

# Vers une réintroduction de l'efficacité mnésique : l'apport des modèles à traces multiples

**Par Lionel BRUNEL**

Thèse de doctorat en Psychologie

Sous la direction de Rémy VERSACE

Présentée et soutenue publiquement le 20 septembre 2010

Membres du jury : Rémy VERSACE, Professeur des universités, Université Lyon 2 Denis BROUILLET, Professeur des universités, Université Montpellier 3 Axel CLEEREMANS, Directeur de recherche, Université Libre de Bruxelles Stéphane ROUSSET, Maître de conférences, Université Grenoble 2 Serge NICOLAS, Professeur des universités, Université Paris 5



# Table des matières

Contrat de diffusion . . .	6
[Dédicace] . . .	7
Résumé . . .	8
Abstract . . .	9
Introduction . . .	10
Le modèle Act-In . . .	10
Objectifs . . .	12
<b>Chapitre I – Similarité des mécanismes perceptifs et mnésiques : la question des traces mnésiques . . .</b>	<b>15</b>
Introduction . . .	15
Interaction Multimodale . . .	15
L'intégration multimodale . . .	15
Interaction & Intégration audiovisuelles . . .	16
Objectifs . . .	19
<b>Section 1 : La perception laisse des traces mnésiques épisodiques et multimodales . . .</b>	<b>19</b>
Interaction & Intégration Mnésique . . .	20
Opérationnalisations . . .	20
Démonstration . . .	22
Une Caractéristique d'un type de Connaissance ? . . .	25
<b>Section 2 : Des connaissances Multimodales . . .</b>	<b>26</b>
Simulation Unimodale . . .	26
Simulation Multimodale . . .	28
Intégration entre des propriétés sensorielles . . .	32
Discussion . . .	34
La motricité . . .	35
Des liens bilatéraux entre mémoire et perception . . .	35
Conclusion . . .	36
En résumé . . .	37
<b>Chapitre II – Emergence de la catégorie . . .</b>	<b>38</b>
Introduction . . .	38
<b>Catégorie : Apprentissage et Perception . . .</b>	<b>38</b>
Apprentissage de la catégorie . . .	39
Perception Catégorielle & Catégorie . . .	39
<b>Modèles de la categorisation . . .</b>	<b>41</b>
Modèles prototypiques . . .	42
Modèles a « frontières décisionelles » . . .	42
Modèles d'exemplaires . . .	43
Effets de Généralisation et de Discrimination . . .	44
<b>Contraster les Modèles de la Catégorie : Catégorie, Généralisation &amp; Discrimination Multimodale . . .</b>	<b>44</b>

<b>Paradigme 5/4 <i>category structure</i> . . .</b>	<b>45</b>
<b>Catégorie multimodale: Effets de généralisation et de discrimination. . .</b>	<b>45</b>
<b>Une mémoire basée sur des exemplaires et des propriétés . . .</b>	<b>53</b>
<b>Conclusion . . .</b>	<b>55</b>
<b>En Résumé . . .</b>	<b>56</b>
<b>Chapitre III : Emergence à la conscience . . .</b>	<b>58</b>
<b>Introduction . . .</b>	<b>58</b>
<b>Objectifs . . .</b>	<b>58</b>
<b>Un Constat : de nombreux postulats liés aux méthodes de dissociation . . .</b>	<b>58</b>
<b>Des explications multisystemiques vs. fonctionnelles aux dissociations . . .</b>	<b>60</b>
<b>L'expérience de conscience : Une caractéristique systémique ? . . .</b>	<b>61</b>
<b>Un Constat : Une Dissociation experimentale robuste . . .</b>	<b>62</b>
<b>Processus de Récupération : Singulier ou Pluriel ? . . .</b>	<b>63</b>
<b>Des Modèles de reconnaissance basés sur des notions de TDS . . .</b>	<b>66</b>
<b>Les analyses ROC et zROC . . .</b>	<b>69</b>
<b>Un outil pour départager les approches ? . . .</b>	<b>70</b>
<b>Indépendance, redondance ou émergence ? . . .</b>	<b>72</b>
<b>Indépendance ou redoncance ? . . .</b>	<b>72</b>
<b>Un espace cérébral clé . . .</b>	<b>74</b>
<b>Vers une emergence . . .</b>	<b>74</b>
<b>Des etats de la trace en mémoire . . .</b>	<b>78</b>
<b>la Force ou le poids de la trace . . .</b>	<b>78</b>
<b>la Distinctivité de la trace . . .</b>	<b>80</b>
<b>Conclusion . . .</b>	<b>83</b>
<b>En résumé . . .</b>	<b>84</b>
<b>Chapitre IV : Efficacité mnésique . . .</b>	<b>86</b>
<b>Introduction . . .</b>	<b>86</b>
<b>Faux souvenirs (FS) . . .</b>	<b>86</b>
<b>Erreurs liées à la mauvaise recombinaison des proprietes d'un episode (ER)</b>	<b>87</b>
<b>. . .</b>	<b>87</b>
<b>Objectifs . . .</b>	<b>87</b>
<b>ACT-IN<sup>2</sup> : Activation et Intégration (encodage et récupération) . . .</b>	<b>88</b>
<b>Activités catégorielles vs. activités discriminantes . . .</b>	<b>88</b>
<b>Activation interactive : Diffusion intra-trace et inter-traces . . .</b>	<b>89</b>
<b>Processus d'intégration à l'encodage . . .</b>	<b>90</b>
<b>Objectifs Etude 1 : Evaluer l'activation interactive . . .</b>	<b>91</b>
<b>Objectifs Etude 2 : tester le processus d'integration a l'encodage. . .</b>	<b>96</b>
<b>Etude 1 : Une mémoire Faillible . . .</b>	<b>97</b>
<b>Méthode . . .</b>	<b>97</b>
<b>Résultats . . .</b>	<b>102</b>
<b>Discussion Intermédiaire 1 . . .</b>	<b>107</b>
<b>Etude 2 : Pour devenir infaillible ? . . .</b>	<b>108</b>

<b>Méthode</b> . . .	108
<b>Résultats</b> . . .	111
<b>Discussion Intermédiaire 2</b> . . .	115
<b>Conclusion</b> . . .	116
<b>En résumé</b> . . .	116
<b>Chapitre V – Discussion Générale</b> . . .	118
<b>Synthèse</b> . . .	118
<b>Section 1 : un Processus d'intégration à l'encodage</b> . . .	119
<b>Une architecture plausible au niveau cerebral</b> . . .	120
<b>Un processus d'intégration hiérarchique, multiplicatif &amp; multimodal</b> . . .	122
<b>Section 2 : Lier les activités</b> . . .	124
<b>Diffusion Inter-Traces</b> . . .	124
<b>Diffusion intra-trace</b> . . .	124
<b>relation entre ces deux types de diffusion d'activation</b> . . .	124
<b>Conclusions Générales</b> . . .	126
<b>Perspectives de recherche</b> . . .	126
<b>Références bibliographiques</b> . . .	128
<b>Annexe A</b> . . .	146
<b>Le modèle GCM (<i>Generalized Context Model</i>, Nosofsky, 1991)</b> . . .	146
<b>Le modèle MINERVA 2 (Hintzman, 1986 ; 1988)</b> . . .	147
<b>Annexe B</b> . . .	149

## Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « [Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/) » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

## [Dédicace]

*A mon père...*

## Résumé

Nombreuses sont les situations où notre mémoire nous fait défaut. A qui n'est-il jamais arrivé de se retrouver face à une personne sans se rappeler son prénom ? Pourtant vous savez que vous connaissez ce visage et que vous êtes même capables de resituer la dernière fois où vous l'avez déjà vu. A l'inverse, vous pouvez être sûr d'avoir déjà rencontré une personne alors que c'est la première fois que vous la voyez... Pour autant, dans ces deux situations, vous n'avez jamais oublié ce qu'était un visage.

Tout en étant faillible dans certaines situations, l'efficacité de notre mémoire reste bien souvent inaperçue. Cette thèse propose de traiter la question de l'efficacité mnésique dans une modélisation particulière de la mémoire : les modèles à traces multiples. Nous traiterons de l'apport de cette notion à l'approche développée par Versace et collaborateurs (2002 ; 2009). Cette dernière suppose que les connaissances émergent d'un système unique de mémoire à partir de l'activation et de l'intégration de traces mnésiques épisodiques multimodales et distribuées.

Suivant cette approche, il apparaît que l'efficacité dans les activités catégorielles s'explique par une relation de similarité entre un indice à traiter et un grand nombre de traces en mémoire, alors que l'efficacité dans les tâches discriminantes implique que l'indice à traiter active non seulement une quantité restreinte de traces mais surtout que celles-ci soient suffisamment intégrées. L'étude de l'efficacité nous a permis de mettre en évidence deux types d'intégration : une intégration qui participe directement à l'émergence des connaissances (à la conscience), et une intégration qui participe au maintien des propriétés de l'expérience perceptive et motrice au sein d'une trace. De plus, il semblerait que, quel que soit le traitement, l'efficacité dépend de ce que l'indice active à la fois des propriétés au sein et entre les traces.

A l'issue de cette thèse, nous sommes arrivés à la conclusion que l'efficacité mnésique dépend du type de tâche, de la force du liage entre les éléments de la trace et d'une relation interactive entre l'indice à traiter et les traces en mémoire.

---

## Abstract

There are many situations where our memory fails us. Who is it ever happened to meet face to one and not remember his name? Yet you are sure that you know this face and you're even able to retrieve the last time you've seen it. Conversely, you can be sure you have already met one person while it is the first time you see it... However, in both situations, you have never forgotten what a face is.

While being fallible in some situations, the memory accuracy is often overlooked. This thesis proposes to address the issue of memory accuracy in a particular model of memory: multi-traces theory. We discuss the contribution of this question to the approach developed by Versace and collaborators (2002, 2009). This implies that knowledge emerging from a single memory from the activation and integration of distributed multimodal episodic memory traces.

According to this approach, it appears that the accuracy in the categorical tasks is due to a similarity relationship between a cue and a large number of memory traces. While accuracy in discriminating tasks involves that a cue activate a limited number of traces, but also these ones need to be sufficiently integrated. Studying accuracy has allowed us to identify two kinds of integration: integration directly involved in the emergence of the knowledge (to the consciousness), and integration which ensures that former perceptivo-motor experience is encoded within a trace. Moreover, it seems that each kind of processing depends on the probability that a cue activates features within and between the traces.

Finally, we can say that the accuracy depends on the type of memory task, the strength of binding between the trace components, and an interactive relationship between the cue and memory traces.

# Introduction

La mémoire est un des sujets d'études les plus transversaux aux sciences humaines et sociales (e.g. Histoire, Sociologie, Psychologie, etc.). En psychologie, elle est souvent considérée comme un des piliers de l'identité (i.e. le fruit des expériences passées) ou un des pré-requis à la communication (i.e. partage et échange de représentation commune). De plus, la mémoire ne fascine pas que les chercheurs, elle façonne l'imaginaire des gens et alimente des phantasmes (i.e. effacer la mémoire) que l'on peut retrouver dans de nombreuses fictions ou ouvrages de science-fiction (e.g. Philip K Dick, 2002).

Dans le cadre de la psychologie cognitive, la mémoire est considérée comme une fonction sous-tendant le comportement dont on va pouvoir modéliser les opérations (i.e. les mécanismes et les processus). Le véritable enjeu pour les modèles de mémoire va se situer autour de la proposition d'explications aussi bien des phénomènes singuliers de mémoire (e.g. l'amnésie, voir le cas KC, Rosenbaum et al., 2005) et des pathologies neurodégénératives (e.g. la maladie d'Alzheimer) que pour le fonctionnement « normal ». Sans aller jusqu'aux « 7 péchés » associés au fonctionnement de la mémoire (Schacter, 1999), celle-ci est faillible dans bien des situations alors que son efficacité reste bien souvent « inaperçue ». On comprend alors que l'étude de l'efficacité mnésique puisse être une dimension importante du fonctionnement de notre mémoire que les modèles doivent s'attacher à décrire.

Dans ce document, nous ne ferons pas une revue exhaustive de tous les modèles de mémoire qui traitent de la question de l'efficacité mnésique, mais discuterons de certains d'entre eux, notamment des modèles à traces multiples. Plus particulièrement, cette thèse s'inscrit dans une certaine démarche (i.e. chaque chapitre va correspondre à une étape de notre raisonnement) qui a animé nos travaux pendant trois ans et a pour finalité d'apporter une contribution à la fois théorique et expérimentale à l'approche du fonctionnement mnésique proposée par Versace et collaborateurs (Versace, Nevers & Padovan, 2002 ; Versace, Labeye, Badard & Rose, 2009). Tout au long de ce document, nous proposerons une revue de la littérature mais aussi une présentation de nos propres données expérimentales publiées ou originales.

## Le modèle Act-In

Le modèle ACT-IN (Activation Intégration) est la formalisation proposée par Vallet et collaborateurs (Vallet, Simard & Versace, *en préparation*) à l'approche développée par Versace et collaborateurs (Versace et al., 2002 ; 2009). Ce modèle est défini comme un système unique hybride (voir aussi le modèle VISA,<sup>1</sup> Whittlesea, 1989) dans le sens où il s'inspire à la fois des modèles de mémoire à traces multiples (e.g. MINERVA 2, Hintzman, 1986, 1988) et des modèles connexionnistes (e.g. PDP, McClelland & Rumelhart, 1985). En cela, il propose une architecture en réponse aux critiques faites aux modèles à traces multiples, à savoir l'indépendance entre les traces et le manque de substrat biologique sous-

<sup>1</sup> Variable Integration and Selective Attention

jacent (pour une discussion voir Versace et al., 2009). Cette approche se caractérise plus particulièrement par une définition de la trace mnésique et des mécanismes spécifiques impliqués lors de la récupération.

Le modèle suppose que les traces sont épisodiques, multisensorielles (ou multimodales) et distribuées. Cela signifie que les traces sont formées lors de l'expérience perceptive (*i.e.* épisodiques), qu'elles conservent des dimensions sensorielles (*i.e.* multisensorielles ou multimodales) et qu'elles sont codées sur un ensemble de structures cérébrales (notamment dédiées aux traitements perceptifs sensoriels) distribuées sur l'ensemble du cerveau. Cette définition de la trace est totalement en opposition avec les modèles abstractionnistes de la mémoire. En effet, au sein de ces modèles, les connaissances diffèrent qualitativement en termes de leurs « sensorialités » et de leur niveau d'abstraction (*e.g.* sémantique vs. épisodique, Tulving, 1972).

De plus, le modèle suppose que les connaissances émergent suivant une dynamique d'activation et d'intégration (voir figure 1). En cela, il propose que la récupération en mémoire suit le même principe que les modèles d'appariement globaux (SAM, Gillund & Shiffrin, 1984 ; MINERVA 2, Hintzman, 1986 ; 1988 ; SIMPLE, Nairne, 1990 ; 2006 ; GCM, Nosofsky, 1986 ; 1991), c'est à dire un appariement entre une situation perceptive (*i.e.* un indice à traiter) et des traces en mémoire. La particularité de ce modèle est alors d'ajouter une dynamique à ce processus d'appariement global en ayant recours à deux mécanismes : un mécanisme d'activation et un mécanisme d'intégration.

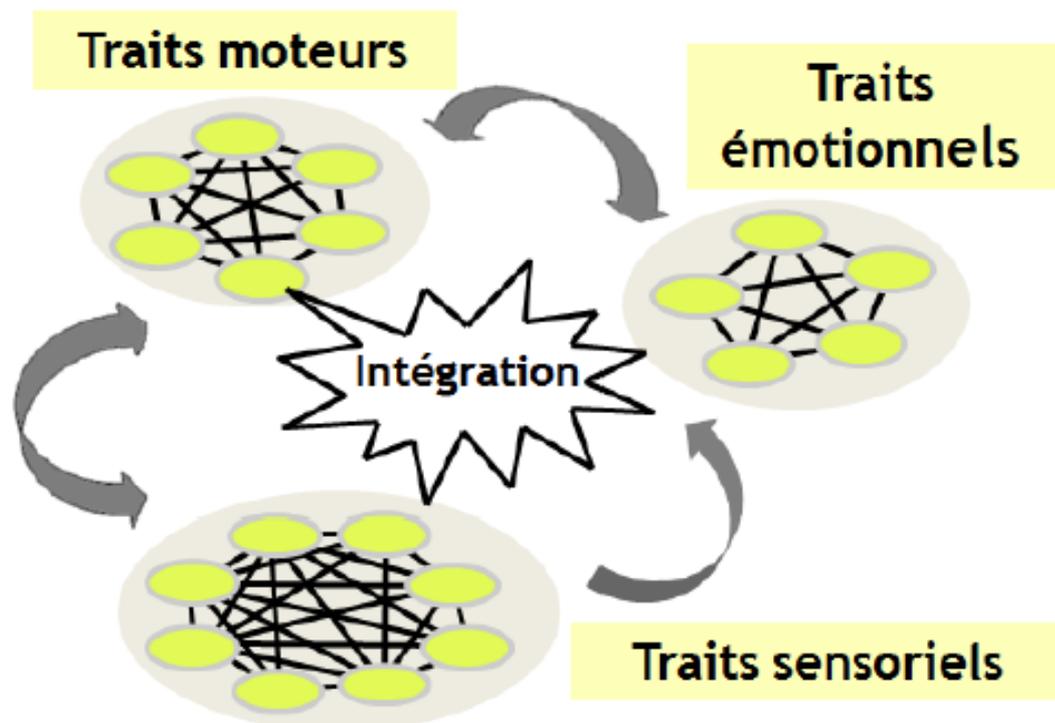


Figure 1 : Ebauche d'architecture du modèle de Versace, Nevers et Padovan (2002)

L'activation est décrite comme un mécanisme interactif et multimodal et s'apparente à un processus d'appariement (*i.e.* calcul de similarité). En d'autres termes, lors du traitement

d'un indice, le système non seulement active de manière précoce les composants des traces (*i.e.* dimension sensorielle) partageant les mêmes caractéristiques que l'indice, mais est aussi capable d'activer les autres composants des traces initialement activées (voir Versace et al., 2009). L'intégration est décrite comme un mécanisme intervenant à proprement parler dans l'émergence des connaissances, dans le sens où il permet l'accès à des connaissances de plus en plus élaborées (voir Labeye, Oker, Badard & Versace, 2008, Versace et al., 2009). Plus particulièrement, le modèle suppose que le traitement d'un indice entraîne des activations en parallèle dans de nombreuses structures codant les dimensions sensorielles. Ensuite ces activations se propagent en cascade vers les structures codant les autres composants des traces (*i.e.* moteurs, émotionnels, etc.). Ces premières activations des propriétés élémentaires seraient suivies d'intégrations progressives qui permettraient l'accès à des connaissances de plus en plus unifiées. Sur ce point, le modèle s'inspire directement des mécanismes décrits au sein des modèles connexionnistes ou le traitement mnésique implique l'intégration des activations de propriétés (McClelland & Rumelhart, 1985 ; Rumelhart & Zipper, 1985 ; pour une revue voir Hintzman, 1990). Mais ce mécanisme est aussi très similaire à la sommation des activations, évoquée dans les modèles d'appariement global, Hintzman, 1986 ; Nairne, 1990 ; Nosofsky, 1986).

Le modèle suppose que la relation entre ces deux mécanismes est dynamique (voir Badard, 2007 ; Labeye et al., 2008) et que l'on peut dissocier ces mécanismes lors de la récupération (principalement au niveau temporel, pour une revue voir Versace et al., 2009). De plus, il propose que le processus de récupération soit efficace, c'est-à-dire que les connaissances émergent en rapport (et pour correspondre) à une situation donnée (*i.e.* une activité). Les connaissances peuvent alors être décrites comme de nature flexible, fonctionnelle et évolutive.

## Objectifs

Cette thèse s'inscrit directement dans ce modèle et plus largement dans une modélisation de la mémoire basée sur un appariement global et vise alors quatre objectifs qui feront chacun l'objet d'un chapitre. Etant donné, que le modèle ACT-IN est avant tout basé sur un appariement global, au cours de nos chapitres nous discuterons ou prendrons comme exemple d'autres modèles basés sur ce même processus.

*CHAPITRE 1* – D'après ACT-IN, la définition de la trace mnésique sous-entend une relation particulière entre les processus perceptifs et les processus mnésiques. En partant du constat qu'en tant qu'êtres vivants nous évoluons dans un environnement qui est délimité par la perception de nos sens, et sans rentrer dans des considérations métaphysiques, nous pouvons dire que le « réel » est dans un *sens* contraint par notre système perceptif (voir aussi les notions Gestaltistes, Koffka, 1935). Il semble donc déterminant d'envisager que la façon dont nous nous représentons les événements et les objets (ou plus largement le réel) est tout ou en partie liée à la manière dont nous percevons ou nous avons perçu les phénomènes extérieures. Le modèle suppose donc un recouvrement entre les processus perceptifs et mnésiques mais il reste à définir de manière précise la nature des relations entre ces deux fonctions cognitives (*i.e.* partage de mécanismes ? Partage de zones cérébrales de traitement ?). De plus, alors que le modèle suppose que les traces se forment lors de l'expérience perceptive, il reste cependant évasif quant à l'explication de ce phénomène. L'objectif de ce chapitre est d'examiner les questions relatives à la formation et au contenu

des traces en mémoire et, plus largement, de discuter la pertinence d'une dichotomie sur la base du caractère « sensoriel » des connaissances (*i.e.* modales vs. multimodales).

Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009a). The sensory nature of episodic memory: sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 35, 1081-1088

Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge: sensory priming effects in semantic categorization. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 955-964.

Vallet, G., Brunel, L., & Versace, R. (*sous presse*). The perceptual nature of the cross-modal priming: arguments in favour of sensory-based memory conception. *Experimental Psychology*

Le point d'encrage des chapitres suivants sera la question de la récupération des connaissances en mémoire. Le modèle soutient que la question de l'émergence des connaissances renvoie à la définition des activités mnésiques (*i.e.* catégorielles vs. discriminantes). Bien que nous reviendrons tout au long des chapitres sur ces différentes activités, il convient de les définir très brièvement. Nous entendons alors par activités catégorielles, toutes les tâches ou traitements qui impliquent l'extraction de régularité, le jugement ou la comparaison entre des situations ou des connaissances, sur la base de propriétés communes (*e.g.* la catégorisation, le jugement de similarité). A l'inverse, les activités discriminantes doivent impliquer la différenciation, la séparation entre des situations ou des connaissances, sur la base de propriétés distinctes (*e.g.* la reconnaissance, le rappel). Notre intérêt se portera alors sur l'efficacité du traitement (*i.e.* le ratio entre la probabilité qu'a le système de produire une réponse correcte et celle de produire une erreur) dans ces différentes activités. Ainsi les chapitres suivants porteront sur : 1) l'efficacité mnésique dans les activités catégorielles (Chapitre 2) ; 2) les relations entre efficacité mnésique et expériences de conscience (chapitre 3); 3) l'efficacité mnésique dans les activités discriminantes (chapitre 4)

**CHAPITRE 2** – Le Chapitre 2 aura pour objectif de discuter et de préciser comment à partir de traces épisodiques et multimodales, des connaissances qui diffèrent selon leur niveau d'abstraction peuvent émerger (pour une discussion similaire, voir Versace et al. 2009). En d'autres termes, comment le modèle ACT-IN (comme tous les autres modèles basés sur un appariement global) est capable de prédire l'efficacité dans des tâches impliquant semble-t-il le recours à une unité abstraite (*i.e.* la catégorie) ? Il s'agira alors non seulement de discuter de l'aspect fonctionnel d'une unité catégorielle au cours du traitement, mais aussi de savoir si les activités de type catégoriel reposent sur l'existence d'une unité abstraite apprise (*e.g.* un prototype) ou si elles dépendent d'un appariement entre l'exemplaire à traiter et les exemplaires précédemment rencontrés.

Brunel, L., Vallet, G., Riou, B., & Versace, R. (2009b). The sensory nature of knowledge: Generalisation vs. specification mechanisms. In N.A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2789-2794). Cognitive Science Society

Brunel, L., Vallet, G., Riou, B., & Versace, R. (*en révision a*). Multimodal Memory : generalization and discrimination. *Journal of experimental psychology : Learning, Memory & Cognition*.

**CHAPITRE 3** – Le chapitre 3 aura pour objectif de traiter préférentiellement de l'expérience de conscience associée à la récupération d'une connaissance en mémoire. En effet, ce point est crucial car, d'une part, il est transversal à de nombreuses approches de la

mémoire, et, d'autre part, il est souvent avancé pour critiquer des modèles basés sur un seul processus d'appariement global. Dans ce chapitre, nous verrons donc comment le modèle ACT-IN est capable d'expliquer l'expérience de conscience associée à la récupération.

