscribed cerebral atrophy. *Behavioural Neurology*, 2, 167-182.
- Snowden, J. S., Thompson, J. C., & Neary, D. (2004). Knowledge of famous faces and names in semantic dementia. *Brain*, 127(Pt 4), 860-872.
- Thompson-Schill, S. L. (2003). Neuroimaging studies of semantic memory: inferring "how" from "where". *Neuropsychologia*, 41(3), 280-292.
- Thompson, S. A., Graham, K. S., Williams, G., Patterson, K., Kapur, N., & Hodges, J. R. (2004). Dissociating person-specific from general semantic knowledge: roles of the left and right temporal lobes. *Neuropsychologia*, 42(3), 359-370.

- Tranel, D. (2006). Impaired naming of unique landmarks is associated with left temporal polar damage. *Neuropsychology*, *20*(1), 1-10.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-403). New York: Academic Press.
- Turk, D. J., Rosenblum, A. C., Gazzaniga, M. S., & Macrae, C. N. (2005). Seeing John Malkovich: the neural substrates of person categorization. *Neuroimage*, *24*(4), 1147-1153.
- Warrington, E. K. (1975). The selective impairment of semantic memory. *Q J Exp Psychol*, *27*(4), 635-657.
- Warrington, E. K. (1984). *Recognition Memory Test Manual*. Windsor, England: NFER-Nelson.
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. (1983). Category specific access dysphasia. *Brain*, *106* (Pt 4), 859-878.
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1987). Categories of knowledge. Further fractionations and an attempted integration. *Brain*, *110* (Pt 5), 1273-1296.
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, *107* (Pt 3), 829-854.
- West, W. C., & Holcomb, P. J. (2000). Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: an electrophysiological investigation. *J Cogn Neurosci*, *12*(6), 1024-1037.
- Whatmough, C., & Chertkow, H. (2007). rCBF to the hippocampal complex covaries with superior semantic memory retrieval. *Behav Brain Res*, *181*(2), 262-269.

- Whitley, R. J. (2002). Herpes simplex virus infection. *Semin Pediatr Infect Dis, 13*(1), 6-11.
- Yi, H. A., Moore, P., & Grossman, M. (2007). Reversal of the concreteness effect for verbs in patients with semantic dementia. *Neuropsychology, 21*(1), 9-19.

Annexe

Liste des stimuli de la tâche de jugement de synonymie

TRIADES CONCRÈTES

<u>Synonyme no1</u>	<u>Synonyme no2</u>	<u>Intrus</u>
abeille	guêpe	moustique
alcool	boisson	lait
âne	mulet	girafe
araignée	tarentule	pieuvre
armoire	commode	coffre
bague	anneau	collier
balai	brosse	seau
bateau	chaloupe	planche
bélier	bouc	vache
bœuf	taureau	chèvre
bougie	cierge	lampe
bouquin	roman	agenda
cahier	calepin	crayon
caillou	roche	branche
caribou	renne	zèbre
cercle	rond	ovale
cerf	biche	bison
chaussure	soulier	lacet
chenille	larve	mouche
chien	loup	lion
colibri	oiseau-mouche	autruche
colombe	pigeon	perruche

Synonyme no1

couteau
crapaud
cygne
dauphin
éclair
édifice
escargot
faucon
friandises
gazelle
hérisson
hirondelle
horloge
javelot
jumelles
marteau
moineau
oie
ours
pingouin
pipe
prison
ravin
sanglier
sentier
sommet
souris
valise

Synonyme no2

canif
grenouille
canard
baleine
foudre
immeuble
limace
aigle
bonbons
antilope
porc-épic
rouge-gorge
pendule
lance
longue-vue
massue
mésange
outarde
panda
manchot
calumet
pénitencier
fossé
cochon
piste
cime
rat
mallette

Intrus

fourchette
lézard
serin
raie
tempête
chalet
serpent
merle
gâteau
buffle
taupe
pélican
clocher
fusil
montre
manche
poule
dindon
marmotte
héron
allumette
cage
colline
mouton
empreinte
vallée
lapin
sacoche

TRIADES ABSTRAITES

Synonyme no1

aisance
 ampleur
 analyse
 aspect
 audace
 aveu
 bêtise
 blague
 bonté
 candidature
 commencement
 coutume
 délit
 durée
 éternité
 gabarit
 grâce
 honnêteté
 infini
 innocence
 interprétation
 invention
 inverse
 jugement
 laps
 lucidité

Synonyme no2

facilité
 abondance
 étude
 attribut
 courage
 confession
 stupidité
 plaisanterie
 bienfaisance
 aspiration
 origine
 mœurs
 méfait
 période
 immortalité
 calibre
 pardon
 intégrité
 absolu
 naïveté
 traduction
 découverte
 opposé
 critique
 délai
 clairvoyance

Intrus

loisir
 manque
 profession
 horde
 agression
 trêve
 reflet
 accident
 stupeur
 tracas
 déroulement
 exception
 soupçon
 obtention
 inspiration
 modèle
 effroi
 mensonge
 guise
 arrogance
 grossièreté
 exploration
 vice
 hargne
 condition
 souci

<u>Synonyme no1</u>	<u>Synonyme no2</u>	<u>Intrus</u>
maîtrise	agilité	fonction
méditation	rêverie	requête
mérite	vertu	vestige
mythe	légende	récit
notion	concept	machin
option	alternative	garantie
oubli	omission	défaite
possibilité	éventualité	incapacité
preuve	gage	édition
progrès	amélioration	production
pureté	authenticité	extérieur
raisonnement	logique	méthode
rang	échelon	vigueur
renseignement	information	suspens
réparation	correction	bris
réponse	réplique	argument
respect	estime	secteur
ruse	malice	manie
sagesse	docilité	consigne
série	succession	stade
solution	issue	résumé
tactique	stratégie	séance
vocabulaire	lexique	sérieux
volonté	détermination	labour