Brunel, L., Cherdieu, M., Laurent, S., & Versace, R. (2009c, September). Memory trace Strength : An integrated memory trace ? *Poster presented at the 16th ESCoP conference*, Krakow, Poland.

Brunel, L., Oker, A., Riou, B., & Versace, R. (*en révision b*). Memory and consciousness : Trace distinctiveness in memory retrievals. *Consciousness & Cognition*.

**CHAPITRE 4** – Contrairement aux trois premiers chapitres, le chapitre 4 sera essentiellement consacré à deux études expérimentales qui portent sur l'efficacité mnésique dans les activités discriminantes. Ce chapitre s'intéressera aux activités discriminantes et sur ce qui détermine, au cours de la récupération, la probabilité de produire une erreur (ETUDE 1) et inversement de réduire les erreurs ou d'augmenter les performances par un entraînement spécifique (ETUDE 2).

# Chapitre I – Similarité des mécanismes perceptifs et mnésiques : la question des traces mnésiques

## Introduction

Longtemps envisagés dans une logique modulaire (e.g Fodor, 1983), les différents systèmes sensoriels perceptifs peuvent cependant être décrits comme plastiques et interactifs que ce soit chez l'homme ou l'animal (Shimojo & Shams, 2001). Percevoir son environnement nécessite des activations multiples au sein des aires sensorielles et, dans ce sens, King (2005) propose que la synchronisation des activations cérébrales se fasse de manière automatique afin de permettre une meilleure adaptation du sujet lors de la perception d'une scène multimodale. L'activité perceptive porte alors sur un ensemble fini de modalités<sup>2</sup> sensorielles (visuelle, auditive, tactile, gustative et olfactive) sur lesquelles des traitements vont être opérés. Quels sont alors les mécanismes qui rendent compte de l'activité perceptive multimodale ? Comme nous l'avons déjà évoqué, le contenu de notre mémoire est lié à une activité perceptive antérieure (pour une revue, voir Goldstone, 1998). On comprend alors pourquoi une meilleure description de notre mémoire (formation, nature des connaissances) passe nécessairement par une définition des activités perceptives et de leurs mécanismes sous-jacents.

## Interaction Multimodale

---

L'interaction perceptive multimodale (voir Versace et al. 2009 ; ou intermodal, voir Fort, 2002) illustre les liens fonctionnels réciproques entre deux modalités sensorielles. Dans le cas de la synesthésie (pour une revue voir Grossenbacher & Lovelace, 2001), la stimulation d'une modalité sensorielle (e.g. la perception d'une couleur) entraîne une perception dans une autre modalité sensorielle (e.g. un son). La synesthésie est une expérience perceptuelle consciente, concrète et involontaire et n'est pas un produit de l'imagination. Il s'agit ici d'une interaction entre deux modalités sensorielles ; l'activation de l'une va entraîner systématiquement l'activation de l'autre. Avec ce mécanisme, le lien entre perception et activation dans chacune des modalités est non spécifique et unidirectionnel. Ce dernier correspondrait donc à un premier type de lien fonctionnel entre plusieurs modalités de l'information perceptive et permettrait à l'individu de s'adapter très rapidement à son environnement.

## L'intégration multimodale

---

<sup>2</sup> Chaque modalité sensorielle (e.g. auditive) se caractérise par un ensemble de dimensions perceptives (e.g. la fréquence) variant selon un continuum de propriétés (e.g. grave vers aigu) qui définissent alors un stimulus.

L'intégration perceptive multimodale correspondrait à un traitement plus élaboré de l'information permettant de traiter les multiples dimensions (voire les propriétés, Giard & Peronnet, 1999) d'un objet et/ou d'un événement spécifique. Contrairement au mécanisme que nous avons décrit précédemment, l'intégration nécessite une synchronisation spatio-temporelle des activations (King, 2005 ; pour une revue sur les conditions nécessaires à l'intégration perceptive, voir Stein & Meredith, 1993). On définira alors l'intégration perceptive multimodale comme un mécanisme permettant le traitement des multiples dimensions relatives à un objet ou un événement. D'un point de vue comportemental, l'intégration se traduit par une perturbation du traitement de la situation lorsque les informations afférentes des différentes modalités sont non congruentes (e.g. l'illusion *Mc Gurk* sur laquelle nous reviendrons) et une facilitation (e.g. réduction de l'ambiguïté perceptive, MacLeod & Summerfield, 1990 ; amélioration de la détection et de la localisation de stimuli, Stein & Meredith, 1993) lorsque ces informations sont congruentes (voir Gottfried et al., 2003, pour un exemple d'intégration entre vision et olfaction). D'un point de vue cérébral, l'intégration se caractérise par des activations corticales ou sous-corticales fonctionnellement spécifiques<sup>3</sup> (Calvert, Spence & Stein, 2004). Dans ce sens, l'intégration implique la convergence des différentes afférences sensorielles vers les mêmes neurones, ou à défaut vers les mêmes zones, notamment dans le cas des signaux audiovisuels (Fort, 2002 ; Giard & Peronnet, 1999 ; Molholm et al., 2002 ; 2004), des signaux auditifs et somesthésiques (Foxe et al. 2002) ou encore des signaux visuels et somesthésiques (Carey, 2000). Plus largement, la permanence du sujet dans son environnement passe par l'intégration des différents signaux provenant des sens (Blanke et al., 2002 ; 2004). A noter que ces deux mécanismes (*i.e.* interaction et intégration) ne sont aucunement indépendants mais reflètent plutôt des liens préférentiels intermodaux (ou intramodaux) dans le cas de l'interaction, et la base du traitement de l'information perceptive dans le cas de l'intégration (voir aussi, Tallon-Baudry & Bertrand, 1999).

## Interaction & Intégration audiovisuelles

---

A partir de ce point, nous nous centrerons plus particulièrement sur les relations entre les modalités auditive et visuelle pour continuer d'illustrer les mécanismes que nous venons de présenter. Il nous paraît important de signaler au lecteur que ce choix n'est pas anodin car ce sont, dans la littérature, les modalités sensorielles les plus étudiées, et ce certainement en raison de la praticité expérimentale à les manipuler. Il est maintenant largement admis que ces deux modalités interagissent et s'intègrent lors du traitement d'une situation perceptive audiovisuelle.

*INTERACTION AUDIOVISUELLE* - La notion de *dominance* peut alors refléter cette relation interactive entre modalités auditive et visuelle. Par exemple, engager le traitement dans la première modalité se fait au détriment (e.g. accroissement des temps de réaction) de celui dans la seconde (pour une discussion, voir Robinson, Ahmar & Sloutky, *sous presse*). L'explication d'un tel phénomène s'articule autour de la notion de ressource attentionnelle partagée entre audition et vision, ou d'une compétition entre ces deux modalités (voir Murray et al., 2009). Des données issues de l'imagerie viennent asseoir cette idée d'interaction audiovisuelle. En 2007, Romei et collaborateurs montrent qu'appliquer une stimulation magnétique transcrânienne (TMS) sur le cortex visuel perturbe le traitement du stimulus visuel seul, mais améliore le traitement du stimulus auditif seul (pour des arguments issus

<sup>3</sup> Un neurone est considéré comme multisensoriel lorsqu'il répond plus faiblement à des stimuli unimodaux présentés séparément (e.g. A et V) qu'à la présentation combinée des deux informations (e.g. AV)

de l'expérimentation animale chez le singe voir Falchier et al., 2002 ; Wang et al., 2008). De même, une étude de Calvert et collaborateurs (1997) a permis de mettre en évidence que le cortex auditif primaire est activé lors de la perception d'un visage qui parle en l'absence de son.

**INTEGRATION AUDIOVISUELLE** - La question des relations intégratives entre perception auditive et perception visuelle s'illustre parfaitement au travers l'effet *Mc Gurk* (McGurk & McDonald, 1976). Cet effet est caractérisé par la tendance des individus à percevoir la syllabe /da/ lorsqu'ils voient prononcer par l'interlocuteur la syllabe /ga/ et entendent, en même temps, le son /ba/ (voir Figure 2). Il s'agit là de la capacité d'un système sensoriel à modifier la perception issue d'un autre système. Cet effet relève donc d'une intégration multimodale qui est venue biaiser la perception de la scène, ce qui a amené des auteurs à faire l'hypothèse que certaines structures corticales ou sous-corticales sont responsables de cette intégration.

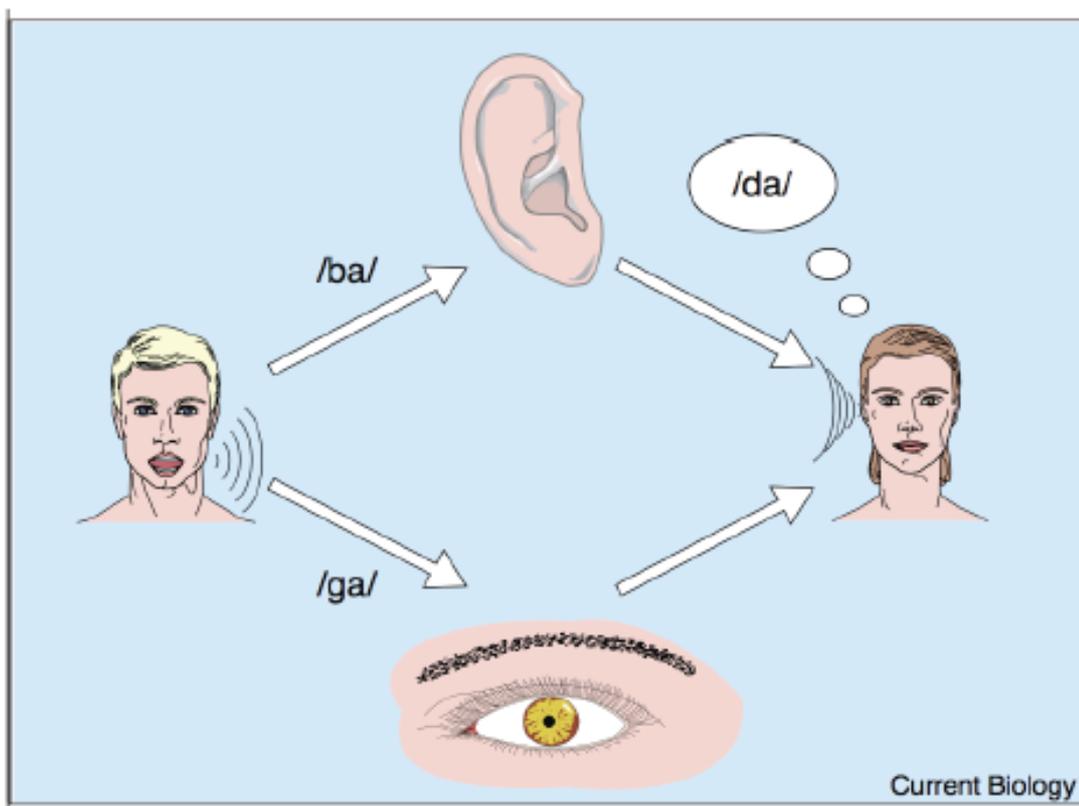
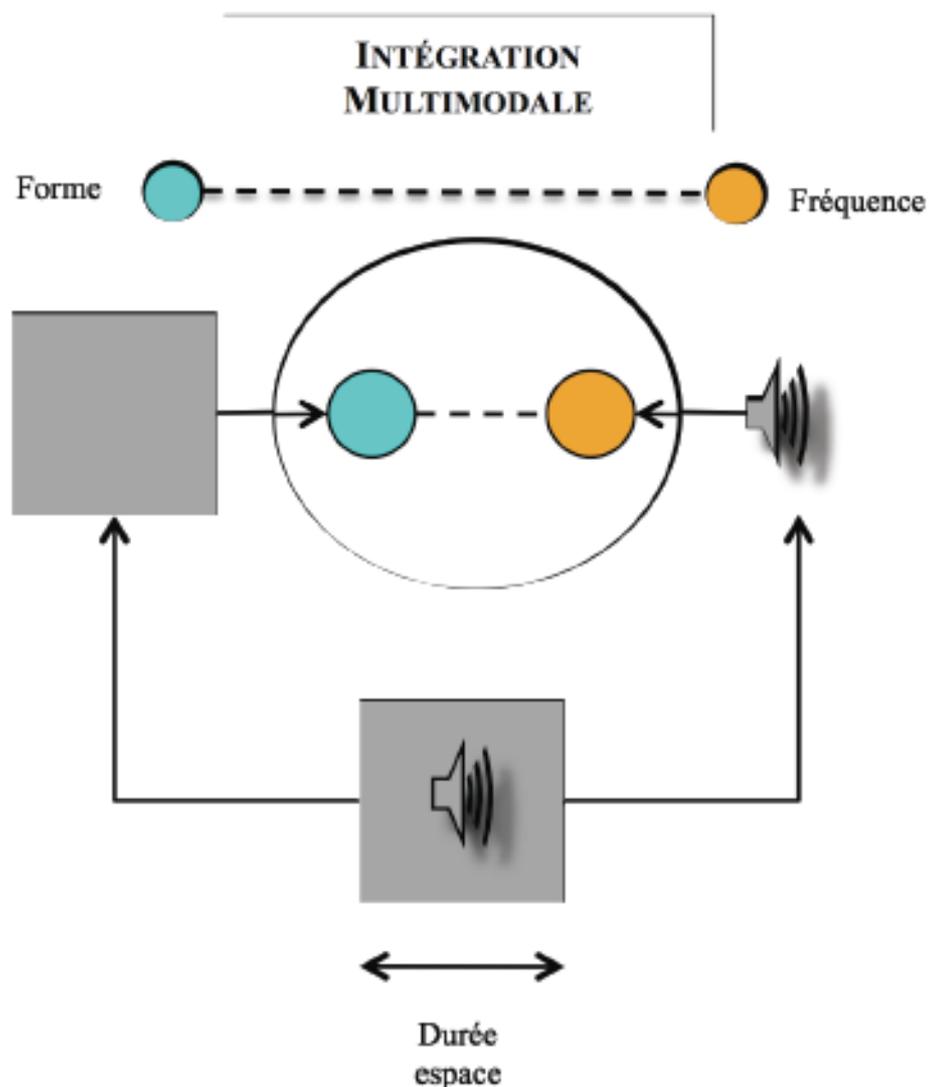


Figure 2 : Illustration de l'effet ou illusion de McGurk (d'après King & Calvert, 2001)

Dans leur revue de 2001, King et Calvert ont relevé que certains neurones du *colliculus supérieur* répondent mieux à une stimulation audiovisuelle qu'à des stimulations auditives ou visuelles isolées, ceci étant vrai uniquement si la source des stimulations se situe plus ou moins au même endroit de l'espace. Dans ce sens, des études électrophysiologiques ont mis en évidence des activations spécifiques dans le cortex visuel sous tendues par une intégration précoce (dès 40ms) des informations auditives (Fort, 2002 ; Giard et Perronet, 1999 ; Molholm et al., 2002 ; Teder-Sälejärvi et al, 2005 ; Molholm et al, 2004). Dans le cas de l'étude de l'intégration multimodale entre des stimuli auditifs et visuels, Teder-Sälejärvi et collaborateurs (2005) ont mis en évidence que l'intégration audiovisuelle était sensible à la contrainte spatiale en isolant des patterns d'activations cérébrales spécifiques. Pour cela, ils ont comparé deux situations : une où l'information

audiovisuelle était présentée de manière simultanée à la fois au niveau spatial et temporel par rapport à une autre où l'information audiovisuelle est présentée de manière simultanée au niveau temporel mais dans des endroits de l'espace différents. De même, King (2005) a montré que l'intégration audiovisuelle dépend fortement de la synchronisation temporelle des stimulations.

La figure 3 propose donc une synthèse des données pertinentes concernant l'intégration perceptive multimodale<sup>4</sup>. Dans cet exemple, afin d'avoir une perception unifiée de deux composants multimodaux (ici, une forme géométrique et un son), il faut nécessairement que les activations consécutives associées à chacun des composants soient intégrées et, pour cela, elles doivent être présentées simultanément (spatialement et temporellement) ou très proches l'une de l'autre.



<sup>4</sup> Rappelons que nous avons délibérément choisi d'illustrer ce mécanisme à l'aide de l'intégration audiovisuelle mais nos propos peuvent être généralisés à l'ensemble du mécanisme d'intégration.

Figure 3: Synthèses des données sur l'intégration perceptive audiovisuelle. Intégration multimodale fréquence/forme (Giard & Peronnet, 1999 ; Fort, 2002) influencée par la synchronisation spatiale (Teder-Sälejärvi et al., 2005) et temporelle (King, 2005)

## Objectifs

---

D'un point de vue général, dans ce chapitre nous discuterons : 1) des conditions de formation de la trace au regard du mécanisme d'intégration mnésique ; 2) de la nature des composants constitutifs de la trace ; 3) de l'aspect multimodal des connaissances. La poursuite de ce chapitre fera l'objet de deux sections ayant chacune des objectifs clairement définis.

**SECTION 1** - Dans cette section, il s'agira de démontrer, au travers des arguments expérimentaux, que les mécanismes impliqués (interaction et intégration) dans les traitements perceptifs sont proches de ceux impliqués dans les activités mnésiques. Un point d'encrage fort à notre développement est la notion de *timed locked multiregional retro-activation* développée par Damasio (1989). Suivant cette approche, une expérience mnésique implique la réactivation des zones de convergences (zone d'intégration des multiples composants de l'expérience) mais aussi l'activation simultanée en retour des projections en provenance de ces zones (aires sensorielles et motrices). D'un point de vue perceptif, il apparaît que ces zones de convergences ont une réalité anatomique. En effet, nombreuses sont les structures cortico-sous corticales décrites comme participant au mécanisme d'intégration perceptif (Taylor et al., 2006 ; Beauchamps et al., 2004 ; King & Calvert, 2001 ; Molholm et al., 2002 ; Gottfried & Dolan, 2003). En ce sens, Versace et collaborateurs (2002 ; 2009) défendent l'idée que les traces mnésiques sont le reflet de la perception et, par conséquent, elles sont de natures épisodique et multimodale. Si la perception laisse des traces en mémoire, on peut faire l'hypothèse qu'une expérience perceptive multimodale (voir figure 3) soit conservée au sein d'une trace mnésique par le biais d'un mécanisme proche de celui de l'intégration perceptive, mécanisme que nous appellerons ici intégration mnésique.

**SECTION 2** - Dans cette section, il s'agira d'aborder la question de la nature même des connaissances en mémoire. En effet, si toutes les traces sont formées lors de l'expérience perceptive, peut-il réellement exister (en mémoire) des formes de connaissances qualitativement différentes (pour un questionnement similaire voir Glenberg, 1997) ou bien les différentes formes de connaissances ne sont-elles que l'émergence de la dynamique du système mnésique ? En d'autres termes, peut-on envisager qu'il existe des connaissances qui diffèrent selon leur niveau de « sensorialité » ?

## Section 1 : La perception laisse des traces mnésiques épisodiques et multimodales

Dans cette section, nous développerons l'idée selon laquelle la perception laisse en mémoire des traces mnésiques épisodiques et multimodales grâce à un partage des mécanismes perceptifs et mnésiques (*i.e.* interaction et intégration). Avant tout, cela implique un recouvrement des zones cérébrales activées dans les deux types d'activités (*i.e.* perceptive et mnésique). De nombreuses études en imagerie cérébrale ont montré que

les activités mnésiques entraînent des activations directement dans des aires sensorielles impliquées dans le traitement perceptif, notamment dans des tâches d'imagerie mentale (visuelle ou auditive, Wheeler, Petersen, & Buckner, 2000 ; olfactive, Bensafi, Sobel & Khan, 2007; motrice, Beisteiner et al., 1995), de catégorisation (Martin et al., 1995 ; Martin, Ungerleider & Haxby, 2000), de décision lexicale (Casasanto, Willems & Hagort, 2009), de jugement d'attribut sensoriel (Kellenbach, Brett & Patterson, 2001 ) et enfin de vérification de propriétés sensorielles associées à des concepts (Goldberg, Perfetti & Schneider, 2006). Certains auteurs ont même fait état d'un recouvrement des circuits neuronaux entre la perception et la mémoire, notamment en vision (Slotnick, 2004) et en audition (Weinberger, 2004 ; Jääskeläinen et al., 2007). Il apparaît qu'une activité mnésique relative à une modalité sensorielle spécifique, par exemple s'imaginer le bruit d'un objet, active les zones cérébrales dédiées au traitement perceptif de cette modalité, dans notre exemple le cortex auditif. Le contenu de notre mémoire semble alors être intrinsèquement lié à notre activité perceptive antérieure. Si la perception et la mémoire partagent des zones de traitement de l'information, est-ce vrai au niveau des mécanismes que nous avons décrits<sup>5</sup> ?

### Interaction & Intégration Mnésique

---

Les travaux en imagerie cérébrale nous apprennent qu'il existe des liens préférentiels réciproques entre des dimensions sensorielles multimodales. Nous avons décrit ces liens comme participant au mécanisme d'interaction perceptive (en particulier multimodale). S'il en va de même entre des dimensions mnésiques, nous devrions pouvoir prédire que le traitement d'une dimension mnésique (e.g. s'imaginer la taille d'un objet) puisse activer automatiquement une autre dimension (e.g. une dimension sonore si l'objet que je m' imagine fait typiquement du bruit). L'interaction mnésique interviendrait dans le traitement en permettant la réactivation des liens entre des dimensions mnésiques.

Contrairement à l'interaction qui se caractérise par le lien réciproque entre deux dimensions mnésiques, l'intégration mnésique doit quant à elle permettre de maintenir spécifique le lien entre deux dimensions (e.g. la taille et l'intensité sonore). En ce sens, l'intégration multimodale perceptive et l'intégration mnésique sont intrinsèquement liées. Nous proposons donc que l'intégration perceptive soit une des premières intégrations résultant de l'activation des composants élémentaires perceptifs, tandis que l'intégration mnésique serait une conséquence de l'intégration perceptive (i.e. plus élaborée dans le traitement de l'information). Les traces mnésiques reposeraient donc sur l'encodage de dimensions directement issues de l'expérience perceptive. Nous envisagerons qu'au cours de la présentation simultanée de deux dimensions perceptives (e.g. visuelle et auditive), le lien entre ces dimensions soit maintenu au sein d'une trace mnésique grâce à un mécanisme d'intégration mnésique. De plus, étant donné les recouvrements cérébraux entre perception et mémoire, il semble plausible de défendre l'idée que ces composants ainsi intégrés au sein de la trace garde des dimensions purement perceptives.

### Opérationnalisations

---

Avant de poursuivre, il convient donc de définir les conditions d'observation de tels phénomènes mnésiques. En 2007, Meyer et collaborateurs ont réalisé une étude en IRMf, dans laquelle les participants sont confrontés de manière passive à des stimuli audiovisuels. Dans une première phase, ils perçoivent des stimuli uniquement visuels (i.e. *red flashing*

<sup>5</sup> Nous avons encore une fois délibérément choisi de traiter préférentiellement des modalités auditive et visuelle.

*visual stimuli*), s'en suivent une deuxième phase avec stimuli auditifs isolés (*i.e. phone ring*) et une troisième phase où les stimuli visuels et auditifs sont présentés simultanément. Enfin, pour la quatrième phase, les participants sont de nouveaux confrontés, soit aux mêmes stimuli audiovisuels, ou soit confrontés uniquement aux stimuli visuels. Lors de cette phase, les auteurs ont observé chez les participants les mêmes activations cérébrales avec les deux types de stimuli. En d'autres termes, la simple présentation d'un composant de l'association audiovisuelle (ici arbitraire et incidente) entraîne une activation de l'aire cérébrale impliquée dans le traitement de l'autre composant, comme si ce composant était perceptivement présent. Suivant cet exemple, si la présentation d'un composant d'une association arbitraire entraîne l'activation automatique de l'aire cérébrale correspondant à l'autre composant de l'association, cette activation doit pouvoir s'observer d'un point de vue comportemental par l'intermédiaire d'un paradigme d'amorçage à court ou à long terme. Par conséquent, on peut considérer que la présentation d'un composant visuel seul d'une association audiovisuelle préalable, doit nécessairement entraîner l'activation des aires cérébrales auditives impliquées dans le traitement du composant auditif associé, ce qui devrait venir influencer le traitement ultérieur de stimuli impliquant les mêmes dimensions auditives. Or, observer un tel résultat ne permet pas de conclure sur la nature du lien fonctionnel entre ces deux éléments en mémoire : intégration ou interaction (voir Versace et al., 2009). En effet, si l'intégration mnésique est semblable à l'intégration perceptive, elle doit nécessairement être sensible à la synchronisation (temporelle et/ou spatiale) des activations entre les différents composants sensoriels, ce qui devrait se traduire par une modulation des activations lors de la récupération d'un des composants ou de la totalité de la trace. Cela implique donc bien que la trace mnésique doit intégrer les multiples composants de l'expérience perceptive (voir figure 4).

Dans ce cas, la présentation simultanée de deux informations, auditive et visuelle, amène la création d'une trace mnésique épisodique intégrant les deux composants de l'expérience perceptive (voir figure 4a). Par conséquent, la présentation ultérieure d'un élément de l'association audiovisuelle préalable entraîne la réactivation automatique de l'autre élément (voir figure 4b & 4c). Si l'élément réactivé conserve les dimensions de la situation perceptive (*e.g.* sa fréquence), il est alors capable d'influencer le traitement ultérieur d'un stimulus perceptif qui partage les mêmes dimensions. Observer un tel phénomène attesterait du caractère multimodal de la trace mnésique. De plus, la dimension temporelle doit nécessairement moduler cette observation, c'est-à-dire perturber (figure 4b) ou faciliter (figure 4c) le traitement. Dans ce cas, observer une modulation de l'effet entraîné par une manipulation du temps de présentation de l'élément visuel de l'association permettrait de discuter de la nature des composants constitutifs des traces mnésiques.

En résumé, l'intégration mnésique doit permettre le maintien au sein de la trace mnésique des liens spécifiques entre les multiples composants de l'expérience. Donc l'intégration mnésique est sensible aux mêmes facteurs que l'intégration perceptive (synchronisation temporelle et spatiale des activations) et les composants encodés au sein de la trace gardent leurs caractéristiques perceptives.

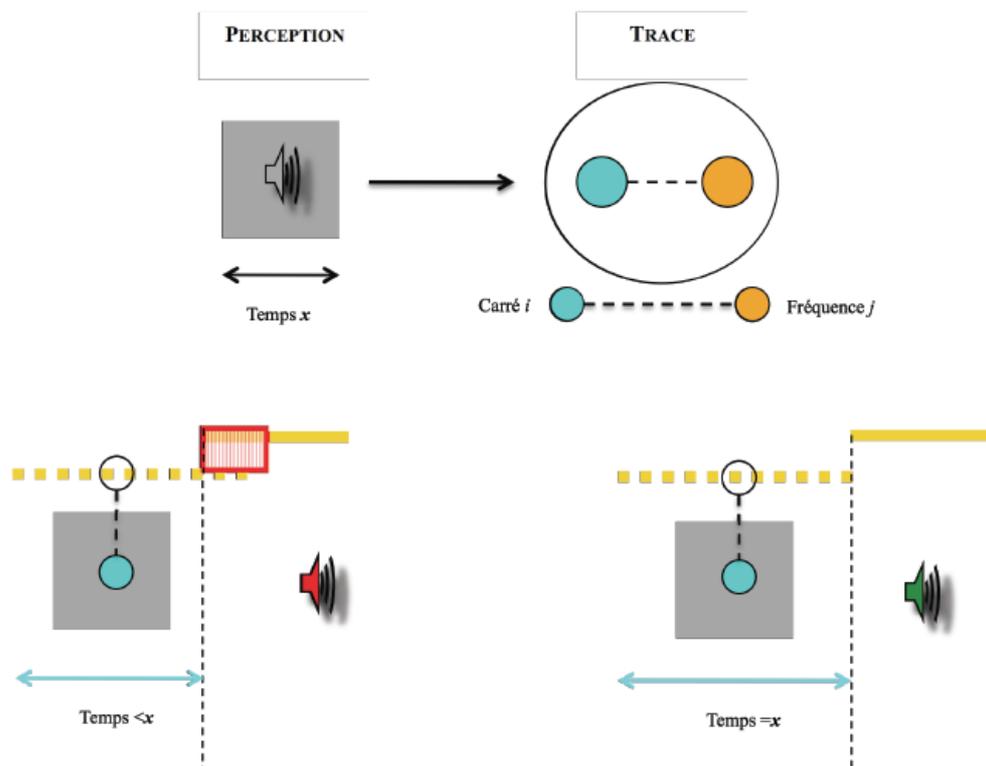


Figure 4 : La perception laisse des traces mnésiques épisodiques et multimodales. 4a : La présentation simultanée d'une forme géométrique et d'un son aboutit à la création d'une trace mnésique multimodale qui reflète le lien spécifique entre des composants qui conservent leurs caractéristiques perceptives. 4b : **Perturbation du traitement du stimulus cible** engendrée par un chevauchement temporel entre dimension réactivée et dimension perceptivement présente. 4c : **Facilitation du traitement du stimulus cible** engendrée par la dimension réactivée qui préactive le traitement de la dimension perceptive.

## Démonstration

Une série d'expériences conduites au sein de notre équipe illustrera ici notre propos (Brunel, Labeye, Lesourd & Versace, 2009a). Dans chacune de ces expériences, nous avons proposé à des participants un paradigme original en deux phases. Lors de la première phase, dite d'apprentissage, les participants devaient effectuer une tâche de discrimination continue de formes simples (cercle ou carré). Chacune des formes était déclinée en 5 niveaux de gris différents et l'une d'entre elles, par exemple le carré, était

systématiquement présentée simultanément avec un son (bruit-blanc). Dans cette phase, la manipulation expérimentale que nous avons introduite entre les expériences concernait la durée de présentation des formes et/ou du bruit-blanc (Voir Figure 5a). Ensuite, la phase test consistait en un paradigme d'amorçage à court terme avec comme amorces, les formes vues en phase d'apprentissage mais cette fois toutes présentées sans aucun son, et comme cibles des sons « purs » que les participants devaient discriminer comme étant aigu ou grave. Dans cette phase, la manipulation expérimentale que nous avons introduite entre les expériences concernait la durée du SOA (Voir Figure 5b).

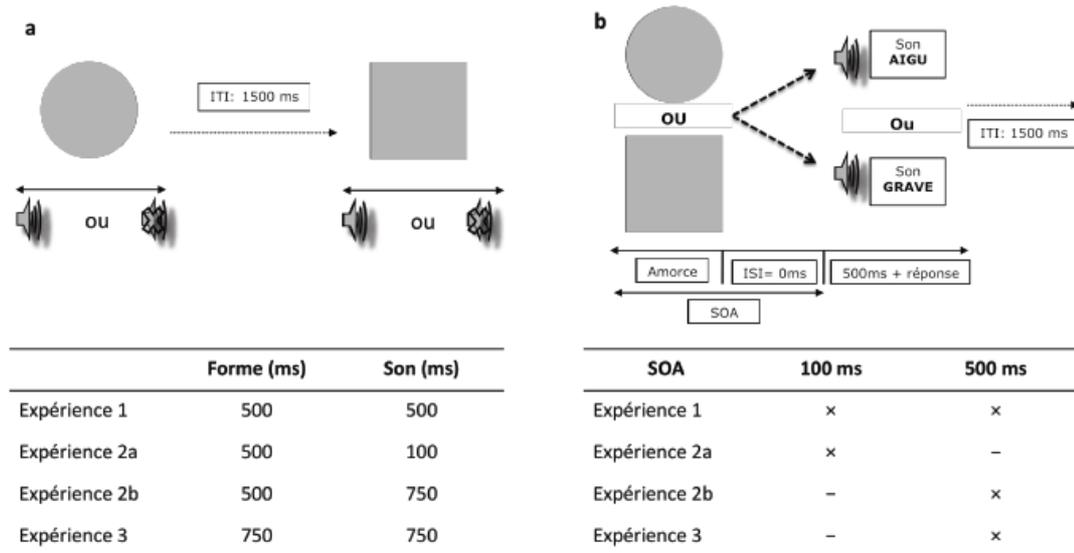


Figure 5 : Illustration de la procédure expérimentale d'après Brunel et al. (2009a). 5a : Phase d'apprentissage durant laquelle les participants effectuaient une tâche de discrimination visuelle sur des formes géométriques simples (carré ou cercle) dont l'une est systématiquement présentée avec un bruit-blanc. 5b : Phase d'amorçage à court terme durant laquelle les participants effectuaient une tâche de discrimination de son (aigu ou grave). Notes. SOA : stimulus onset asynchrony, ISI : intervalle inter stimuli, ITI : intervalle inter essai.

Le résultat princeps (voir figure 6) que nous avons observé pour toutes les expériences est que la présentation en amorce d'une forme géométrique précédemment associée à du son lors de la phase d'apprentissage entraîne une modification du temps de discrimination du son cible, et ce comparativement à la situation où l'amorce correspond à une forme géométrique précédemment présentée sans son lors de la phase d'apprentissage. Cet effet s'explique par le fait que la présentation du composant visuel d'une association audiovisuelle réactive automatiquement le composant auditif issu de l'expérience perceptive. Ceci souligne la réactivation des liens interactifs entre ces deux modalités (auditive et visuelle) en mémoire (voir aussi, Nyberg et al., 2000 ; Meyer et al., 2007).

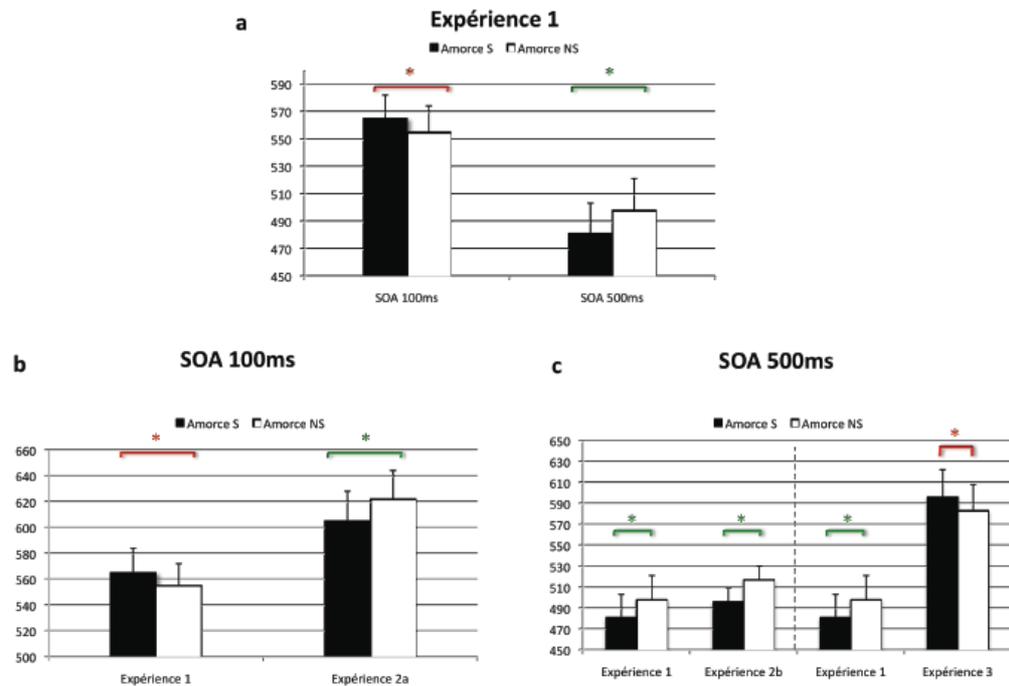


Figure 6 : Représentations graphiques des effets (en ms) obtenus dans chaque expérience d'après Brunel et al. (2009a). 6a : Interaction SOA\*Type d'amorce ( $F(1, 30) = 8,16, p < .01$ ) obtenue dans l'expérience 1 ; 6b : Interaction Durée du bruit blanc \* Type d'amorce ( $F(1, 30) = 14,46, p < .01$ ) pour un SOA de 100 ms entre les expériences 1 et 2a ; 6c. 1 : Effet principal du facteur type d'amorce ( $F(1,30) = 12,76, p < .01$ ) obtenu pour un SOA de 500 ms entre les expériences 1 et 2b ; 2 : Interaction Durée du couple bruit-blanc/forme\*Type d'amorce ( $F(1, 30) = 18,46, p < .01$ ) pour un SOA de 500 ms entre les expériences 1 et 3. Notes. Amorce S (sonore): formes géométriques présentées simultanément avec du son lors de la phase d'apprentissage, Amorce NS (non-sonore): formes géométriques présentées sans son lors de la phase d'apprentissage, effet d'amorçage perturbateur, effet d'amorçage facilitateur. \*  $p < .05$

Or, les résultats de l'expérience 1 (voir Figure 6a) ont mis en évidence une modulation de l'effet d'amorçage en fonction du SOA. Lorsque le SOA est de 100 ms, c'est-à-dire plus court que le temps de présentation du couple forme/son en première phase, cela se traduit par un effet perturbateur du traitement des stimuli cibles. A l'inverse, lorsque le SOA est de 500 ms, c'est-à-dire de même durée que le temps de présentation du couple forme/son en

première phase, cela se traduit par un effet facilitateur sur le traitement des stimuli cibles. La modulation de l'effet d'amorçage en fonction du SOA atteste donc que le composant auditif réactivé par la présentation de l'amorce visuelle possède les mêmes propriétés (ici la fréquence et la durée) que le son qui lui était effectivement associé lors de l'encodage, en conséquence de quoi nous observons un chevauchement ou une préactivation (voir figure 4b & 4c) avec le son cible. Ceci démontre bien que l'intégration en mémoire entre ces deux composants se caractérise par un lien spécifique de nature sensorielle (modale). En effet, s'il s'agissait uniquement d'un lien non spécifique ou faisant intervenir des composants amodaux, nous aurions dû observer, à défaut, une facilitation quel que soit le SOA.

Les expériences 2 et 3 ont ensuite été menées pour confirmer à la fois la nature sensorielle des composants de la trace mnésique et la similarité entre les mécanismes d'intégrations mnésiques et perceptifs<sup>6</sup>. Dans l'expérience 2a, nous avons réduit la durée du bruit-blanc en phase d'apprentissage de sorte qu'il corresponde à la durée du SOA de 100 ms en phase d'amorçage. Dans l'expérience 2b, nous avons uniquement allongé la durée du bruit-blanc (750 ms) en phase d'apprentissage de sorte qu'il soit plus long que la durée du SOA de 500 ms en phase d'amorçage, alors que dans l'expérience 3, nous avons allongé la durée du couple forme/bruit-blanc (750 ms) en phase d'apprentissage de sorte qu'il soit plus long que la durée du SOA de 500 ms en phase d'amorçage.

D'après la figure 6b (comparaison pour le SOA de 100ms entre l'expérience 1 et l'expérience 2a), nous pouvons avancer que le composant réactivé est effectivement de nature sensorielle dans le sens où, pour un même SOA de 100ms, les effets d'amorçages sont modulés par la durée de présentation du son en phase d'apprentissage. Alors que dans l'expérience 1, l'effet d'amorçage perturbateur était dû à la durée du son en phase d'apprentissage plus longue que celle du SOA, en ramenant, dans l'expérience 2a, la durée du son en phase d'apprentissage à celle du SOA, nous avons inversé cet effet et donc observé un effet d'amorçage facilitateur.

En revanche la figure 6c (comparaison, pour un SOA 500ms, entre l'expérience 1 et l'expérience 2b et entre l'expérience 1 et l'expérience 3) atteste à la fois de la nature sensorielle du composant réactivé (modulation de l'effet d'amorçage) et des conditions nécessaires à l'intégration mnésique (synchronisation temporelle). Dans l'expérience 2b, nous avons allongé la durée du son en première phase de sorte que ce dernier soit plus long que la durée du SOA. Or, dans cette expérience, nous avons simplement répliqué les résultats obtenus dans l'expérience 1 pour un SOA de 500 ms, c'est-à-dire un effet facilitateur. Par contre, dans l'expérience 3, l'allongement à la fois de la durée du son et de la forme, de sorte que ces derniers soient plus longs que la durée du SOA, nous a permis d'inverser les effets facilitateurs. Par conséquent, la simple concomitance entre des informations perceptives n'implique pas que ces informations conservent leurs dimensions sensorielles au sein de la trace. Le contenu de la trace est alors tributaire de la synchronisation temporelle des activations perceptives.

## Une Caractéristique d'un type de Connaissance ?

---

De ces travaux, nous retiendrons que la perception laisse en mémoire des traces mnésiques épisodiques et multimodales reflétant les multiples composants d'une expérience. L'intégration en mémoire de ces composants permet la construction d'une trace unifiée, une entité différente de la simple concomitance des éléments qui la composent. Au sein

<sup>6</sup> Rappel : Toutes les manipulations introduites dans les expériences 1, 2a, 2b et 3 sont synthétisées au sein de la figure 5

de la trace, les composants mnésiques conservent les dimensions (dans nos expériences, sensorielles et temporelles) de la situation perceptive.

Une question reste tout de même en suspens. Ces effets sont-ils dus à la nature de la connaissance impliquée lors du traitement ? En effet, pour Nyberg et collaborateurs (2000), la réactivation d'une dimension auditive à partir d'un stimulus visuel n'est observable que sous certaines conditions. Il semblerait que seule la récupération en mémoire d'information spécifique réactiverait les zones cérébrales impliquées lors de l'encodage de cette information (voir aussi, Wheeler, Peterson & Buckner, 2000). Or nous verrons dans les chapitres suivants que, dans notre perspective, une information spécifique est justement une information qui correspond à une trace intégrée. Dans leur expérience, Nyberg et collaborateurs (2000) ont proposé aux participants, en phase d'étude, de mémoriser des mots accompagnés ou non d'un son (faiblement ou fortement associé au mot) qu'ils devaient ensuite reconnaître en phase test dans une tâche de reconnaissance visuelle de mots présentés seuls. Les principaux résultats de leur étude montrent que, d'un point de vue comportemental, les participants sont meilleurs pour reconnaître les mots présentés avec un son en phase d'étude (quelle que soit la nature de l'association : faible ou forte), et que, d'un point de vue cérébral, la récupération des mots présentés avec un son est associée à des activations dans le cortex auditif similaires à celles de l'encodage. Les auteurs interprètent cette réactivation comme une caractéristique intrinsèque de la récupération d'une information en mémoire épisodique (Tulving, 1983 ; 1985a ; voir aussi Vaidya et al., 2002). Si seules les connaissances épisodiques conservent des dimensions de l'expérience perceptive, ce type de réactivation ne devrait pas s'observer dans des tâches conceptuelles (*i.e.* sémantiques) qui impliquent des informations qualifiées de sémantiques (Tulving, 1972). Or, dans la section suivante, nous verrons que le phénomène de réactivation que nous avons précédemment décrit ne peut servir d'argument justifiant une différence qualitative entre nos connaissances (modales vs. amodales).

## Section 2 : Des connaissances Multimodales

La question de la nature des connaissances est une question fondamentale dans le champ d'étude de la mémoire. Alors que les modèles abstractionnistes de mémoire supposent une différence qualitative entre les connaissances (abstraites vs. concrètes), les modèles non-abstractionnistes supposent que toutes nos connaissances sont qualitativement similaires mais que c'est dans l'expérience de récupération qu'elles vont se différencier (voir Glenberg, 1997). Dans la section précédente, nous avons abordé le fait que les traces sont épisodiques et multimodales. L'objet de cette section sera alors de vérifier le présupposé lié aux modèles non-abstractionnistes, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence fondamentalement qualitative entre nos connaissances (ou traces). Plus particulièrement, nous aborderons au travers la présentation de plusieurs résultats expérimentaux qu'une différence sur la base du caractère amodal de nos connaissances est caduque et que par conséquent toute connaissance est modale (voire multimodale).

### Simulation Unimodale

---

Tout d'abord, rappelons que de nombreuses études en imagerie ont établi que nos activités mnésiques sont généralement associées à des activités cérébrales dans des zones dédiées

aux traitements perceptifs (pour une revue voir Versace et al, 2009). Cependant, malgré l'accumulation d'évidences en faveur d'un lien très fort entre nos connaissances et les dimensions issues de l'expérience perceptive, de nombreux auteurs défendent l'idée que les traitements conceptuels (*i.e.* sémantiques) impliquent l'existence de représentations amodales (Lambon Ralph & Patterson, 2008 ; Rogers et al., 2004). Classiquement, les concepts sont alors définis comme des connaissances invariantes (stabilité conceptuelle) et indépendantes de tout contexte sensoriel et/ou moteur (amodalité). Une approche concurrente développée par Barsalou (1999 ; Barsalou et al., 2003a) propose que les concepts sont par nature « *grounded* » dans la perception et l'action (pour une discussion similaire, voir Kiefer & Barsalou, 2009). Dans la théorie du système des symboles perceptifs (*Perceptual Symbol System*, voir Figure 7), la notion de simulateur de concepts est essentielle (Barsalou 1999 ; Barsalou et al., 2003a).

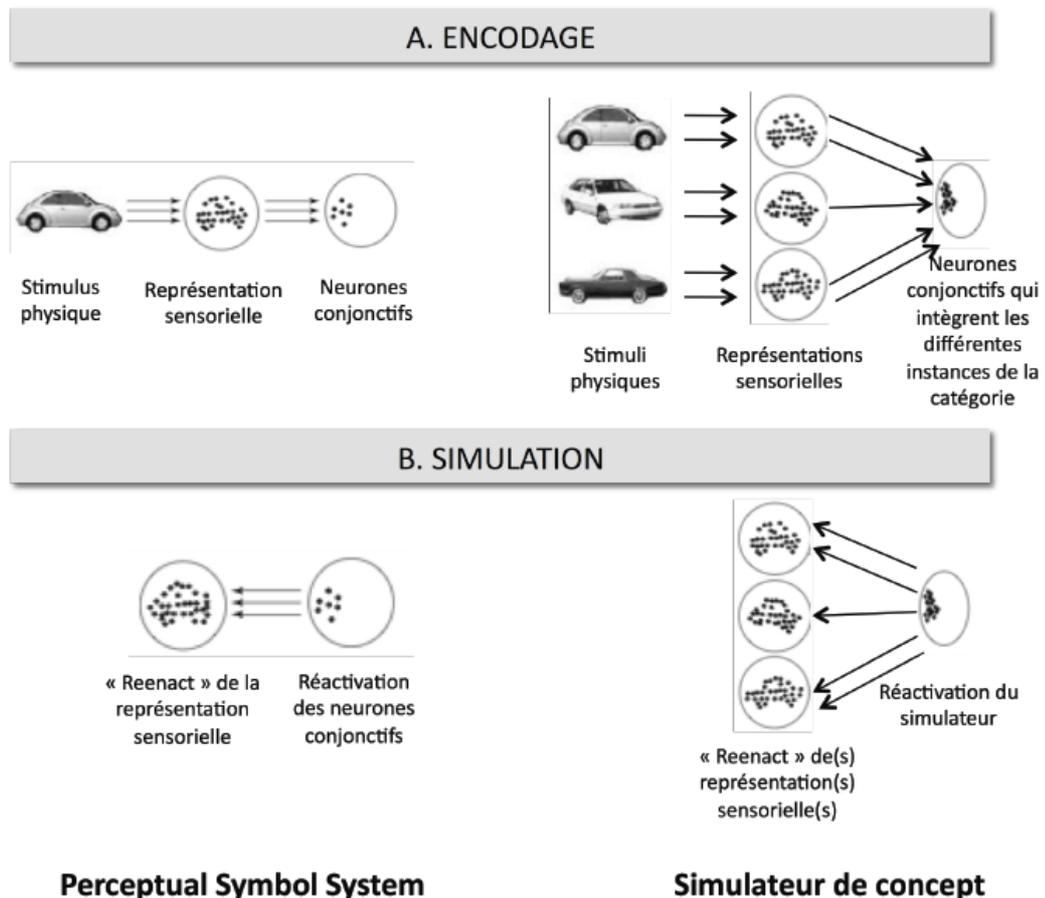


Figure 7 : Illustration de la théorie des symboles perceptifs et de la notion de simulateur de concepts, d'après Barsalou, 1999 et Barsalou et al. 2003.

D'après la figure 7, lorsqu'un stimulus physique est perçu, il active des détecteurs de propriétés dans les aires sensorielles et/ou motrices associées (notion de carte

topographique). Cette représentation sensorielle est ensuite « capturée » dans des zones de convergences supramodales (Damasio, 1989 ; Simmons & Barsalou, 2003). Une activation ultérieure, même partielle, de ces zones supramodales est capable de réactiver la représentation sensorielle et donc de simuler des états proches de la situation perceptive. Avec le temps, ces mêmes neurones issus de régions supramodales intègrent alors les propriétés sensorielles et motrices des différents exemplaires d'une même catégorie. Barsalou propose la notion de simulateur de concepts, c'est-à-dire qu'une activation ultérieure de ces zones est capable de produire une multitude de représentations sensorielles (Barsalou, 1999) et ce, en fonction de l'état présent du sujet (Barsalou et al., 2003a). La simulation, c'est la réactivation des états perceptifs, moteurs et introspectifs acquis durant l'expérience avec le monde, le corps ou l'esprit (Barsalou, 2008).

Par exemple, en compréhension de texte, la simple lecture d'une phrase impliquant un mouvement peut faciliter le traitement visuel ultérieur d'un stimulus dont le mouvement est congruent avec le mouvement décrit dans la phrase (Zwaan et al. 2004). L'interprétation des auteurs de cet effet est en faveur d'une simulation par le lecteur du mouvement décrit dans la phrase. Dans un chapitre d'ouvrage, Barsalou et collaborateurs (2003b) ont rediscuté les résultats d'une étude IRMf qu'ils avaient précédemment conduite dans leur équipe (Simmons et al., 2003). Le résultat princeps de cette étude était que la vérification de propriétés associées à un concept, dans une modalité sensorielle donnée (e.g. une femme peut être brune), active les zones cérébrales sensorielles correspondants au traitement perceptif de la modalité (visuelle). Or, la question des auteurs était de savoir si le plan expérimental de l'étude (par bloc) n'avait pas masqué des activations dans d'autres modalités sensorielles. Pour Barsalou et collaborateurs, les concepts et les propriétés sont multimodaux dans le sens où ils peuvent simuler de multiples modalités de l'expérience perceptive. C'est ce que les auteurs ont vérifié dans une étude de cotation sensorielle de chaque modalité perceptive ou motrice référant à un concept ou à une propriété. En effet, les résultats montrent clairement que, pour les participants, les concepts et les propriétés sont associés à plusieurs modalités sensorielles. Il semblerait donc qu'un traitement conceptuel implique des simulations unimodales (Zwaan et al., 2004) et/ou multimodales (Barsalou et al., 2003b).

## Simulation Multimodale

---

En ce sens, un indicateur fort de l'aspect modal et multimodal des concepts est le *Switching cost* (Pecher, Zeelenberg & Barsalou, 2004; Connell & Lynott, 2009). Classiquement, Pecher et collaborateurs (2004) ont mis en évidence que, dans une tâche de vérification de propriétés (e.g. brillante) associé à un concept (e.g. une pomme), le fait de changer de modalité pour la propriété, ici visuelle, lors d'une deuxième présentation produit un coût de traitement (i.e. *switching cost*). Pour les auteurs, ce coût est dû à un changement de l'attention d'une modalité perceptive associée à la propriété vers une autre modalité (voir aussi Van Dantzig et al., 2008), comme si le changement de modalité se faisait sur des stimuli perceptivement présents (Spence, Nicholls & Driver, 2001). Avec le même type de procédure, Connell et Lynott (2009) ont mis en évidence un *switching cost* multimodal, c'est-à-dire que le fait de vérifier une propriété uniquement visuelle (par exemple une couleur) pour ensuite vérifier une propriété visuo-haptique (par exemple la propriété piquant) associée à un concept produit un coût qui refléterait non pas un changement de l'attention vers une autre modalité (Pecher, Zeelenberg & Barsalou, 2004) mais un engagement de l'attention vers une autre modalité. Pour ces auteurs, cet effet dénote le caractère multimodal

de nos connaissances, et ils proposent même que nos connaissances sont, par défaut, au minimum bimodales (Lynott & Connell, 2009).

Jusqu'à présent, l'aspect multimodal des concepts était examiné dans des tâches impliquant la simulation d'une modalité sensorielle (pour une revue voir Barsalou, 2008). En revanche, si nos connaissances sont par nature multimodales (Lynott & Connell, 2009), un traitement conceptuel dans une modalité doit être systématiquement associé à la simulation d'une dimension dans une autre modalité. De plus, cette simulation doit impliquer des dimensions similaires à celles impliquées dans le traitement perceptif. Au-delà des techniques d'imagerie, comment examiner de manière systématique l'aspect sensoriel de la simulation lors d'un traitement conceptuel? Les techniques d'amorçages semblent être des procédures appropriées à l'étude de la nature sensorielle des connaissances en mémoire<sup>7</sup> (Brunel et al. 2009a ; Griffith & Tipper, 2009 ; Pearson & Brascamp 2008).

Par exemple, la préactivation d'un mouvement par un stimulus physique vient faciliter le traitement du même mouvement congruent décrit dans une phrase. En effet, les sujets sont plus rapides à traiter auditivement une phrase précédée d'un son artificiel (bruit-blanc) induisant une sensation de déplacement congruent au déplacement décrit dans la phrase que lorsque le déplacement induit par le son est non congruent (Kaschak et al., 2006 ; voir aussi Kaschak et al., 2005). À l'inverse, la simulation d'un mouvement par une information textuelle vient faciliter le traitement perceptif de ce même mouvement (Zwaan et al., 2004). Si un traitement conceptuel dans une modalité X amène une simulation multimodale (à défaut dans X, Y), la préactivation de la modalité Y devrait venir faciliter le traitement dans la modalité X.

Dans des travaux plus récents de notre équipe, nous avons examiné cette question de la nature de nos connaissances en centrant nos expérimentations autour de la simulation d'une dimension (Brunel, Lesourd, Labeye & Versace, 2010) ou d'une propriété (Vallet, Brunel & Versace, *sous presse*) auditive lors d'un traitement conceptuel visuel. Afin d'attester du caractère multimodale de nos connaissances et plus particulièrement de la nature sensorielle de la simulation, nous avons conduit une expérience (Brunel et al., 2010) dont la procédure était identique à l'expérience 1 décrite dans Brunel et collaborateurs (2009), à l'exception de la phase test pour laquelle nous avons modifié la tâche des participants sur les stimuli cibles ainsi que la nature de ces stimuli (voir figure 8). En effet, les participants devaient simplement juger de la taille typique d'objets manufacturés par rapport à une référence de 50 cm. La particularité de cette expérience consistait en la manipulation, sans que les participants en soient informés, de la sonorité relative des objets cibles. Les objets pouvaient être typiquement ou non associés à l'émission d'un son lors de leur utilisation (voir Kellenbach, Brett & Patterson, 2001, pour une manipulation similaire).

---

<sup>7</sup> Nous reviendrons sur ce point en discussion pour évoquer les liens bilatéraux entre perception et mémoire.

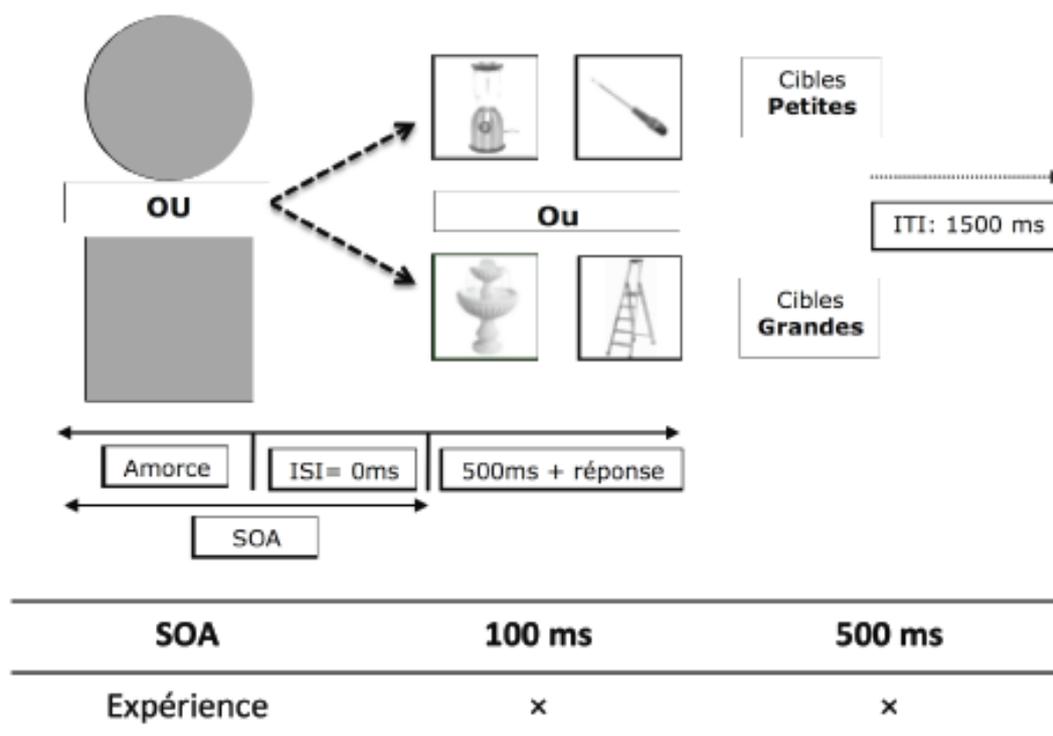


Figure 8 : Illustration, d'après Brunel et al. (2010), de la phase d'amorçage à court terme (précédée d'une phase d'apprentissage, voir figure 4a) durant laquelle les participants effectuent une tâche de jugement de taille typique d'objet (petit ou grand). Notes. SOA : stimulus onset asynchrony, ISI : intervalle inter stimuli, ITI : intervalle inter essai.

Si la simulation de la dimension auditive associée à un concept est automatique (en l'absence de référence explicite à cette modalité) et implique des zones dédiées au traitement sensoriel, nous pouvons nous attendre à répliquer le même pattern de résultats que celui obtenu dans l'expérience 1 de Brunel et collaborateurs (2009a), mais avec des images d'objets comme cibles. En d'autres termes, nous nous attendions à un effet d'amorçage induit par la présentation comme amorces des formes précédemment présentées avec du son en première phase sur le traitement des stimuli cibles typiquement sonores. De plus, cet effet d'amorçage devait être modulé en fonction du SOA, c'est-à-dire perturbateur à 100 ms et facilitateur à 500 ms. La figure 9 décrit les effets que nous avons obtenus dans cette expérience, et ce pour chaque SOA (Figure 9b et 9c) en fonction des résultats de l'expérience 1 (Figure 9a) de Brunel et collaborateurs (2009a).

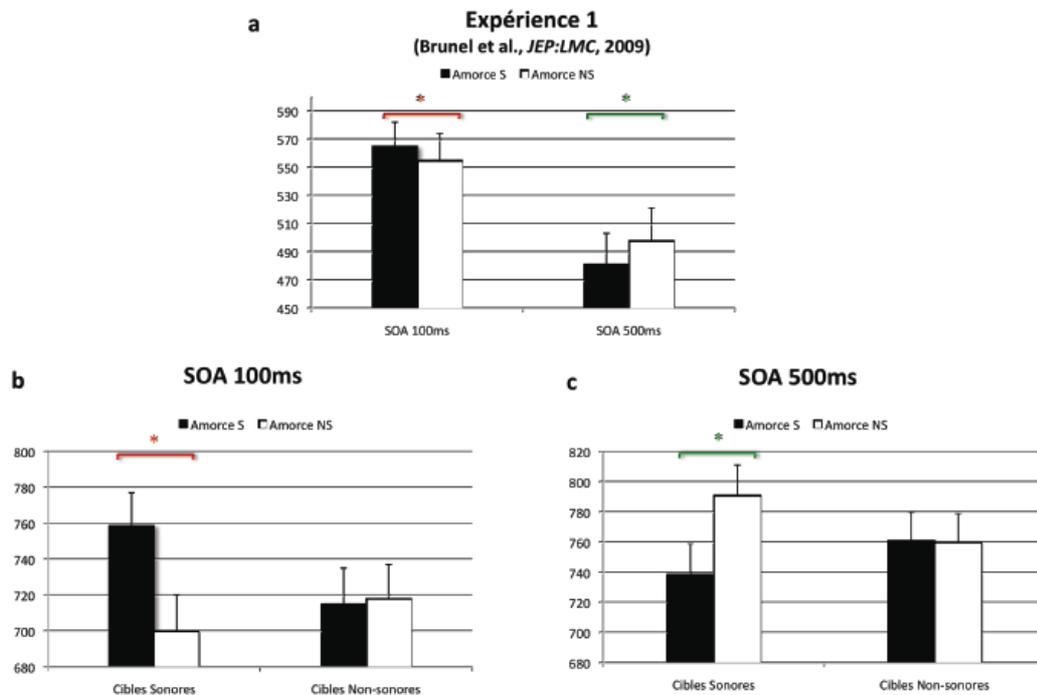


Figure 9 : Représentations graphiques des résultats (en ms) obtenus dans l'expérience d'après Brunel et al. (2010). 9a : Interaction SOA\*Type d'amorce ( $F(1, 30) = 8,16, p < .01$ ) obtenue dans l'expérience 1 d'après Brunel et al. (2009a) ; 9b : Interaction Type de Cible\*Type d'amorce ( $F(1, 15) = 10,06, p < .01$ ) obtenue pour un SOA de 100 ms ; 9c : Interaction Type de Cible\*Type d'amorce ( $F(1, 15) = 6,24, p < .05$ ) obtenue pour un SOA de 500 ms Notes. Amorce S (sonore): formes géométriques présentées simultanément avec du son lors de la phase d'apprentissage, Amorce NS (non-sonore): formes géométriques présentées sans son lors de la phase d'apprentissage, effet d'amorçage perturbateur, effet d'amorçage facilitateur. \*  $p < .05$

Le résultat princeps de cette expérience est l'obtention d'un effet d'amorçage uniquement pour les cibles typiquement sonores. Ceci atteste du fait que les concepts conservent des dimensions sensorielles issues de l'expérience perceptive. Plus largement, le traitement catégoriel dans une modalité sensorielle (visuelle) implique la simulation d'autres modalités sensorielles (ici auditive). Au vu des figures 9b & 9c, l'effet d'amorçage observé est bien modulé par le SOA, ce qui atteste de la nature sensorielle du composant réactivé par les cibles. En effet, avec un SOA inférieur à la durée de présentation du

couple forme/son en première phase, l'effet d'amorçage est perturbateur, ceci étant dû à un chevauchement temporel entre les deux composants réactivés à la fois par l'amorce et la cible (Figure 9b). Inversement, avec un SOA de même durée que celle de la présentation du couple forme/son en première phase, l'effet d'amorçage est facilitateur, ceci étant dû à une préactivation du traitement de la dimension réactivée par la cible (Pecher, Zeelenberg & Barsalou, 2004 ; Kaschak et al., 2006). Il s'agit ici d'une réplification des résultats de l'expérience 1 de Brunel et collaborateurs (2009a) avec des stimuli cibles qui ne possèdent par défaut aucun lien perceptif avec les stimuli amorces. Le composant simulé au cours du jugement de taille typique des objets est donc de nature perceptif puisque qu'il amène à des résultats semblables à ceux que nous avons observés avec des stimuli auditifs perceptivement présents.

Avec cette étude, nous avons apporté un argument fort en faveur de simulations multimodales au cours du traitement conceptuel. Avec une tâche conceptuelle censée induire une simulation de la taille (voir Riou, Lesourd, Brunel & Versace, *en révision* ; pour des données contradictoires avec la taille, voir Vandenberghe et al., 1996), nous avons montré une activation automatique de la modalité auditive. De plus, la dimension simulée est de nature sensorielle. Nos résultats (Brunel et al., 2009a ; 2010) montrent bien l'effet d'une réactivation des zones dédiées aux traitements des informations auditives sur le traitement ultérieur (perceptif ou mnésique) d'une information impliquant les mêmes zones de traitements.

## Intégration entre des propriétés sensorielles

---

Jusqu'à présent, nous avons défini la trace mnésique comme étant épisodique et multimodale. De plus, elle reflèterait un lien durable entre des dimensions issues de l'expérience perceptive et en cela, ces dimensions seraient de nature sensorielle ou motrice. Aujourd'hui, de nombreux travaux attestent du caractère multimodal de nos connaissances puisque le traitement mnésique ou perceptif implique la simulation de dimension non perceptivement présente (pour une revue voir Barsalou, 2008). Mais quel est le degré de spécificité de cette simulation ? Est-ce que l'intégration mnésique est simplement un lien entre des dimensions sensorielles et motrices, ou reflète-t-elle le maintien à long terme des propriétés multimodales spécifiques d'une trace ? En d'autres termes, est-ce que le concept *chien* est multimodal parce que la ou les traces correspondantes intègrent des liens fonctionnels entre les dimensions qui le constituent (e.g. forme, son) ou parce que les traces qui le définissent intègrent des propriétés spécifiques (e.g. « 4-pattes », « aboiement ») ?

Cette question peut alors s'illustrer avec l'idée de *représentations locales* des propriétés de chaque concept (Solomon & Barsalou, 2001). En effet, les auteurs ont montré qu'il est plus facile de vérifier des propriétés associées à un concept lorsque celles-ci partagent une même forme typique sensorielle qu'une forme différente (Solomon & Barsalou, 2001). De même, la vérification de propriétés visuelles dans une phrase facilite la reconnaissance visuelle ultérieure de ces mêmes propriétés (Pecher, Zanolie & Zeelenberg, 2007). Un traitement conceptuel semble alors ne pas simplement impliquer une simulation multidimensionnelle multimodale, mais aussi la simulation de propriétés spécifiques multimodales (simulateurs de propriétés, voir Barsalou, 2005).

C'est ce qu'a mis en évidence une autre série d'expériences réalisées dans notre équipe (Badard, 2007 ; Vallet, Brunel & Versace, *sous presse*) au moyen d'un paradigme d'amorçage *intermodal* à long terme (pour le court terme voir Vallet, Riou & Versace, *soumis*). La question du mécanisme sous-jacent à l'effet d'amorçage *intermodal* permet

d'étayer aussi la question de la nature des connaissances en mémoire (amodales vs. multimodales, voir Greene, Easton & LaShell, 2001).

L'objectif de cette série d'expériences était alors de démontrer que l'effet d'amorçage *intermodal* est essentiellement dû au fait que nos connaissances sont multimodales, et ce parce que la trace mnésique associée à un concept résulte de l'intégration des multiples propriétés de l'expérience sensorielle liée à celui-ci. Dans une phase d'étude, les participants devaient effectuer une tâche de catégorisation (vivant vs. non-vivant) dans une modalité sensorielle donnée : soit auditive (expérience 1), soit visuelle (expérience 2). Si le traitement d'un item dans une modalité sensorielle donnée implique la réactivation mnésique (ou simulation) des autres propriétés sensorielles associées à l'item en mémoire, la présentation d'un masque sensoriel (visuel dans l'expérience 1 et auditif dans l'expérience 2) lors du traitement devrait perturber cette réactivation. C'est ce que nous avons cherché à établir en présentant en phase d'étude la moitié des items simultanément avec un masque. En phase test, les participants devaient réaliser la même tâche de catégorisation mais dans une modalité différente de celle de la phase d'étude (respectivement visuelle pour l'expérience 1 et auditive pour l'expérience 2). Afin de valider nos hypothèses, les participants étaient alors confrontés à trois types de stimuli, soient des items nouveaux (jamais présentés en phase d'étude), anciens masqués (présentés avec un masque sensoriel en phase d'étude) ou anciens (présentés en phase d'étude sans masque sensoriel). Alors que pour les items anciens nous prédisions un effet d'amorçage *intermodal* classique (Greene, Easton & LaShell, 2001), nous nous attendions à une perturbation de l'effet d'amorçage *intermodal* pour les items anciens masqués.

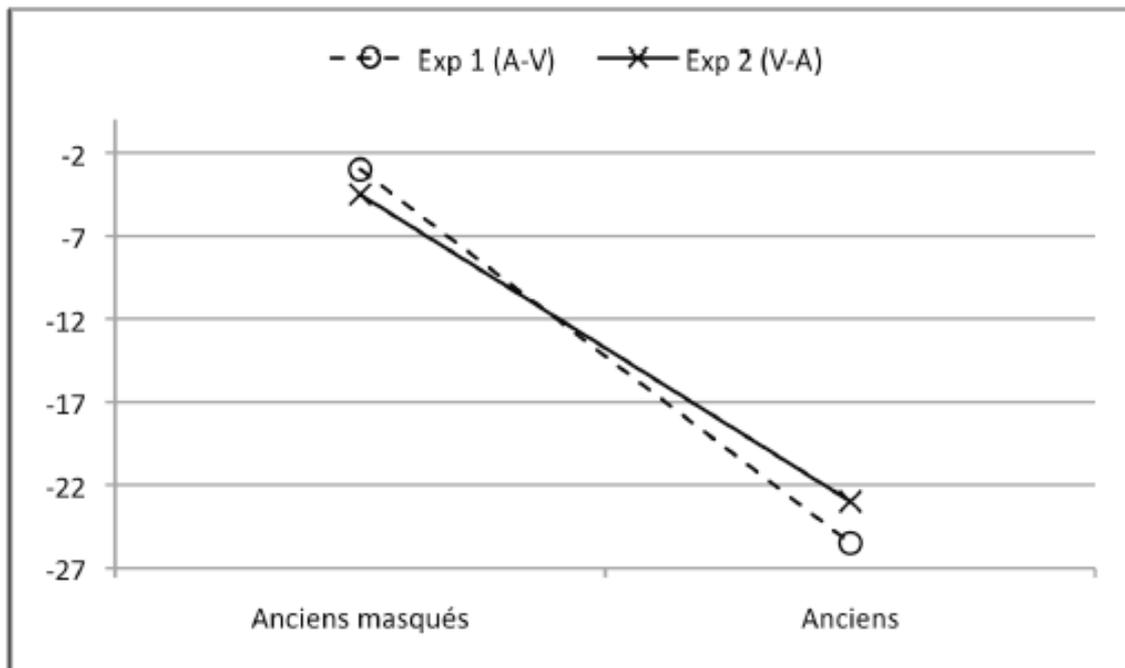


Figure 10 : Représentation graphique de l'effet d'amorçage en ms (différence entre les temps moyens de catégorisation pour chaque type d'items anciens par rapport aux temps moyens de catégorisation des items nouveaux) pour chaque expérience d'après Vallet et al. (sous presse) . Notes. Exp 1 (A-V) : expérience 1 où les amorces sont présentées en auditif et les cibles en visuel, Exp 2 (V-A) : expérience 2 où les amorces sont présentées en visuel et les cibles en auditif.

D'après la figure 10, les résultats obtenus dans les deux expériences étaient conformes à nos attentes. La présentation d'un masque visuel (expérience 1) ou auditif (expérience 2) en phase d'étude a empêché la simulation de la propriété responsable de l'amorçage *intermodal*, ce qui se traduit par une absence d'effet d'amorçage pour les items anciens masqués (respectivement par rapport aux items anciens et nouveaux). De plus, cet effet n'est en aucun cas dû à une différence de traitement des items en phase d'étude puisque le masquage sensoriel n'a pas interféré avec la catégorisation des items lors de cette phase. En d'autres termes, la catégorisation visuelle ou auditive du concept *chien* comme objet vivant n'est pas perturbée par la présentation d'un masque sensoriel, en revanche cela neutralise la simulation des propriétés constitutives de ce concept puisque l'effet d'amorçage *intermodal* semble neutralisé pour ce concept en phase test.

Des résultats similaires ont été mis en évidence par Lehmann & Murray (2005) dans une tâche de reconnaissance visuelle en continu de type ancien/nouveau sur des images d'objets manufacturés typiquement sonores. Lors de la première présentation (réponses « nouveau »), les images pouvaient être présentées : dans leur première expérience, en audiovisuel (AV) avec un contexte sonore neutre (*i.e.* propriété non spécifique à l'item), ou en visuel seul (V) ; dans leur deuxième expérience, en audiovisuel avec un contexte sonore spécifique (AVc, *i.e.* la propriété sonore spécifique à l'item), ou en visuel seul (V). Les auteurs montrent que la probabilité de reconnaître une image lors de la deuxième présentation (réponses « ancien ») dépend des conditions de présentation de l'item. Notamment dans l'expérience 1, lorsque les items AV se retrouvent présentés sans contexte sonore (V+), les performances en reconnaissance sont alors significativement plus faibles que pour les items V représentés tels quels (V-). A l'inverse dans l'expérience 2, lorsque les items AVc se retrouvent présentés sans contexte sonore (V+c), les performances en reconnaissance sont significativement plus élevées que pour les items V représentés tels quels (V-).

Il semblerait qu'interférer avec la simulation d'une propriété auditive associée à un item altère la probabilité d'observer un effet d'amorçage *intermodal* pour cet item dans une tâche de catégorisation (Vallet et al., *sous presse*) mais aussi de le reconnaître dans la même modalité (Lehmann & Murray, 2005). En revanche, lorsque les propriétés audiovisuelles d'un item sont présentées simultanément, cela augmente la probabilité de reconnaître l'item ultérieurement dans la modalité visuelle (Lehmann & Murray, 2005). En d'autres termes, une activation perceptive du lien qui unit les propriétés est plus forte que la simulation de ce même lien par une des propriétés (ici, visuelle).

## Discussion

L'objectif de ce chapitre était d'illustrer la question des traces mnésiques<sup>8</sup> dans le modèle ACT-IN. D'après Versace et al. (2002 ; 2009), les traces mnésiques sont le reflet de la perception et donc, en conséquence, sont de nature épisodique et multimodale. Nous avons donc examiné de manière rigoureuse ces deux caractéristiques en nous penchant plus particulièrement sur les conditions de formation des traces mnésiques et la nature des composants de ces dernières.

Nous avons accordé une attention particulière à ce point dans la première section de ce chapitre. Nous sommes partis du constat que la perception et la mémoire partagent un ensemble de mécanisme de traitement de l'information, notamment grâce à un

<sup>8</sup> Pour une discussion sur les mécanismes biologiques de la trace mnésique (Voir Thompson, 2005)

recouvrement des zones cérébrales engagées dans ces deux fonctions cognitives. Nous avons alors souligné, au travers une démonstration expérimentale, le fait que les traces se forment lors d'expériences perceptives multimodales en liant en mémoire les multiples dimensions relatives à l'objet ou à la situation, et ce grâce à un mécanisme que nous avons appelé intégration mnésique. Les dimensions sensorielles et/ou motrices constitutives de la trace conservent alors leurs caractéristiques perceptives (pour une revue voir, Versace et al. 2009). À l'issue de cette section, nous sommes arrivés à la conclusion selon laquelle la trace mnésique est formée lors d'un événement perceptif et est épisodique et multimodale. Ceci est d'autant plus vrai que lorsque les dimensions de la trace sont intégrées, elles sont alors capables d'interagir à partir d'un indice et influencer le traitement en cours. Or, pour de nombreux auteurs (e.g. Thompson, 2005), cette relation interactive (la simulation, Barsalou, 2008) au niveau des dimensions multimodales de la trace ne devrait s'observer que dans les traitements qui impliquent des connaissances épisodiques (e.g. imagerie mentale, rappel, reconnaissance).

Dans la deuxième section de ce chapitre, nous nous sommes attachés à vérifier l'assertion selon laquelle il n'existerait pas de différence qualitative, c'est-à-dire modale vs. amodale, entre des formes de connaissances. A l'inverse des traitements épisodiques, les traitements conceptuels sont censés impliquer une unité fixe, acontextualisée et amodale. Nous avons critiqué cette définition en présentant une série de résultats expérimentaux attestant du caractère flexible (voir aussi Hoenig et al, 2008) et notamment multimodal (Barsalou et al., 2003b ; Brunel et al., 2010 ; Connel & Lynnot, 2009) des concepts en mémoire<sup>9</sup>. De plus, lors de cette section, nous sommes revenus sur la notion d'intégration mnésique en montrant que cette dernière ne se limite pas aux dimensions de l'expérience mais est aussi impliquée dans le maintien des propriétés d'un épisode (Vallet et al., *sous presse*).

## La motricité

---

Jusqu'à présent, nous avons uniquement attesté du caractère sensoriel des connaissances en mémoire. Mais les propriétés motrices associées à un objet ou à un événement sont aussi des composants de la trace mnésique. Lors du traitement mnésique ou perceptif, au même titre que les propriétés sensorielles de la trace, les propriétés motrices peuvent être simulées pour participer aux traitements en cours. Entre autres, de nombreux effets d'amorçages moteurs ont été obtenus. Par exemple : lorsque le participant devait produire une action précédemment observée chez un sujet extérieur (Griffiths & Tipper, 2009) ; lorsqu'il y avait compatibilité de préhension entre les stimuli amorces/cibles et la main de réponse dans une tâche de décision d'orientation de stimuli (Helbig, Graf & Kiefer, 2006) ; lorsqu'il y avait compatibilité entre le membre de réponse (la main ou le pied) et la discipline sportive (tennis ou football) des athlètes à identifier (Bach & Tipper, 2006).

## Des liens bilatéraux entre mémoire et perception

---

Il est clair maintenant que l'expérience perceptive détermine le contenu de nos connaissances en mémoire. En ce sens, l'accès à nos connaissances (quelque soit le traitement) est souvent lié à une simulation multimodale de propriétés sensorimotrices issues d'une expérience perceptive préalable. La perception influence la mémoire en

<sup>9</sup> Pour des exemples de travaux sur le caractère contextualisé des concepts, voir McKoon & Ratcliff, 1986 ; Pecher & Raaijmakers, 2004.

contraignant tout ou en partie<sup>10</sup> le contenu des traces mnésiques. Or le rapport qui unit ces deux fonctions est loin d'être unidirectionnel.

Au niveau perceptif visuel, on note que des effets d'amorçages visuels ou des biais perceptifs induits par des connaissances préalables (notamment au niveau de la couleur) ont été observés lorsque les participants devaient : 1) déterminer la couleur d'un objet (Hansen et al., 2006) – dans ce cas on s'aperçoit que la couleur ajustée est distordue en fonction de la couleur typique de l'objet ; 2) reproduire la couleur d'un objet flashé (Goldstone, 1995) – dans ce cas on s'aperçoit que les participant distordent la couleur perçu en fonction de la couleur typique qu'ils avaient précédemment associée à l'objet ; 3) déterminer une couleur observée dans le cas de la rivalité binoculaire (pour une revue voir Pearson & Brascamp, 2008) – dans ce cas on s'aperçoit que l'œil dominant est celui qui va traiter la couleur précédemment simulée.

Au niveau perceptif tactile, percevoir la latéralité d'une stimulation tactile (e.g. une pression sur la joue droite) peut être biaisé lorsque le sujet voit un individu recevoir une stimulation controlatérale (e.g. une pression sur la joue gauche) à la stimulation appliquée au sujet. Dans ce cas, les participants ont tendance à reporter qu'ils ont été stimulés des deux cotés (Banassy & Ward, 2007).

De plus, au niveau perceptif auditif, nous avons mis en évidence que la simulation d'une dimension auditive (la fréquence) est capable d'influencer le traitement perceptif sur cette même dimension (Brunel et al., 2009a). A notre connaissance, aucune recherche n'a encore mis en évidence une distorsion du traitement perceptif d'un stimulus auditif par la simulation préalable d'une dimension auditive. En revanche, la présentation d'un stimulus auditif précédemment associé à une couleur est capable de biaiser le traitement perceptif visuel en cours (Howells, 1944).

Il apparaît que le rapport qui unit les fonctions perceptives et mnésiques est clairement bidirectionnel. En effet, le traitement perceptif en cours peut être influencé (accélééré ou ralenti) ou biaisé par des connaissances préalables sur les dimensions, objets, événements, voire sur le traitement lui-même (Riou, et al. , *en révision*).

## Conclusion

---

Au vu de ce chapitre, il apparaît que le contenu de notre mémoire peut être tributaire de nos expériences perceptives antérieures et, inversement, que le traitement perceptif en cours soit largement influencé par nos connaissances préalables. La mémoire garde des traces mnésiques épisodiques, multimodales, qui conservent les liens entre les multiples propriétés de l'expérience perceptive notamment grâce au mécanisme d'intégration<sup>11</sup>. Lors d'un traitement mnésique, les propriétés de la trace vont pouvoir être réactivées et interagir, le contenu de la récupération n'étant jamais réellement amodal.

Dans ce chapitre, nous avons critiqué l'existence de connaissances qualitativement différentes sur la base de leur « sensorialité » (*i.e.* amodales vs. multimodales). Il semble que l'activité mnésique, et plus largement la récupération, renvoie à l'émergence de connaissances multimodales. Existe-t-il pour autant des connaissances qui diffèrent selon

<sup>10</sup> Pour Barsalou (2008), les états affectifs sont aussi une dimension de la trace dans le sens où ils sont simulables lors du traitement (voir aussi le rôle de l'émotion, Versace, et al. 2002 ; 2009).

<sup>11</sup> A noter que nous nous sommes attachés à décrire les mécanismes d'interaction et d'intégration d'un point de vue multimodal mais il est probable que ces derniers s'observent aussi d'un point de vue unimodal.

leur niveau d'abstraction ? Si tel est le cas, que signifie cette différence ? Le chapitre 2 propose donc de répondre à ce genre de questions.

Cependant, à l'issue de ce chapitre, nous laisserons deux questions en suspens. Premièrement, la question de l'exhaustivité de l'intégration mnésique. En effet, si la trace mnésique est le reflet d'une situation perceptive, intègre-t-elle pour autant toutes les propriétés de cette situation ? Deuxièmement, la question de la pondération des propriétés au sein de la trace. En effet, si la trace est multimodale (*i.e.* composée de propriétés issues de différentes modalités) est-ce que toutes les propriétés sont représentées au sein de cette dernière avec le même poids ?

## En résumé

La **trace mnésique** est la résultante d'une **intégration** de propriétés **multimodales** issues de la perception. Ces propriétés conservent des caractéristiques de la situation **sensorielle**. Puisqu'ils sont intégrés, le traitement (*i.e.* perceptif ou mnésique) de n'importe lequel des composants de la trace est capable **d'interagir** avec les autres (à tous les niveaux : modalité – dimension – propriété) et en cela faire émerger **une connaissance multimodale**.

Mots clés : Trace, Intégration mnésique, Interaction, Multimodalité

## Chapitre II – Emergence de la catégorie

### Introduction

En partant du constat que beaucoup de nos activités quotidiennes confèrent à notre environnement une certaine stabilité voire une immuabilité dans le temps et l'espace, il semblerait que ce dernier soit en permanence trié, classé à un niveau perceptif (perception catégorielle) ou « psychologique » (prototype, schéma, catégorie). En cela, les activités de catégorisation et de classification sont naturelles et souvent automatiques. En effet, dès leurs plus jeunes âges, les enfants semblent capables de construire des représentations de plus en plus « abstraites » des objets (Smith, 2003) rencontrés dans l'environnement de telle sorte que ces représentations vont venir supporter des activités mnésiques (e.g. catégorisation, Smith, 2003) et perceptives (e.g. la perception catégorielle, Hanard, 1987). D'un point de vue phénoménologique, il en résulte un sentiment qu'il existe des connaissances qui diffèrent selon leurs niveaux d'abstraction (i.e. sémantique vs. épisodique). Pour de nombreux auteurs (e.g. Tulving, 1972), la connaissance sémantique est alors définie comme une représentation symbolique (amodale, pour une critique voir le chapitre 1) et acontextualisée et exclusivement tributaire d'une mémoire sémantique. A l'inverse, la représentation épisodique, dont l'accès pourrait se faire à partir du système de mémoire précédent (Tulving, 1995), est définie comme une trace de chaque épisode de vie. En ce sens, les activités de type catégoriel font clairement appel à une connaissance de nature sémantique. Or d'après, Glenberg (1997) :

**« The distinction between episodic and semantic memory probably reflects a difference in the frequency with which the memories are used, the methods of assessment, and the content of the information, rather than any intrinsic differences in memory systems. » (Glenberg, 1997, B & B Science, p. 9).**

Un point crucial de notre développement sera de savoir si les activités de type catégoriel reposent sur l'existence d'une unité abstraite apprise (e.g. un prototype) ou si elles dépendent d'un appariement global entre l'exemplaire à traiter et les exemplaires précédemment rencontrés.

### Catégorie : Apprentissage et Perception

De nombreuses activités mnésiques (e.g. Classification, catégorisation, productions et vérifications catégorielles, pour une revue voir Richardson-Klavehn & Bjork, 1988, p.478) suggèrent le recours à une unité de classe supérieure, c'est-à-dire de plus haut niveau (général) que l'information spécifique. Cette unité (la catégorie) est censée capturer les similarités entre les situations afin de pouvoir les comparer et/ou les différencier. Cela implique que les situations partagent des attributs mais aussi diffèrent avec d'autres situations sur la base de ces mêmes attributs. Ce simple constat nous amène à envisager que les catégories sont acquises/apprises lors de l'expérience perceptive.

## Apprentissage de la catégorie

Dans le cas de l'apprentissage supervisé de la catégorie, il existe une pression de l'environnement afin de trouver des similarités aux objets qui nous entourent. Par exemple, une mère peut demander à son enfant : « Trouve-moi tous les objets orange ». Cette consigne amène l'enfant à isoler une propriété couleur (ici, l'orange) et à créer artificiellement une catégorie d'objets partageant cette propriété, mais aussi inversement un autre groupement d'objet ne possédant pas cette propriété. Dans le cas de l'apprentissage non supervisé de la catégorie, l'individu est capable de spontanément diviser des cohortes d'objets en catégories (ou inversement ne pas choisir de grouper ces objets entre eux). Dans ce cas, les catégories vont s'organiser, afin de maximiser la similarité entre les objets intra-catégorie et minimiser la similarité inter-catégorie (pour une discussion sur les relations entre apprentissage supervisé ou non supervisé, Photos & Chater, 2005). Un exemple particulier d'apprentissage non supervisé est l'apprentissage statistique perceptif (notamment visuel). Dans ce cas, l'apprentissage est non seulement non supervisé, mais il est aussi incident. Dans le cas du paradigme AGL (*Artificial grammar Learning*, e.g. Reber & Allen, 1978), l'exposition à des informations complexes (non-mots) qui suivent une règle d'organisation artificielle de type grammatical montre que des participants sont capables d'extraire des régularités au sein des informations de telle sorte qu'ils arrivent à juger de manière efficace de la grammaticalité de nouveaux items. Ce phénomène est relativement flexible afin que l'apprentissage statistique puisse être basé sur l'extraction d'une règle (Reber & Allen, 1978), d'une propriété perceptive (généralement visuelle) ou sur l'intégration de plusieurs propriétés perceptives multidimensionnelles unimodales (Turk-Browne et al., 2008). En effet, dans cette étude, les auteurs ont examiné l'apprentissage visuel statistique (*visual statistical Learning* – VSL) et montré que le VSL peut être à la fois « *feature-based* » (i.e. basé sur une propriété, la couleur) ou « *object-based* » (i.e. basé sur l'intégration de deux propriétés multidimensionnelles, la forme et la couleur), et ceci en fonction de la covariance relative entre les propriétés. Dans ce cas, il s'agit de l'acquisition par l'expérience perceptive d'une unité servant de base à l'activité de catégorisation (i.e. l'inclusion ou exclusion suivant des règles de similarité).

## Perception Catégorielle & Catégorie

De nombreux exemples montrent que l'apprentissage perceptif d'une catégorie se traduit en retour pas une modification des performances en discrimination perceptive sur des objets appartenant ou non à une même catégorie. Des travaux dans le domaine du langage illustrent ce phénomène de perception catégorielle. Par exemple, l'effet de VOT (i.e. *Voice onset time*) montre qu'il existe une frontière catégorielle « naturelle »<sup>12</sup> entre les syllabes /ba/ et /pa/ qui diffèrent selon un continuum physique de voisement<sup>13</sup> (voir figure 11a). Cet effet se traduit par le fait que, pour un certain délai de voisement (i.e. frontière 35 ms), les individus sont incapables de discriminer de manière efficace entre un /ba/ et un /pa/ (Goldstone, Steyvers, & Larimer, 1996; Harnad, 1987). Lors de la discrimination entre des stimuli le long d'un continuum, comment la frontière catégorielle émerge-t-elle ? Il existe deux théories explicatives d'un tel phénomène. Tout d'abord, la frontière est censée émerger par acquisition d'une équivalence (ou d'une similarité, voir figure 11b) intra-catégorielle, ce qui se traduit par une diminution de la sensibilité perceptive aux différences qui ne sont pas significatives pour l'activité de catégorisation (Pearce & Hall, 1980). Du fait de

<sup>12</sup> Pour des données similaires chez l'animal (Kuhl & Miller, 1975)

<sup>13</sup> Le voisement correspond à la vibration des cordes vocales lors de la production d'un son.

l'apprentissage, les individus deviennent de moins en moins capables de discriminer entre les exemplaires d'une catégorie. A l'inverse, pour d'autres auteurs, la frontière émerge par l'acquisition d'une distinctivité (voir figure 11c) inter-catégorielle, ce qui se traduit par une augmentation de la sensibilité perceptive aux différences pertinentes pour la catégorisation (Gibson, 1969). Du fait de l'apprentissage, les individus deviennent de plus en plus capables de discriminer entre les exemplaires à la frontière catégorielle.

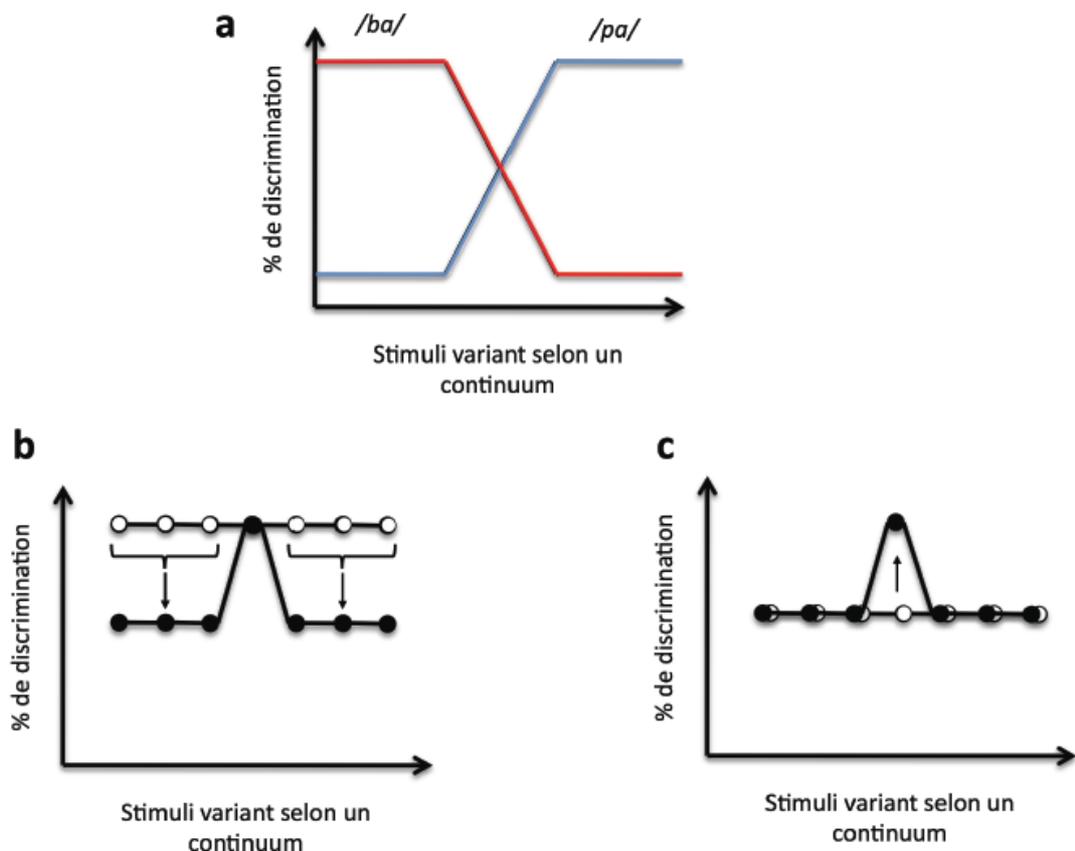


Figure 11 : La perception catégorielle, d'après Goldstone, (1994). 11a : Représentation de l'effet de VOT ; 11b & 11c : Illustrations des théories explicatives du phénomène de perception catégorielle : acquérir de l'équivalence (11b) et acquérir de la distinctivité (11c). La frontière catégorielle est censée correspondre au stimulus 4. Les cercles blancs reflètent les performances en discrimination lors de la première perception. Les cercles noirs représentent les performances en discrimination après plusieurs perceptions.

Les travaux de Goldstone de 1994 s'inscrivent directement dans cette problématique : comment l'activité de catégorisation préalable est-elle capable d'influencer les performances en discrimination perceptive ultérieure ? Dans cette étude, les participants étaient entraînés à catégoriser à partir d'une frontière catégorielle arbitraire, des stimuli

bidimensionnels (combinaison d'une taille et d'un niveau de gris, expérience 1 ; combinaison d'une saturation et d'un niveau de gris, expérience 2) sur l'une de leurs dimensions ou sur les deux dimensions. Les participants étaient ensuite testés dans une tâche de discrimination (identique ou différent ?) entre des paires de stimuli adjacents. Les performances de chaque groupe d'entraînement catégoriel dans la tâche de discrimination étaient ensuite comparées à celles d'un groupe n'ayant eu aucun apprentissage. Il en résulte pour l'expérience 1, pour chacun des groupes d'entraînement catégoriel, à la fois : 1) une augmentation des performances en discrimination pour chaque stimulus proche de la frontière catégorielle (acquérir de la distinctivité) ; 2) une diminution des performances en discrimination pour chaque variation de la dimension non pertinente lors de la catégorisation ainsi que pour les variations intra-catégorielles de la (ou des) dimension(s) pertinente(s) lors de la catégorisation (acquérir de l'équivalence). Il apparaît que ces deux mécanismes sont conjointement utilisés lors de l'activité de catégorisation mais ils sont cependant tributaires de la nature des dimensions perceptives impliquées<sup>14</sup>. En effet, les résultats de l'expérience 2 ont montré que les performances en discrimination, pour chacun des groupes d'apprentissage catégoriel, étaient systématiquement augmentées quelle que soit la paire de stimuli à traiter (pour une discussion, voir Goldstone, 1994 ; 1998).

La perception catégorielle résulte donc d'un apprentissage préalable dans une activité de type catégoriel et suppose à la fois une désensibilisation aux différences intra-catégorie et une sensibilisation aux différences inter-catégorie, et ceci en fonction de la nature des dimensions perceptives impliquées. Il apparaît donc que la catégorie est une unité fonctionnelle (au sens de conditionnant le fonctionnement) lors d'un traitement mnésique (Polyn et al., 2005) ou perceptif (pour une revue, voir Goldstone, 1998), mais comment la catégorie est-elle représentée (et l'est-elle réellement) en mémoire ?

## Modèles de la catégorisation

Il y a donc un consensus pour considérer la catégorie comme une unité fonctionnelle capable à la fois de regrouper et de séparer les objets du monde. Toutefois, certains auteurs vont considérer qu'elle est par nature discrète et stable dans le temps. Cette citation de Keil (1994) illustre bien cette idée :

**« *Shared mental structures are assumed to be constant across repeated categorizations of the same set of instances and different from other categorizations. When I think about the category of dogs, a specific mental representation is assumed to be responsible for that category and roughly the same representation for a later categorization of dogs by myself or by another.* (Keil, 1994, p.169) »**

Or cette conception de la catégorie, est, pour certains, fortement remise en question par le fait que les catégories seraient au contraire fluides, malléables et capables de s'adapter pour correspondre aux besoins de l'activité mnésique en cours (e.g. Barsalou, 1993a, 1993b).

<sup>14</sup> Nature des dimensions intégrales ou séparables. Deux dimensions perceptives sont définies comme intégrales (e.g. la luminosité et la saturation) lorsque, lors du traitement d'une dimension x, les modifications d'une dimension y altèrent le traitement de x. A l'inverse, deux dimensions perceptives sont définies comme séparables (e.g. la luminosité et la taille visuelle) lorsque, lors du traitement d'une dimension x, les modifications d'une dimension y n'altèrent pas le traitement de x.

Nous opposerons ainsi trois types de modélisations cognitives computationnelles de l'activité de catégorisation: 1) Des modèles où la catégorie est apprise et possède une représentation en mémoire (les modèles prototypiques), 2) des modèles où la catégorie est apprise mais ne possède pas de représentation en mémoire (les modèles à frontière décisionnelle), et 3) des modèles où la catégorie émerge lors de l'activité de l'individu (les modèles d'exemplaires)<sup>15</sup>. A noter que l'ensemble de ces modèles repose sur des paramètres souvent définis de manière arbitraire afin de pouvoir simuler des données. La grande différence entre les deux premiers types de modèles et le dernier concerne le niveau d'abstraction de la représentation de la catégorie.

## Modèles prototypiques

---

[Modèles prototypiques<sup>16</sup>]

Dans les modèles prototypiques (e.g. Rosch & Mervis, 1975), la catégorie correspond à un prototype idéalisé (abstrait) reflétant la tendance centrale de tous les exemplaires appris. L'activité de catégorisation se fait alors à partir du degré de similarité entre le prototype et les exemplaires à catégoriser. En ce sens, la décision de l'appartenance catégorielle d'un nouvel exemplaire est prise à partir de sa similarité avec le prototype, ce qui correspond en fait à sa typicalité. La discrimination entre les exemplaires d'une même catégorie peut toutefois également se faire sur la base de leur (non)similarité et aboutir ainsi à la création d'un nouveau prototype de niveau inférieur si cette différenciation est pertinente<sup>17</sup> (voir la notion de réseau sémantique et structure hiérarchique, Collins & Quillan, 1969).

## Modèles à « frontières décisionnelles »

---

Contrairement aux modèles prototypiques, les modèles dits à « frontière décisionnelle » supposent que la catégorie est apprise mais qu'elle ne possède pas de représentation en mémoire au même titre que le prototype. L'exemple le plus connu est le modèle GRT (*General recognition theory*, Ashby & Townsend, 1986 ; pour une revue voir Ashby & Maddox, 2005). D'après ce modèle, lors de l'activité de catégorisation, les individus utilisent une frontière décisionnelle qui partage l'espace psychologique en régions associées à différentes catégories de réponse. La probabilité de catégoriser un exemplaire comme appartenant à une des catégories est alors déterminée par sa distance par rapport à la frontière décisionnelle optimale. Dans ce cas, la frontière optimum est linéaire (e.g. droite de régression) et comme les exemplaires sont souvent multidimensionnels, la frontière reflète alors l'intégration entre les propriétés des exemplaires dans toutes les dimensions. La frontière est alors à la fois oblique et perpendiculaire au segment qui relie la tendance centrale de chaque catégorie. D'après Ashby et collaborateurs, dans le cas d'un apprentissage non supervisé, la frontière correspond à une règle souvent non verbalisable et non sensible au feedback probabiliste (i.e. le fait qu'un exemplaire puisse

<sup>15</sup> Pour une position mixte entre les modèles d'exemplaires et les modèles prototypiques (voir le modèle ALCOVE, Kruschke, 1992) et les modèles basés sur une frontière décisionnelle (voir ATRIUM, Erickson & Kruschke, 1998).

<sup>16</sup> SUSTAIN (Supervised and Unsupervised Stratified Adaptive Incremental Network) est un modèle de la catégorisation qui peut être décrit comme un modèle à prototype multiple pour une catégorie, car les exemplaires similaires au sein d'une catégorie sont regroupés ensemble dans des espaces distincts (Love, Medin & Gureckis, 2004).

<sup>17</sup> Par exemple, un dalmatien et un teckel ont un niveau de typicalité différent relativement au prototype « *chien* », cependant ils peuvent si l'expérience est répétée amener à la création de deux sous-prototypes (« *grand chien* » et « *petit chien* »).

correspondre de manière non équiprobable à deux catégories, voir Nosofsky & Stanton, 2005) que l'individu applique. Ces modèles soutiennent qu'en cas de conflit entre deux règles, ce sera toujours la règle verbalisable (ou explicitement formulée) qui soutiendra en priorité la frontière catégorielle (voir le modèle COVIS, Ashby et al. 1998, sur lequel nous reviendrons en conclusion). Donc, l'appartenance catégorielle d'un exemplaire est fonction de sa distance par rapport à la frontière. Toutefois, alors que ce genre de modèle prédit aisément les performances de discrimination entre les exemplaires appartenant à deux catégories différentes (en fonction du chevauchement entre la distribution de chacune des catégories), à notre connaissance, il ne fait aucune prédiction concernant la discrimination entre les exemplaires au sein d'une même catégorie (voir Nosofsky, 1992).

## Modèles d'exemplaires

Contrairement aux modèles précédents, les modèles d'exemplaires<sup>18</sup> (Medin & Schafer, 1978 ; Nosofsky, 1986 ; Logan, 2002) ne supposent pas l'existence d'une représentation abstraite de la catégorie que ce soit en mémoire ou sous la forme d'une frontière catégorielle. Ils supposent que la mémoire ne contient que des instanciages des catégories et que ces dernières émergent de l'activité du sujet. En ce sens, la catégorie n'est nullement statique, mais reflète une adaptation de l'individu aux exigences de la tâche en cours. Dans le cas du modèle GCM<sup>19</sup> (*Generalized context model*, Nosofsky, 1986 ; 1988 ; 1991), les exemplaires rencontrés lors de l'expérience perceptive ne subissent aucune modification et sont encodés tels quels en mémoire (voir la notion d'empreinte globale, Goldstone, 1998) dans un espace psychologique multidimensionnel à  $n$  dimensions suivant une métrique euclidienne. La distribution des exemplaires en mémoire est alors fonction des relations de similarité et de distance entre les exemplaires sur l'ensemble des dimensions de l'espace. D'après ce modèle, la probabilité de catégoriser un item  $i$  comme un exemplaire de la catégorie A est estimée à partir d'un calcul de similarité sur l'ensemble des dimensions (pondéré par l'attention) partagés par l'item à traiter et les exemplaires de la catégorie A en mémoire (voir Shepard, 1987) et en fonction de sa distance, calculée sur les mêmes dimensions, avec les exemplaires de la catégorie B.

En 1994 puis en 1997, Nosofsky et collaborateurs introduisent des modifications conséquentes au modèle GCM afin de rendre compte de l'aspect probabiliste de la représentation en mémoire (pour une revue voir Nosofsky, 1992) ainsi que de la variabilité des temps de catégorisation (Nosofsky & Palmeri, 1997). Tout d'abord, RULEX (*rule-exception-plus model*, Nosofsky, Palmeri & Kinley, 1994) est un modèle d'exemplaire basé sur un processus analogue à un test d'hypothèse (règles) capable de prédire correctement le fait que l'on puisse accéder directement à un item qui ne correspond pas à la règle de catégorisation, aussi bien dans une tâche de catégorisation que de reconnaissance. Selon le modèle, la probabilité d'encoder une exception est alors fonction du nombre de propriétés qui diffèrent entre l'exception et les exemplaires d'une catégorie donnée. Nosofsky et collaborateurs ont ensuite proposé un modèle d'exemplaire (*Exemplar-Based random walk model*, Nosofsky & Palmeri, 1997) basé sur un processus de décision aléatoire pas à pas qui s'établit dans le temps et qui est alors capable de rendre compte des temps de catégorisation et de classification de stimuli .

<sup>18</sup> Ici, le terme exemplaire renvoie à la représentation mentale d'un objet appartenant à une catégorie.

<sup>19</sup> Pour le détail des computations au sein de ce modèle, voir Annexe A

## Effets de Généralisation et de Discrimination

---

Quels que soient les modèles, on peut opposer deux effets liés à l'activité de catégorisation, l'effet de généralisation et l'effet de discrimination. Le premier consisterait à traiter de manière proche des exemplaires qui possèdent des propriétés communes, notamment dans les activités de catégorisation (Shepard, 1987) ou de jugement de similarité (Nosofsky, 1992). Au contraire, l'effet de discrimination consisterait à traiter de manière différente des exemplaires d'une même catégorie qui possèdent des propriétés différentes.

Les effets de généralisation et de discrimination ont été systématiquement étudiés dans le cadre d'une représentation des exemplaires dans un espace multidimensionnel essentiellement visuel. Ainsi, pour de nombreux auteurs (pour une revue, voir Nosofsky, 1992), ils sont expliqués en termes de similarité physique (Goldstone, 1994) ou psychologique<sup>20</sup> (Shepard, 1987) et en termes de distance dans l'espace (Logan, 2002). En ce sens, les calculs de similarité sont fondamentaux à la fois pour la représentation de l'item en mémoire et pour expliquer des activités cognitives telles que la catégorisation.

Cependant, la question des effets de généralisation et de discrimination a toujours été envisagée dans un cadre multidimensionnel unimodal. Toute connaissance étant à défaut au minimum bimodale (Connell & Lynott, 2009, voir section 2 chapitre 1), on doit pouvoir envisager que ces effets puissent être multimodaux. Une étude récente de Cooke et collaborateurs (2007), montre, à l'aide d'une technique d'analyse MDS (*Multidimensional scaling*), que des participants effectuent un jugement de similarité multimodale (e.g. visuo-haptique) en se basant sur une représentation multimodale et non pas des représentations dites modalités spécifiques. De plus, ils montrent que plus les participants estiment que les objets à traiter sont similaires, plus la probabilité de les regrouper ultérieurement ensemble est importante. Cependant, les auteurs n'interprètent pas leurs résultats dans un cadre théorique particulier, mais avance que la similarité multimodale peut être la base d'une activité de catégorisation. Nous proposons que, si la similarité intervient à un niveau multimodal, nous pourrions donc observer des effets de généralisation et de discrimination multimodaux et que cela implique que l'espace multidimensionnel soit par nature multimodal.

Dans la suite de ce chapitre, nous verrons des travaux expérimentaux permettant de départager ces approches concernant la représentation de la catégorie en mémoire ainsi qu'une étude permettant d'observer des effets de généralisation et de discrimination dans un cadre de mémoire multimodal.

## Contraster les Modèles de la Catégorie : Catégorie, Généralisation & Discrimination Multimodale

Départager ces modèles d'un point de vue expérimental est relativement complexe, notamment parce que les modèles font les mêmes prédictions pour un nombre important de manipulations expérimentales (voir Nosofsky 1992 ; Nosofsky & Stanton, 2005). Nous

<sup>20</sup> Une dimension physique (e.g. la luminance) est caractérisée par le fait que les valeurs (propriétés) qui la définissent peuvent s'inscrire sur un continuum inscrit dans une échelle d'intervalle. Une dimension psychologique (e.g. la couleur) est caractérisée par le fait que les valeurs qui la définissent sont discrètes et verbalisables inscrit dans une échelle nominale (voir Goldstone et al., 2004).

présenterons alors deux exemples qui permettent de contraster les modèles de la catégorie précédemment évoqués.

### Paradigme 5/4 *category structure*

Un paradigme classique pour dissocier les prédictions relatives aux modèles basés sur un prototype et les modèles basés sur des exemplaires est le paradigme *5/4 category structure* de Medin et Schaffer (1978). Dans le cas de deux catégories (respectivement de 5 exemplaires pour la catégorie A et de 4 exemplaires pour la catégorie B, voir tableau 1) où chaque exemplaire est défini par 4 propriétés, l'approche basée sur un prototype prédit que les prototypes de la catégorie A et B sont respectivement « 0 0 0 0 » et « 1 1 1 1 ».

Stimulus	Dimensions			
	1	2	3	4
<b>Catégorie A</b>				
A1	1	0	0	0
A2	1	0	1	0
A3	0	1	0	0
A4	0	0	1	0
A5	0	0	0	1
<b>Catégorie B</b>				
B1	1	1	0	0
B2	1	0	0	1
B3	0	1	1	1
B4	1	1	1	1

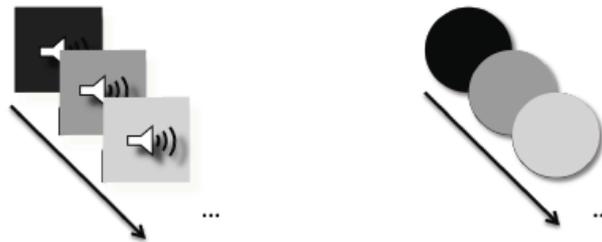
Tableau 1 : Stimuli utilisés dans le paradigme 5/4 *category structure* d'après Medin & Schaffer (1978), Zaki et al. (2003).

Plus particulièrement, les modèles prototypiques prédisent que, dans la catégorie A, l'exemplaire A2 devrait être le plus difficilement catégorisé du fait qu'il est le moins similaire au prototype « 0 0 0 0 ». En revanche, les modèles d'exemplaires prédisent que l'exemplaire A2 devrait être au contraire le mieux catégorisé du fait qu'il est globalement le plus similaire aux autres exemplaires de la catégorie A et le plus non-similaire aux exemplaires de la catégorie B. De nombreuses validations expérimentales vont dans le sens des prédictions faites par les modèles d'exemplaires (e.g. Zaki et al., 2003).

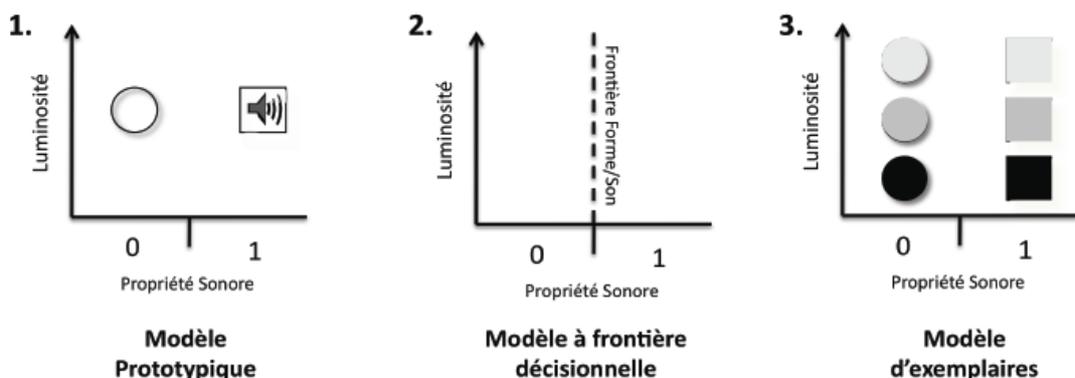
### Catégorie multimodale: Effets de généralisation et de discrimination.

Dans nos travaux (Brunel et al, 2009a ; 2010, voir chapitre 1), nous avons montré que la répétition d'une association systématique entre une propriété visuelle (*i.e.* une forme) et une propriété sonore (*i.e.* un bruit blanc) aboutit à la création d'une trace épisodique et multimodale. Nous avons démontré ce phénomène dans un paradigme d'amorçage, dans lequel la présentation en amorce des formes géométriques précédemment associées à du son influençait la discrimination auditive de stimuli cibles, et ce comparativement aux formes géométriques présentées préalablement sans son. Cet effet d'amorçage provenait de la réactivation de la propriété sonore lors de la présentation de chacune des formes géométriques précédemment associées à du son. Cependant, étant donnée la nature de la tâche catégorielle lors de l'apprentissage, nous ne pouvions exclure que les effets observés ne soient pas engendrés par la création de deux catégories associées à des prototypes pour chacune des formes ou par la création d'une frontière décisionnelle (respectivement forme/sonore et forme/non sonore) lors de l'apprentissage perceptif (pour une revue sur l'apprentissage perceptif voir le numéro spécial de la revue TOPICS, 2010). Tous les modèles que nous avons précédemment décrits peuvent donc rendre compte de ces premiers résultats en incluant un certain nombre de modifications (voir figure 12).

### a. Situation perceptive



### b. Espace Psychologique



*Figure 12 : Illustration des explications relatives aux principaux modèles de la catégorie dans le cadre de l'expérience de Brunel et al. 2009a ; 2010. Une situation perceptuelle (a) dans laquelle le sujet est amené à catégoriser des stimuli va aboutir à la création de deux prototypes (b1), d'une frontière décisionnelle (b2), à la représentation de tous les exemplaires en mémoire sur lesquelles sera fait un appariement global (b3).*

Une évolution significative pour chacun des modèles que nous avons précédemment décrits consiste à entrevoir la possibilité que la catégorie puisse être multimodale. En ce sens, l'association systématique (*i.e.* redondance) entre une propriété visuelle et une propriété auditive peut aboutir à la création d'un prototype multimodal (modèle prototypique, figure 12b<sub>1</sub>) ou d'une frontière décisionnelle multimodale (modèle frontière décisionnelle, figure 12b<sub>2</sub>). Au niveau des modèles d'exemplaires, le calcul de similarité ne peut s'effectuer que sur un nombre limité de dimensions (pondération de l'attention) et sur des dimensions perçues. Or, étant donné que nos connaissances sont multimodales d'une part, et que le traitement d'une propriété dans une modalité est souvent associé à la simulation d'autres propriétés d'autre part, on peut donc proposer que le calcul de similarité doit pouvoir également intervenir sur une dimension simulée et par conséquent non perceptivement présente (espace multidimensionnel multimodal, figure 12b<sub>3</sub>). Ici, la difficulté à départager les modèles vient du caractère systématique de l'association d'une forme avec un son (*i.e.* tous les carrés ou tous les cercles sont associés à un son lors de l'apprentissage). Pour départager expérimentalement ces modèles, nous avons donc par la suite modifié la règle de cooccurrence entre les propriétés, tout en conservant la même tâche de catégorisation de forme. Nous avons pour cela utilisé un dispositif expérimental relativement simple adapté de nos précédents travaux (Brunel et al., 2009a, expérience 1 SOA 500 ms ; 2010).

Dans une première phase (voir figure 13), les participants étaient confrontés à la même règle de catégorisation simple basée sur des formes géométriques (carré ou cercle). Toutefois, cette fois-ci nous avons manipulé et donc différencié la fréquence d'association des exemplaires des deux catégories avec le son (Brunel, Vallet, Riou & Versace, 2009b, *en révision a*). Dans les trois expériences, les  $\frac{3}{4}$  des carrés (ou des cercles, *i.e.* exemplaires non-isolés) étaient associés à un son (*i.e.* haute fréquence d'association) ou, au contraire, seulement  $\frac{1}{4}$  des cercles (ou des carrés, *i.e.* exemplaires isolés) était associé à un son (basse fréquence d'association). En plus de la manipulation de la fréquence d'association, nous avons introduit entre les expériences une manipulation d'une dimension visuelle non pertinente (*i.e.* non prédictive dans la tâche de catégorisation) entre les exemplaires de chaque catégorie de forme. Dans la première expérience, les exemplaires de chaque catégorie étaient déclinés sur une dimension visuelle physique : la luminance (voir figure 13a). Dans la deuxième expérience, les exemplaires de chaque catégorie étaient déclinés sur une dimension visuelle psychologique : la couleur (voir figure 13b). Dans la troisième expérience, les exemplaires non-isolés et isolés entre chaque fréquence d'association étaient appariés sur une dimension visuelle psychologique : la couleur (voir figure 13c).

En résumé, quelle que soit l'expérience, la propriété visuelle associée aux formes isolées était différente au sein de chaque fréquence d'association et entre les fréquences d'association. Les hypothèses et prédictions portaient alors sur les effets qu'auraient les formes isolées de chacune des conditions de fréquence d'association en fonction des expériences.

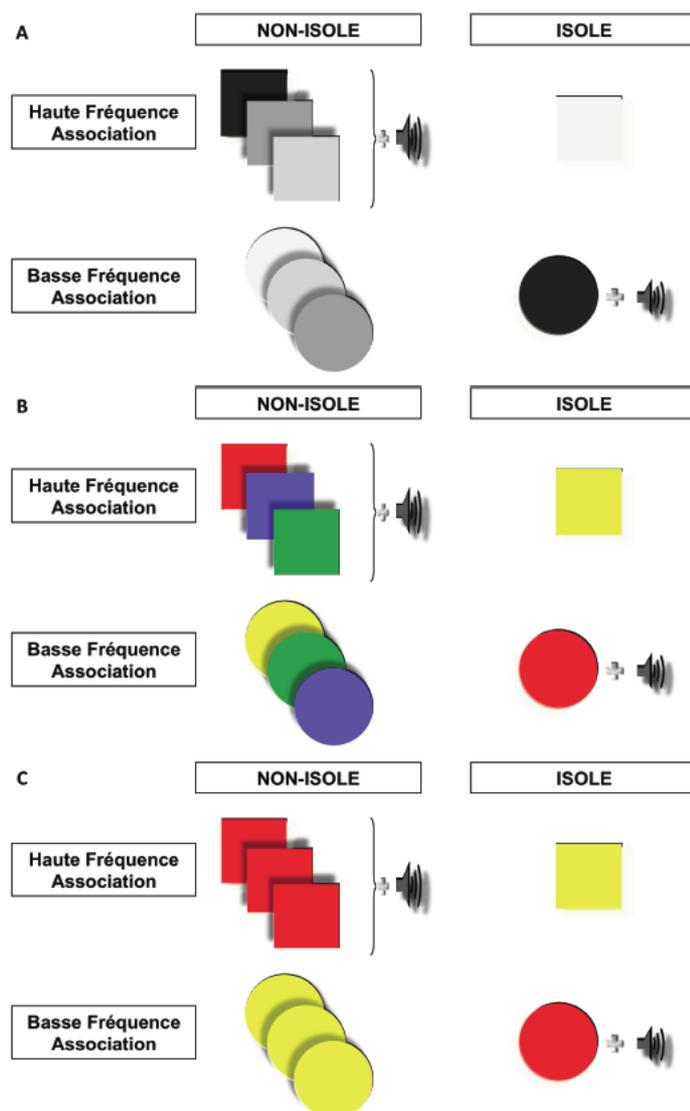


Figure 13 : Illustration des manipulations expérimentales lors de la phase d'apprentissage, d'après Brunel et al. (2009b; en révision a). Dans cette phase la tâche des participants était de catégoriser les figures géométriques selon leur propriété forme (i.e. « cercle ou carré ? »).  
 Panel A : Expérience 1 ; Panel B : Expérience 2 ; Panel C : Expérience 3.

Ensuite, les participants étaient testés dans : 1) une phase d'amorçage à court terme, où les participants devaient simplement discriminer la fréquence (i.e. la hauteur) de sons purs précédés par une amorce (figures géométriques vues lors de la phase précédente, voir la figure 5 du chapitre 1) présentée avec un SOA de 500ms (voir Brunel et al., 2009a expérience 1 ; 2010) ; 2) une tâche de reconnaissance sur les figures géométriques isolées parmi les figures géométriques non-isolées au sein de chaque condition d'association (voir figure 14).

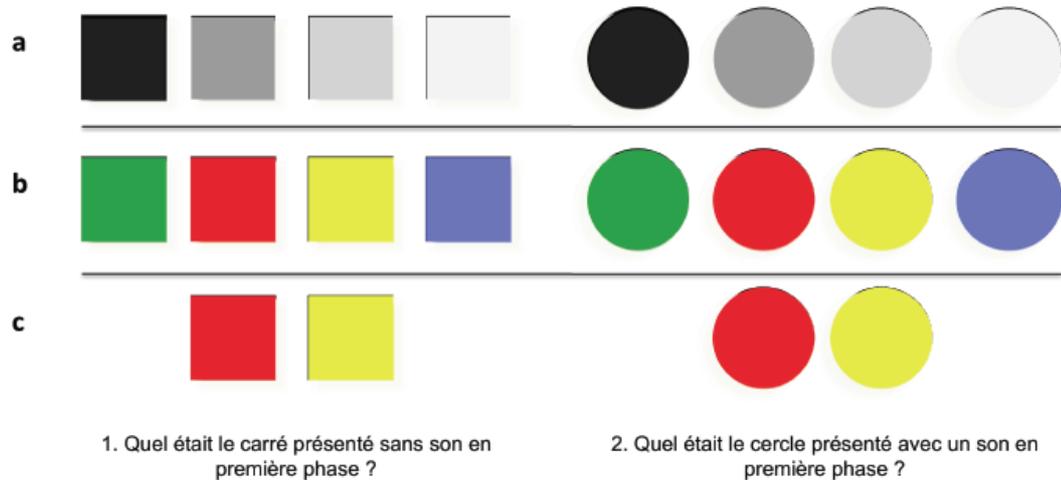


Figure 14 : Illustration de la phase de reconnaissance d'après Brunel et al (2009b ; en révision a). La tâche des participants est de retrouver l'absence (question 1) ou la présence (question 2) d'une propriété sonore parmi les exemplaires de la catégorie. Les panels a, b et c correspondent respectivement aux phases de reconnaissance des expériences 1, 2 & 3.

En ce qui concerne l'expérience 1, les prédictions faites au niveau de chacun des modèles pour les formes isolées vues dans chacune des conditions d'apprentissage (Haute Fréquence – HF - ou Basse Fréquence – BF - ) nous permettent de départager ces approches :

**MODELES PROTOTYPIQUES** - Si les individus forment des prototypes à l'issue d'une activité catégorielle, et notamment si ce prototype est multimodal, nous pourrions prédire que la figure isolée vue en HF amène des performances identiques lors de la phase d'amorçage que les autres figures de la catégorie et ne soit pas reconnue comme ayant été présentée sans la propriété sonore (*i.e.* un effet de généralisation). Les prédictions devraient être les mêmes pour la figure isolée vue en BF, c'est-à-dire un effet de généralisation.

**MODELES FRONTIERES DECISIONELLES** - En cas de conflit entre deux règles de catégorisation (dans notre expérience, une règle explicite basée sur la forme et une règle implicite d'association non systématique), ce type de modèle prédit que c'est toujours la règle explicitement formulée et verbalisable qui correspond à la frontière. Si les individus forment une frontière catégorielle qui peut être multimodale (*i.e.* intégrer deux propriétés multimodales) à l'issue d'une activité catégorielle (ici la règle basée sur la propriété forme), dans ce cas, dans chaque phase test, les prédictions pour les figures géométriques isolées seront sensiblement les mêmes que pour les modèles prototypiques, c'est-à-dire un effet de généralisation quelle que soit la condition d'apprentissage (HF ou BF).

**MODELES D'EXEMPLAIRES** - En revanche si les individus basent leur activité catégorielle sur des exemplaires en mémoire (GCM, Nosofsky, 1986) et qu'ils sont capables d'encoder des exceptions (RULEX, Nosofsky, Palmeri & Kinley, 1994), on peut prédire que :

a) les figures isolées vues en HF traduisent un effet de généralisation en phase d'amorçage et de reconnaissance, donc que les figures isolées amorcent le son cible comme les autres figures de leur catégorie et qu'elles soient très difficilement reconnues.

b) que les figures isolées vue en BF amènent un effet de discrimination sur la base de leur propriété spécifique sonore, et donc qu'elles se différencient des autres formes de leur catégorie en amorçage et qu'elles soient donc bien reconnues.

*GENERALISATION & DISCRIMINATION* - Les expériences 2 & 3 ont servi à vérifier les assertions concernant les effets de généralisation et de discrimination mais d'un point de vue multimodal. Dans l'expérience 2, nous voulions montrer que l'effet de discriminabilité demande non seulement une différenciation entre un stimulus et les autres stimuli de la catégorie, mais aussi une certaine homogénéité des autres stimuli. Si l'hétérogénéité intra-catégorie augmente, alors il sera plus difficile d'obtenir une différenciation d'un des stimuli vis-à-vis des autres, car la distance relative entre les figures géométriques isolées et non-isolées sera moins importante. Ainsi, dans l'expérience 2, en faisant varier les exemplaires sur une dimension psychologique (*i.e.* la couleur) au lieu d'une dimension physique (*i.e.* la luminance), nous nous attendions à augmenter l'effet de généralisation. En d'autres termes, nous prédisions un effet de généralisation quelle que soit la condition d'apprentissage (Goldstone, Lippa & Shiffrin, 2001). A l'inverse, dans l'expérience 3, nous avons essayé d'augmenter l'homogénéité des formes non-isolées (*i.e.* toutes de la même couleur en intra-catégorie) et d'augmenter la distance relative entre les figures géométriques isolées et non-isolées (*i.e.* utilisation d'une couleur différente). Nous nous attendions donc à ce que l'effet de discrimination soit observé quelle que soit la condition d'apprentissage.

Les principaux résultats obtenus dans la phase d'amorçage et dans la phase de reconnaissance pour chacune des expériences sont respectivement décrits dans les figures 15 et 16.

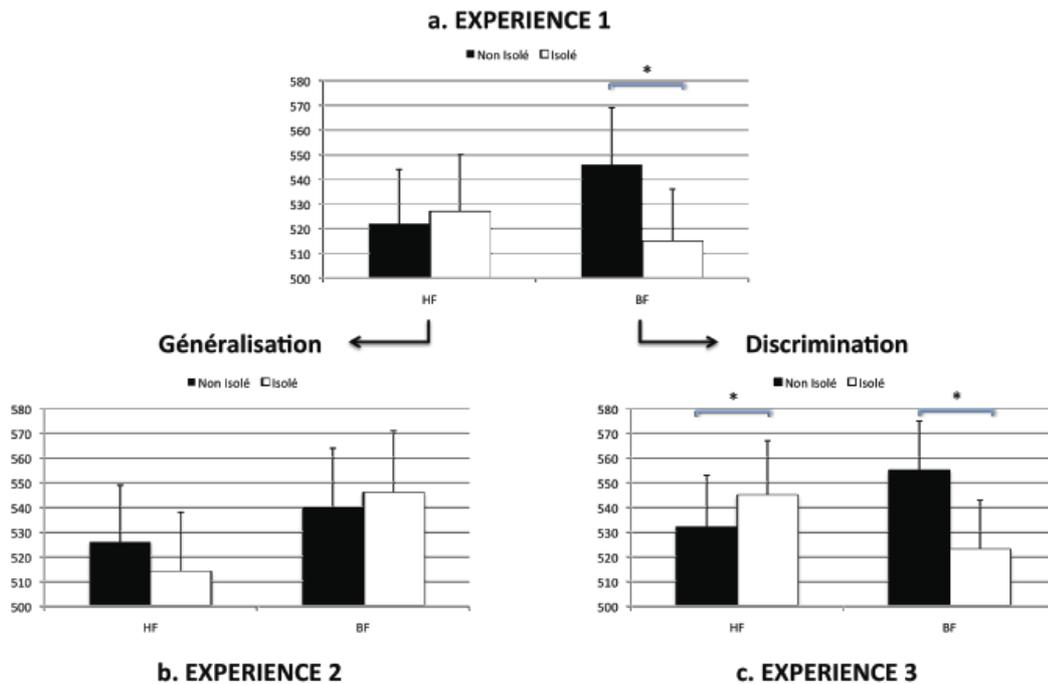


Figure 15 : Illustration des résultats obtenus en phase d'amorçage<sup>21</sup> à partir des performances (temps de réaction) en discrimination des sons cibles en fonction de chaque condition expérimentale et pour chaque expérience. 15a : Interaction fréquence\*isolation ( $F(1,31)=8.09, p<.01$ ) obtenue dans l'expérience 1 (Brunel et al., 2009b ; en révision a) ; 15b : Effet principal de la fréquence ( $F(1,31)=13.73, p<.01$ ) obtenu dans l'expérience 2 (Brunel et al., en révision a) ; 15c : Interaction fréquence\*isolation ( $F(1,47)=25.13, p<.01$ ) obtenue dans l'expérience 3 (Brunel et al., en révision a). Notes. HF : haute fréquence d'association ; BF : Basse fréquence d'association, barres d'erreur représentent l'erreur standard. \*  $p<.05$

<sup>21</sup> Pour une interprétation des effets d'amorçages voir sections 1 & 2 du chapitre 1.

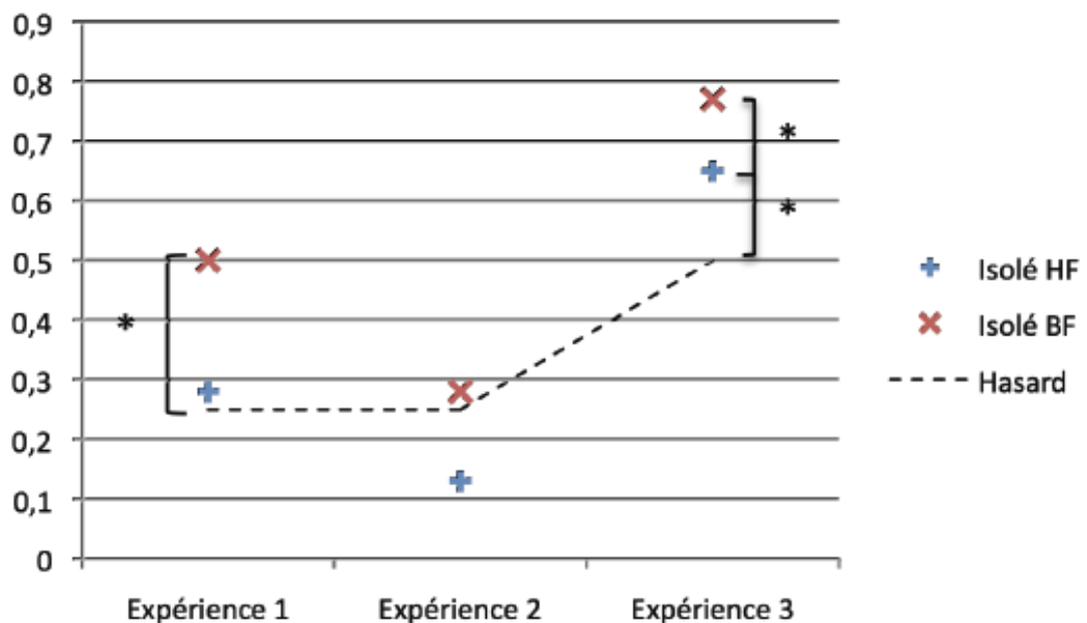


Figure 16 : Taux de reconnaissance correcte pour chacune des figures isolées (HF ou BF) et comparé au hasard pour chaque expérience. Notes. \*  $p < .05$

Les résultats de l'expérience 1 sont clairement en faveur d'une approche de la mémoire basée sur des exemplaires. En effet, d'une part la figure isolée vue en HF (i.e. non associée à un son lors de l'apprentissage) entraîne des performances qui ne diffèrent pas des figures non-isolées (i.e. associées à un son lors de l'apprentissage) en phase d'amorçage. D'autre part, elle n'est pas non plus reconnue ultérieurement. Par contre la figure isolée vue en LF (i.e. présentée avec du son lors de l'apprentissage) entraîne des performances qui diffèrent des figures non-isolées (i.e. présentées sans son lors de l'apprentissage) en phase d'amorçage et est reconnue sur la base de sa propriété sonore. Cela confirme l'idée que nous avançons que le calcul de similarité peut intervenir sur une dimension non perceptivement présente (i.e. une dimension simulée) et par là même supporter des effets de généralisation (voir GCM, Nosofsky, 1986) et de discrimination (voir RULEX, Nosofsky, Palmeri & Kinley, 1994). Il semblerait que la catégorie soit une entité qui émerge lors de l'activité.

Les résultats de l'expérience 1 sont aussi clairement en faveur de l'existence d'un espace psychologique multidimensionnel multimodal puisque les effets de généralisation et de discrimination peuvent être observés d'un point de vue multimodal. De plus, les résultats de l'expérience 2 et 3 nous ont permis d'explorer la question de la distance relative entre les exemplaires au sein de cet espace.

Dans l'expérience 2, du fait de la diminution de la distance relative entre les exemplaires isolés et non isolés, des effets de généralisation sont observés quelle que soit la condition d'apprentissage.

A l'inverse, dans l'expérience 3, du fait de l'augmentation de la distance relative entre exemplaires isolés et non isolés, des effets de discrimination sont observés quelle que soit la condition d'apprentissage. De plus, dans cette expérience, nous avons pu mettre en évidence que la probabilité de discriminer un exemplaire intra-catégorie est bien tributaire du nombre de propriétés qui diffèrent entre un exemplaire donné et l'ensemble des exemplaires

de la catégorie (voir, RULEX, Nosofsky, Palmery & Kinley, 1994). En effet, l'exemplaire qui diffère selon deux propriétés (*i.e.* couleur et son) a une probabilité plus importante d'être reconnu que l'exemplaire qui diffère selon une propriété (*i.e.* la couleur). Nous rediscuterons de cet effet particulier dans les chapitres suivants.

## Une mémoire basée sur des exemplaires et des propriétés

La question de savoir si l'émergence d'unité catégorielle est basée sur des exemplaires/traces (*i.e.* empreinte globale, Goldstone, 1998) ou des propriétés (*i.e.* empreinte propriété, Goldstone, 1998) n'est pas sans importance. En effet cela renvoie à la question des processus d'encodage en mémoire ainsi qu'à des modélisations différentes (Hintzman, 1986 ; 1988 vs. McClelland & Rumelhart, 1985 ; Rumelhart & Zimmer, 1985 ; pour une revue voir Hintzman, 1990).

D'après les travaux de Goldstone, il existerait deux mécanismes impliqués dans l'apprentissage perceptif d'une catégorie (voir figure 17) : un mécanisme de « *unitization* » et un mécanisme de « *differentiation* » (pour une revue voir Goldstone, 1998).

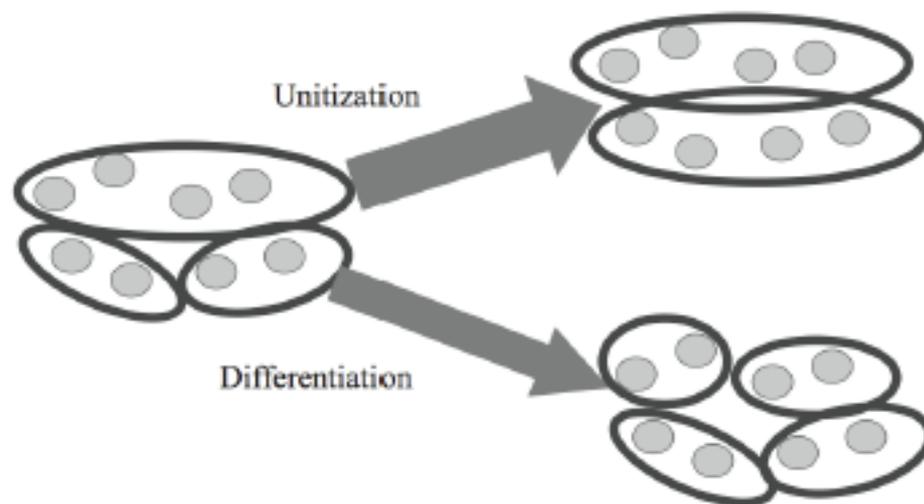


Figure 17 : Illustration des mécanismes d'unitization et de différentiation, d'après Goldstone et al. (2004). Les propriétés d'un stimulus sont représentées par des cercles et la fusion entre ces propriétés est représentée par des ovals.

L'idée principale est que l'acquisition de la catégorie est basée sur l'extraction, au cours du fonctionnement, de propriétés, qui deviennent donc des unités fonctionnelles (Schyns, Goldstone & Thibaut, 1998). Les mécanismes d'*unitization* et de *differentiation* sont à la base de cette extraction, et interviennent au niveau des propriétés en modifiant l'organisation initiale des stimuli. En ce sens, l'*unitization* est le mécanisme qui permet la création de nouvelles propriétés pendant l'apprentissage perceptif en combinant des propriétés séparées en une nouvelle propriété (voir Goldstone, 2000). Pour Goldstone et collaborateurs (2004), ce mécanisme intervient lorsque des propriétés isolées co-varient

ensemble et que leur cooccurrence prédit une importante catégorisation. Contrairement à l'*unitization*, le mécanisme de *differenciation* est le mécanisme qui permet la dissociation de propriétés initialement fusionnées (Goldstone, 1998; Golstone & Steyvers, 2001; Goldstone et al., 2004). Ces deux mécanismes ne sont pas indépendants et interviennent conjointement lors de l'apprentissage d'une catégorie. En fait, les résultats que nous avons précédemment décrits comme étant un apport aux modèles d'exemplaires et plus largement au modèle d'appariement global (Brunel et al., 2009b ; *en révision a*) peuvent être totalement expliqués suivant cette conception.

Par exemple dans l'expérience 1 (voir figure 13a), nous avons mis en évidence que la figure isolée présentée en condition HF (*i.e.* non associée à du son lors de l'apprentissage) ne se différenciait pas des autres figures de sa catégorie (*i.e.* associées à du son lors de l'apprentissage) en termes d'amorçage et n'était pas non plus reconnue. En revanche, la figure isolée présentée en BF (*i.e.* associée à du son lors de l'apprentissage) se différenciait des autres figures de sa catégorie (*i.e.* non associées à du son lors de l'apprentissage) en termes d'amorçage et au niveau de la reconnaissance.

Or, suivant le mécanisme d'*unitization*, si lors de l'apprentissage les régularités entre les propriétés prédisent une importante catégorisation, ces propriétés ont alors tendance à être fusionnées au sein d'une nouvelle propriété (*i.e.* une propriété « *unitized* »). Dans ce cadre, les effets engendrés par les deux figures isolées (respectivement un effet de généralisation pour la figure isolée vue en HF et un effet de discrimination pour la figure isolée vue en BF) peuvent alors être expliqués par la création de deux nouvelles propriétés lors de l'apprentissage. Compte tenu des manipulations expérimentales<sup>22</sup> introduites, les participants ont très bien pu construire deux propriétés *unitized* qui capturent les régularités de la situation perceptive à l'issue de la phase d'apprentissage (voir figure 18). Par conséquent, les propriétés *unitized* sont une propriété « forme/son » qui capture les régularités de la condition HF et une propriété « couleur/son » qui capture la régularité de la couleur (de la figure isolée BF) associée à la propriété sonore.

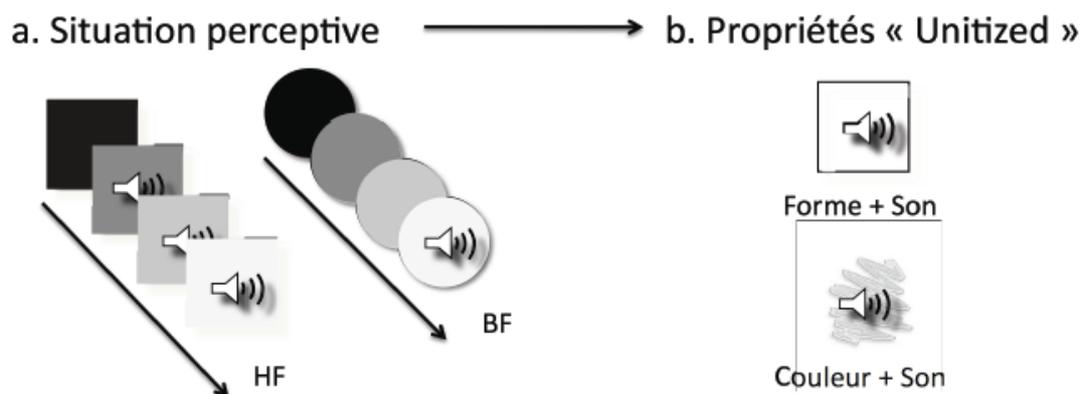


Figure 18 : Illustration du type de propriété *unitized* à l'issue d'une phase d'apprentissage. Panel a : situation perceptive simplifiée et présentée lors de la phase d'apprentissage ; Panel b : Création en mémoire de deux propriétés *unitized* (forme/son et couleur/son). Notes. HF : Haute fréquence d'association ; BF : Basse fréquence d'association.

<sup>22</sup> A savoir la fréquence d'association entre une forme et une propriété sonore, ainsi que l'association entre une propriété visuelle (e.g. une valeur de luminance) et une propriété sonore.

En effet d'après la figure 18, on comprend que la forme isolée vue en HF puisse réactiver une propriété sonore lors des différentes phases test, du fait qu'elle soit similaire à la propriété *unitized* « forme/son ». De même, on comprend que la forme isolée vue en BF puisse réactiver une propriété sonore lors des différentes phases test du fait que sa couleur soit similaire à la propriété couleur/son (voir aussi Howells, 1944). Puisque Medin, Goldstone, et Gentner (1990) sont arrivés à la conclusion que la création de nouvelles propriétés dépend de la variabilité de l'expérience perceptive (similarité et distance intra- et inter-catégorie), on peut dire que ce principe explicatif est alors cohérent avec l'ensemble des résultats en phases d'amorçage et de reconnaissance que nous avons obtenus dans nos expériences. L'existence d'un mécanisme d'*unitization* à l'encodage est alors clairement en faveur d'une conception où les informations sont stockées sous la forme de traces de type propriété (voir McClelland & Rumelhart, 1985) qui évoluent dans le temps et avec l'expérience (Schyns, Goldstone & Thibaut, 1998). L'activité catégorielle peut alors être basée uniquement sur un appariement du stimulus à traiter avec une propriété *unitized* ou non (voir la notion de simulateur de propriétés, Barsalou, 2005).

Pendant, il nous semble que cette explication est insuffisante pour rendre compte des résultats obtenus en reconnaissance dans l'expérience 3 (Brunel et al., en révision a). En effet, les deux figures isolées (vue en HF ou en BF) sont certes discriminées au-dessus du hasard, mais la figure isolée vue en BF à une probabilité plus importante d'être discriminée que la figure isolée vue en HF (voir figure 6). Si l'efficacité du traitement est uniquement basée sur des propriétés *unitized* (ici, couleur/son ou forme/son), il n'y a pas de raison d'observer de différences en reconnaissance entre les deux figures isolées. Pour nous, ce résultat suggère qu'un niveau de type exemplaire doit pouvoir exister lors du traitement. Nous proposons alors que ce niveau soit tributaire de l'intégration des propriétés précédemment *unitized* et nous reviendrons sur ce point lors de notre dernier chapitre. A noter qu'en proposant à la fois un simulateur de concepts et un simulateur de propriétés, Barsalou (2005) suppose que ces deux niveaux de représentation de l'information puisse exister, ce qui est cohérent avec des données en apprentissage perceptif (Turk-Browne et al., 2008).

Bien que les approches de mémoire basées sur des propriétés et celles basées sur des exemplaires divergent au niveau de la nature de l'information représentée en mémoire, en réalité, toutes deux sont fondamentalement dépendantes. En d'autres termes, la mémoire est constituée de traces distribuées intégrant les propriétés *unitized* ou non de l'expérience perceptive (voir chapitre 1). De plus, quelles que soient ces approches, l'efficacité du traitement catégoriel suppose un appariement entre une situation perceptive dans laquelle le traitement s'opère et des informations stockées en mémoire (propriété ou exemplaire) en fonction de leur similarité.

## Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de savoir si l'efficacité dans les activités de type catégoriel repose sur l'existence d'une unité abstraite apprise (e.g. un prototype) ou si elle dépend d'un appariement entre l'exemplaire à traiter et les exemplaires précédemment rencontrés ?

Nous avons pour cela en particulier présenté une étude réalisée au sein de notre équipe, permettant à la fois de départager les différents types de modélisation de l'activité de catégorisation (i.e. modèle prototypique, modèle à frontière décisionnelle, modèle

d'exemplaire, voir aussi Nosofsky & Stanton, 2005) et d'explorer les effets de généralisation et de discrimination liés à l'existence d'une catégorie multimodale. Les résultats de notre étude sont clairement en faveur d'une approche de la mémoire basée sur des exemplaires où ces derniers sont représentés comme des points distribués (selon des relations de similarité) dans un espace multidimensionnel multimodal. Ce constat vient clairement remettre en question l'idée selon laquelle l'efficacité du traitement catégoriel (e.g. la catégorisation) fait appel à une unité abstraite (e.g. le prototype) de plus « haut niveau » que l'épisode (*i.e.* une dichotomie sur la base du degré d'abstraction des connaissances, Tulving, 1972). En d'autres termes, le traitement catégoriel implique plutôt un appariement entre un stimulus à traiter et les exemplaires en mémoire.

De plus, nous avons brièvement évoqué le fait que la probabilité de catégoriser un item puisse être déterminée par un appariement sur une propriété *unitized* (Goldstone, 2000 ; Goldstone et al., 2004, voir simulateur de propriétés, Barsalou, 2005) ou être déterminée par un appariement sur un ensemble d'exemplaires suffisamment similaires (Nosofsky, 1986 ; 1991, voir simulateur de concepts, Barsalou, 2005). Cette flexibilité apparente de l'encodage et de la récupération en mémoire sera un point crucial dans le développement des chapitres suivants.

Un point important, que nous n'avons pas évoqué lors de ce chapitre, est la question de la conscience associée à « l'apprentissage » de la catégorie (pour un questionnement similaire à l'aide du paradigme AGL<sup>23</sup>, voir Scott & Dienes, 2008). En effet, certains modèles supposent que l'apprentissage de catégorie (et par conséquent sa représentation en mémoire) puisse être supporté par plusieurs systèmes : un système implicite et un système explicite (e.g. le modèle COVIS, Ashby et al., 1998 ; pour une revue voir Ashby & Maddox, 2005).

Le modèle COVIS (COmpetition between Verbal and Implicit Systems) est un modèle neuropsychologique qui suppose l'existence de deux sous-systèmes de mémoire indépendants (*i.e.* implicite et explicite). Selon ce modèle, chacun des sous-systèmes sera capable d'acquérir de l'information catégorielle tout en étant en compétition. En d'autres termes, l'information catégorielle sera tributaire du sous-système implicite lorsque les règles de catégorisation sont non-verbalisables (e.g. tâches de temps de réaction sérielle ou plus largement les tâches intégratives selon Ashby & Maddox., 2005) ou plus largement lorsque l'apprentissage est non-supervisé. En revanche, lorsque l'apprentissage est supervisé ou lorsque la règle de catégorisation est clairement verbalisable, l'information catégorielle sera alors tributaire du sous-système explicite et ce même en cas de conflit avec une autre règle de catégorisation non verbalisable. Les notions d'indépendance et de compétition ont été évaluées à l'aide de la clinique des patients Parkinsoniens (Ashby et al. 1998) et de dissociations expérimentales (Ashby & Maddox, 2005).

A partir de nos expériences (Brunel et al., 2009a ; 2009b ; 2010 ; en révision a) nous ne pouvons directement critiquer cette modélisation, cependant elle nous permet d'introduire le prochain chapitre qui s'intéressera à l'émergence des connaissances à la conscience.

## En Résumé

<sup>23</sup> *Artificial Grammar Learning*

L'**efficacité** dans les activités catégorielles peut s'expliquer par **un appariement global** (*i.e.* calcul de similarité) entre un exemplaire à traiter et les multiples exemplaires stockés en mémoire. Ce calcul de **similarité** peut alors être opéré à la fois sur des dimensions perceptivement présentes ou non, ce qui suggère que la **catégorie** puisse être **multimodale**. De plus, la distribution des exemplaires (*i.e.* relation de distance) en mémoire est un facteur déterminant à l'observation d'effet de **généralisation ou discrimination**.

Mots clés : Modèles de la catégorie, Multimodalité, Généralisation, Discrimination.

# Chapitre III : Emergence à la conscience

## Introduction

Alors que dans le chapitre précédent, nous avons vu comment à partir de la formation de traces épisodiques et multimodales (voir Chapitre 1) le système pouvait expliquer la probabilité de fournir une réponse efficace dans les activités catégorielles (voir Chapitre 2), la question de l'expérience de conscience associée à la récupération est souvent un argument opposé aux modèles de mémoire basés sur un processus unique d'appariement global. Cette question renvoie à l'une des problématiques les plus étayées de la littérature sur la mémoire.

## Objectifs

---

Un des rares consensus en sciences cognitives est que la plupart de nos activités nécessitent la récupération d'une information en mémoire. Cependant, cette récupération n'est en aucun cas systématiquement associée à un sentiment de conscience. En effet, de nombreuses données sont en faveur d'une mémoire ou d'une perception sans cette dernière (pour une revue, voir Naccache, 2006 ; Schacter, 1987). D'un point de vue purement phénoménologique, il semblerait qu'il existe plusieurs niveaux (à défaut au moins deux) de conscience associée à la récupération d'une information en mémoire. Partant de ce constat, ce chapitre a pour objectif de référencer et de contraster les approches théoriques explicatives de tels phénomènes lors de la récupération.

Plus particulièrement, les trois premiers points du chapitre s'interrogeront sur : pourquoi et comment mettre en avant des dissociations sur la base d'un sentiment de conscience? Quelles sont les approches théoriques pertinentes pour interpréter ces dissociations? Et surtout, quelles tâches pour contraster ces approches ? Par conséquent, ces points seront consacrés à une brève revue de la littérature animée à la fois par la volonté de référencer les approches explicatives d'une dissociation entre les expériences de conscience associée à la récupération et de contraster ces approches à l'aide de paradigmes et de techniques expérimentales.

Dans ce chapitre, nous irons plus loin en précisant en quoi notre modèle est à même d'expliquer et de prédire l'expérience de conscience associée à la récupération. En d'autres termes, nous nous interrogerons sur l'apport d'introduire une notion d'émergence pour caractériser cette expérience. En cela, les deux derniers points du chapitre seront consacrés à l'explication des dissociations au sein de ACT-IN.

## Un Constat : de nombreux postulats liés aux méthodes de dissociation

Un point d'encrage à ce chapitre est la question des dissociations expérimentales. Avant de s'interroger sur les motivations à observer des dissociations entre les expériences de conscience ou encore sur l'interprétation de telles dissociations, il convient de définir de manière générale les méthodes expérimentales permettant de les observer. En d'autres termes, avant d'envisager les explications théoriques des dissociations, il convient de présenter et d'isoler certains des postulats liés aux techniques permettant l'observation de celles-ci.

Notons que, contrairement aux modèles de mémoire dit « *associationnistes* », les travaux expérimentaux cherchent souvent à mettre en évidence des dissociations (Hintzman, 1990). Classiquement, elles s'observent dans des tâches mnésiques qualitativement différentes (e.g. méthode de comparaison de tâche, voir Richardson-Klavehn & Bjork, 1988), grâce à une comparaison : 1) des performances comportementales d'individus sains et/ou pathologiques (cérébrolésés ou déments) ; 2) des activations cérébrales des mêmes individus dans des conditions expérimentales différentes. Nous verrons alors que les principales méthodes que nous décrivons s'imbriquent et se complètent (la dissociation fonctionnelle étant le niveau de base).

**DISSOCIATION FONCTIONNELLE** - Dans le cas de la dissociation fonctionnelle, le principe est relativement simple. Il existerait des facteurs expérimentaux (e.g. *la profondeur de traitement* ; Craik & Lockhart, 1972) capables d'influencer la récupération de l'information dans une situation donnée, c'est-à-dire pour un traitement donné, mais pas dans une autre. Le postulat de base de cette méthode est celui de *pureté* des tâches mnésiques. En d'autres termes, la réalisation d'une tâche mnésique donnée fait intervenir un processus ou un type de connaissance spécifique.

**DISSOCIATION NEUROPSYCHOLOGIQUE** - La dissociation neuropsychologique revient à appliquer le principe de dissociation fonctionnelle non plus avec des facteurs expérimentaux mais avec des patients atteints de lésions ou d'une pathologie cérébrale. On parle de simple dissociation neuropsychologique lorsqu'un patient (A) avec un site lésionnel précis échoue dans une situation de récupération donnée alors qu'un autre patient (B) avec un site lésionnel différent réussit cette même situation. On parle de double dissociation lorsque (B) échoue dans une situation où (A) réussit. En plus d'admettre le postulat lié à la dissociation fonctionnelle, cette méthode repose sur des postulats de *transparence* et de *modularité*. En d'autres termes, pour le postulat de *modularité*, une zone cérébrale implique une computation particulière (e.g. le gyrus fusiforme interviendrait uniquement dans le traitement des visages). Pour le postulat de *transparence*, si le traitement est perturbé suite à la lésion d'une zone cérébrale donnée, c'est que cette zone participe au traitement normal (e.g. si le traitement des visages est perturbé et que le gyrus fusiforme est lésé, le gyrus fusiforme intervient dans le traitement des visages).

**DISSOCIATION EN IMAGERIE CEREBRALE** – La dissociation en imagerie revient à appliquer le principe de dissociation fonctionnelle non plus avec des données comportementales mais avec des activations cérébrales. Cette méthode revient dans la plupart des cas à enregistrer les activités cérébrales d'un individu dans plusieurs conditions expérimentales et à les comparer systématiquement à une condition de base (*i.e.* méthode soustractive). Outre les postulats relatifs aux autres approches décrites précédemment, cette méthode repose sur celui de *corrélation entre efficacité comportementale et activité cérébrale*, c'est-à-dire qu'une activation accrue dans une zone cérébrale est un signe d'efficacité comportementale lors de la réalisation de la tâche par l'individu (ou dans la condition expérimentale) et donc cette zone intervient dans le traitement en cours.

**DISSOCIATION STATISTIQUE** - L'indépendance stochastique (voir Richardson-Klavehn & Bjork, 1988) repose sur la relation entre les performances obtenues à deux tâches mais sur le même matériel. Si les performances obtenues sur les deux tâches ne sont pas corrélées, cela signifie qu'elles exploitent différents types de connaissances ou processus. Or, cette hypothèse pose de sérieux problèmes méthodologiques : d'une part, elle correspond à l'hypothèse nulle (l'absence de corrélation ne permet pas de conclure à l'absence de lien), et d'autre part, certains auteurs ont mis en évidence une indépendance stochastique entre deux tâches supposées impliquer le même type de connaissances (Hayman & Tulving, 1989 ; Jacoby & Witherspoon, 1982 ; Shimamura, 1985 ; Witherspoon & Moscovitch, 1989).

Rappelons que ces méthodes dissociatives ne sont pas le propre de notre problématique (*i.e.* une mémoire avec ou sans conscience ?) mais qu'elles sont souvent utilisées dans le champ global de l'étude des fonctions cognitives. En ce qui nous concerne, il semblerait, d'une part, que l'activité de récupération peut être sélectivement perturbée dans le cas de la pathologie, ou améliorée dans le cas des travaux en psychologie cognitive, et, d'autre part, il semblerait que les multiples activités de récupération (*i.e.* les multiples tâches) semblent impliquer une récupération qualitativement différente en fonction du type d'activité mnésique. Dans le point suivant, il s'agira alors de comprendre tout l'enjeu théorique lié à l'observation de dissociations. En effet, en fonction du cadre théorique sous-jacent, les dissociations peuvent alors servir comme justification à l'existence de connaissances qualitativement différentes (*i.e.* approche multisystémique) ou à l'existence de processus de récupération qualitativement différents (*i.e.* approche fonctionnelle).

## Des explications multisystemiques vs. fonctionnelles aux dissociations

Dans le cadre d'une approche multisystémique (Squire, 1987 ; 1992a ; 1992b ; Tulving, 1985a ; 1985b), une dissociation donnée va être interprétée comme la conséquence d'une différence qualitative entre deux sous-systèmes de mémoire (*i.e.* deux types de connaissances). Le problème majeur de cette conception (souvent tributaire de données neuropsychologiques) va être de justifier *a posteriori* une dissociation donnée par la création d'un nouveau sous-système mnésique.

En revanche, dans le cadre d'une approche fonctionnaliste, les dissociations entre les mesures vont s'observer lorsque les tâches font références à des processus différents. La notion de concordance (ou de compatibilité) de traitement est capable d'expliquer un panel important de dissociations (Blaxton, 1989 ; Kolers & Roediger, 1984 ; Roediger & Blaxton, 1987). Par exemple, si le traitement engagé dans une tâche préalable (*e.g.* lecture de mots) est compatible avec le traitement nécessaire à l'accomplissement d'une tâche mnésique (*e.g.* identification de mots masqués), les performances comportementales seront meilleures que si la tâche mnésique implique un autre traitement (*e.g.* reconnaissance) ou si la tâche préalable en nécessite un différent (*e.g.* génération de mots) (Jacoby & Dallas, 1981). Cependant, cette approche suppose alors l'existence d'une multitude de processus de récupération en mémoire en fonction des multiples formes d'acquisition des connaissances.

## L'expérience de conscience : Une caractéristique systémique ?

D'un point de vue empirique, nous pouvons dissocier des activités dont la réalisation nécessite la récupération d'une information en mémoire (ou une habilité) qui ne s'accompagne pas d'une expérience consciente, et inversement des activités dont la réalisation implique une récupération nécessairement accompagnée d'un accès à la conscience. Par exemple, au volant d'une voiture, le changement de rapport (*i.e.* une succession motrice complexe impliquant plusieurs membres effecteurs) se fait sans prise de conscience (à condition que nous ne soyons pas un conducteur novice). Par contre, lorsqu'il s'agit d'expliquer le changement de rapport (à ses enfants qui font la conduite accompagnée par exemple), cette connaissance est alors accessible consciemment. Il semble donc que, qualitativement, ces deux expériences de récupération soient dissociables selon le niveau de conscience associé à la récupération.

Tulving (1985a, 1985b) est un des premiers auteurs à s'être intéressé à la dissociation entre des niveaux de conscience associée à la récupération. Pour ce dernier, l'expérience de récupération peut être associée à trois niveaux de conscience distincts<sup>24</sup> : 1) un niveau de conscience anoétique (absence de conscience) ; 2) un niveau de conscience noétique (sentiment de connaître) ; 3) un niveau de conscience auto-noétique (sentiment associé à la récupération d'une connaissance spécifique). Pour Tulving, ces niveaux de conscience correspondent à la récupération d'un type d'information, respectivement 1) des habilités cognitives ou motrices, 2) des connaissances sémantiques, 3) des connaissances épisodiques. Chaque niveau de conscience serait plus largement une propriété d'un sous-système de mémoire, respectivement 1) procédural, 2) sémantique, 3) épisodique. Contrairement à Tulving, Squire (1987, 1992a ; 1992b) identifie seulement deux niveaux de conscience associés à la récupération (et plus largement deux modes d'accès) : conscient vs. non-conscient. Comme pour Tulving, ces deux états dissociables à la récupération sont considérés comme une propriété de sous-système de mémoire (respectivement une mémoire déclarative vs. une mémoire non-déclarative). Au sein de ces modèles<sup>25</sup> (Tulving, 1985b ; Squire, 1987), l'expérience de conscience lors de la récupération est intrinsèquement liée aux caractéristiques du système dans lequel la connaissance est récupérée (en conséquence, une propriété d'un type de connaissance). Si l'on reprend notre exemple de la conduite automobile, le fait de conduire ou d'enseigner la conduite (ici, le changement de rapport) fait clairement appel à deux sous-systèmes de mémoire distincts.

Cette idée a été récemment critiquée par Reder et collaborateurs (2009 ; voir aussi Jacoby, 1991 ; Mandler, 1980 ; 1991 ; pour une étude en imagerie Turk-Browne, Yi, Chun, 2006). En effet, selon les auteurs, plutôt que de correspondre à des sous-systèmes de mémoire indépendants (*e.g.* mémoire implicite vs. mémoire explicite, Graf & Schacter,

<sup>24</sup> Le Paradigme RK (Remember, / Know ) est une procédure expérimentale permettant l'observation de ces niveaux de conscience. (Gardiner, Ramponi & Richardson-Klavehn, 2002 ; Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000). Classiquement, ce paradigme est couplé à une tâche de reconnaissance où les participants indiquent pour chaque réponse « ancien » l'expérience de conscience subjective qu'ils associent à cette récupération. Le participant est invité à donner une réponse *Remember* lorsqu'il estime avoir basé celle-ci sur la récupération de détails contextuels et une réponse *Know* lorsqu'il estime l'avoir basée sur un sentiment de familiarité. Nous ne développerons pas plus le paradigme RK car il suppose que chaque réponse R ou K soit supportée par des connaissances qualitativement différentes (Gardiner, Ramponi & Richardson-Klavehn, 2002) et que ces réponses soient clairement attribuées respectivement aux processus de recollection et de familiarité que nous développerons ultérieurement (Yonelinas et al., 1996 ; Meiser, Sattler & Weiber, 2008).

<sup>25</sup> Souvent considérés comme des modèles neuropsychologiques.

1985<sup>26</sup>), les termes *implicite* et *explicite* correspondent plutôt à des propriétés des tâches mnésiques qui font intervenir **les mêmes représentations** afin d'être réalisées.

## Un Constat : Une Dissociation expérimentale robuste

---

A partir de ce point, on ne peut négliger les dissociations qui ont été mises en évidence dans les travaux en psychologie cognitive ou en neuropsychologie. Si une approche abstractionniste et multisystémique est critiquée, ces faits doivent être réinterprétés dans d'autres cadres théoriques. La question des tâches mnésiques semble dans un premier temps intéressante à discuter. Si on se centre sur la nature des activités, on peut proposer une dichotomie sur la base de la nécessité d'accéder ou non à un épisode préalable afin de réaliser la tâche (Tâches directes vs. Indirectes, Jonhson & Hasher, 1987 ; Tâches incidentes vs. intentionnelles, Jacoby, 1984 ; Tâches explicites vs. Implicites, Graf & Schacter, 1985). Plus particulièrement, les tâches directes (e.g. rappel, reconnaissance) sont des tâches où les instructions lors du test de mémoire font référence à un événement cible dans l'histoire du sujet (*i.e.* Contexte spatiotemporel spécifique). La réussite à ce type de tâche est un indicateur comportemental montrant que le sujet a des connaissances spécifiques sur un événement. Les tâches indirectes sont des tâches qui mesurent l'effet de la récupération sur une tâche (e.g. discrimination perceptive, décision lexicale, complétion de mots, catégorisation) qui demande le traitement d'une information sans avoir de référence directe à une présentation préalable de cette information (tâche non explicitement mnésique). La mesure ici est issue de la comparaison entre deux enregistrements.

Il existe alors de nombreux arguments en psychologie expérimentale en faveur d'une dissociation robuste entre ces deux types de tâches (pour une revue voir Reder, Park & Kiefabber, 2009 ; Richardson-Klavehn & Bjork, 1988). Il en résulte que les performances des individus dans des tâches directes sont plutôt sensibles à la manipulation de la nature des traitements engagés lors de l'encodage (e.g. profondeur de traitements, Craik & Lockhart, 1972) et aux changements de contexte spatio-temporel lors de la récupération (e.g. Tulving & Thompson, 1973), alors que dans les tâches indirectes, les performances des individus semblent uniquement influencées par le degré de concordance entre les caractéristiques perceptives des items à l'encodage et à la récupération (Blaxton, 1989 ; Roediger & Blaxton, 1987). De plus, dans le cas des démences ou des amnésies, les auteurs s'accordent à dire que les performances dans les tâches directes sont sélectivement altérées, ce qui se traduit par des compétences préservées dans les tâches indirectes (pour des exemples avec des mesures comportementales voir Graf, Squire & Mandler, 1984 ; pour une revue voir Shimamura, 1986 ; ou des mesures physiologiques, Diamond et al. *in press*).

Compte tenu de l'accumulation d'évidences, on ne peut qu'accepter l'existence d'une dissociation simple robuste entre les mesures directes et indirectes de la mémoire. Plus particulièrement, on s'aperçoit que les tâches directes sont clairement plus sensibles aux manipulations expérimentales que les tâches indirectes, de même que la neuropsychologie cognitive nous montre que les patients amnésiques ont une probabilité plus importante d'être perturbés lorsqu'ils sont testés dans des tâches directes que dans des tâches indirectes<sup>27</sup>.

<sup>26</sup> Etude princeps de la littérature sur la mémoire implicite et explicite.

<sup>27</sup> A notre connaissance, rares sont les études qui ont mis un pattern de double dissociation (Ashby et al., 1998 ; Gabrieli et al., 1995 ; Knowlton, Mangels & Squire, 1996). L'étude de Gabrieli et collaborateurs (1995) a pu mettre en évidence un ce pattern avec notamment un patient (M.S, lésion des aires visuelles primaires) déficitaire dans une tâche indirecte (*i.e.* complétion trigramme)

## Processus de Récupération : Singulier ou Pluriel ?

Si une approche abstractionniste de la mémoire n'est pas la plus appropriée pour rendre compte de la dissociation robuste précédemment évoquée, comment une approche non-abstractionniste et fonctionnelle est capable de rendre compte de ces données ? Les approches non-abstractionnistes s'accordent à dire qu'il n'est pas nécessaire de distinguer des représentations abstraites de traces qui conserveraient des expériences spécifiques (voir aussi chapitre 2). Dans ce cas, il existerait plusieurs processus de récupération pour une même connaissance (pour une revue voir Roediger, 1990).

### Deux Processus et une méthode

Les trois approches que nous décrivons s'accordent autour de l'acceptation de deux processus de récupération en mémoire. Elles sont alors à même d'expliquer les dissociations entre les mesures soit par des propriétés intrinsèques des tâches mnésiques (Mandler, 1980), soit par une sensibilité de la tâche à un type de processus (Roediger & Blaxton, 1987) ou, encore, soit par des propriétés intrinsèques des processus (Jacoby, 1991).

**ACTIVATION/INTEGRATION vs. ELABORATION** : Les travaux de Mandler (Graf & Mandler, 1984 ; Mandler, 1980, 1991 ; Mandler, Graf & Craft, 1986) illustrent parfaitement la nécessité de considérer deux processus de récupération en mémoire pour rendre compte des dissociations entre les activités mnésiques conscientes et non-conscientes. Pour ces auteurs, la représentation mnésique (ou schéma) d'un événement reflète les liens durables entre les composants sémantiques et perceptifs (voir le modèle *Source Activation Confusion*, Reder et al., 2009). Le traitement d'un événement implique l'activation d'un schéma et des activations réciproques vers ces composants (McClelland & Rumelhart, 1985 ; Rumelhart & Zimmer, 1985). Ces activations réciproques vont venir renforcer la représentation (*i.e.* intégration) rendant cette dernière plus accessible en mémoire. Contrairement à l'activation – intégration, l'élaboration permet la création de nouveaux liens fonctionnels entre des événements ou entre un événement et un contexte particulier. En résumé, le traitement d'un événement (un mot par exemple) implique un processus d'activation et d'intégration de ces composants en mémoire, ce qui augmente la probabilité de produire la réponse adaptée au traitement (par exemple la production du mot). En revanche, le processus d'élaboration interviendrait lorsque le traitement mnésique implique de percevoir des relations précédemment établies entre des événements non-reliés (*e.g.* association arbitraire entre des mots, Graf & Schacter, 1985) ou entre un événement et son contexte. Dans ce cadre, les dissociations observées reposeraient sur l'intervention de deux processus lors de la récupération dans des tâches indirectes et des tâches directes.

**DATA DRIVEN vs. CONCEPTUALLY DRIVEN** – Ici, les définitions de *data driven* vs. *conceptually driven* renvoient à une taxonomie des processus nécessaires pour réaliser la tâche de mémoire (Roediger & Blaxton, 1987). En ce sens, les tâches de mémoire directe impliquent plus des processus guidés par de l'information conceptuelle (*conceptually driven*) que des processus guidés par de l'information perceptive (*data driven*) puisque, pour réaliser la tâche, l'individu doit reconstruire mentalement un épisode précédent. À l'inverse, les tâches indirectes testent plus souvent des processus guidés par des informations perceptives parce que les participants doivent se focaliser sur celles-ci pour réaliser la tâche. Dans ce cas, les dissociations observées entre les mesures directes et indirectes

mais pas dans une tâche directe (*i.e.* reconnaissance visuelle) contrairement à des patients amnésiques (lésions hippocampiques) qui présentent le pattern inverse.

reposeraient à la fois sur la nature de l'information préalablement traitée et le processus engagé dans la tâche mnésique (*i.e.* concordance de traitements, Blaxton, 1989).

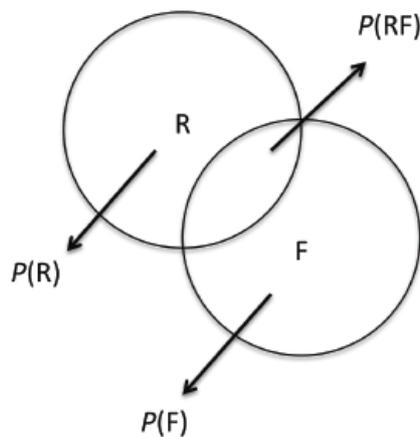
*FAMILIARITE vs. RECOLLECTION* – Pour Jacoby (1991), les dissociations observées dans les tâches directes et indirectes reflètent une *distinction de processus* entre les processus intentionnels et les automatiques. L'auteur définit les processus automatiques en lien avec les processus perceptifs non conscients dans le sens où les processus perceptifs peuvent être discutés en terme d'automatisme (*i.e.* en dehors ou non, de l'attention et de l'intentionnalité). Les processus automatiques sont alors à la fois une source de facilitation et une source de perturbation du traitement mnésique, à l'inverse des processus intentionnels. Jacoby va labéliser ces processus automatiques ou intentionnels sous les termes de *familiarité* (*i.e.* un processus automatique, pas nécessairement conscient<sup>28</sup>, en lien avec la fluence perceptive et conceptuelle) et de *recollection* (*i.e.* un processus stratégique, contrôlé et nécessairement conscient). En ce sens, la recollection est un processus relativement lent qui consiste en la récupération de détails spécifiques associés à la présentation préalable d'un item en mémoire. A l'inverse, la familiarité est un processus relativement rapide qui permet de détecter si un item a été déjà rencontré même si les détails contextuels ne peuvent pas être récupérés (Jacoby, 1991 ; Jacoby, Thot & Yonelinas, 1993 ; Jacoby, Yonelinas & Jennings, 1997 ; Thibiergen, 1997 ; Yonelinas, 1994 ). Un point primordial dans cette approche est que ces deux processus sont, ici, nécessairement indépendants, c'est-à-dire qu'ils impactent de manière indépendante le contenu de la récupération.

Rappelons qu'un des postulats sous-jacents à la dissociation fonctionnelle est que la tâche (directe ou indirecte) est une évaluation « pure » du processus ou du système impliqué dans la réalisation de celle-ci. Or, dans le cas de la reconnaissance<sup>29</sup> par exemple, la tâche peut s'accomplir avec ou sans récupération consciente des détails spécifiques en phase d'étude (Roediger & Blaxton, 1987 ; Jacoby, 1991). Les auteurs ont alors cherché à rompre avec la conception qu'une tâche reflète une mesure « pure » et ils proposent qu'une même tâche puisse impliquer une mixture de processus. Comment alors départager l'impact des processus impliqués dans la tâche en cours ?

*LA METHODE DE DISSOCIATION DE PROCESSUS* - D'après Jacoby (1991), les processus de *familiarité* et de *recollection* interviennent dans l'expérience de récupération et impactent de manière indépendante les performances en récupération. La méthode de dissociation de processus repose sur l'indépendance entre ces deux processus et permet de « quantifier » l'implication respective de chacun sur l'activité mnésique en cours (Jacoby 1991 ; Jacoby, Thot & Yonelinas, 1993 ; Mulligan & Hirsman, 1997 ; Ratcliff, Van Zandt & McKoon, 1995 ; Wixted, 1997 ; Yonelinas, 1994 ; voir figure 19).

<sup>28</sup> Sentiment de familiarité.

<sup>29</sup> Nous reviendrons ultérieurement sur cette tâche.



$$\begin{aligned}
 (1) \quad & P(\text{Inclusion}) = P(R) + P(F) - P(F) \times P(R) \\
 & P(I) = P(R) + P(F)[1 - P(R)] \\
 (2) \quad & P(\text{Exclusion}) = P(F) - P(F) \times P(R) \\
 & P(E) = P(F)[1 - P(R)] \\
 (3) \quad & P(R) = P(I) - P(E) \\
 (4) \quad & P(F) = \frac{P(E)}{1 - P(R)}
 \end{aligned}$$

Figure 19 : Illustration de la méthode de dissociation de processus, d'après Jacoby, 1991 ; Yonelinas, 1994.

Pour plus de clarté, nous illustrerons cette méthode par un exemple issu de la littérature (Yonelinas, 1994). Dans cette étude, les participants apprenaient deux listes de mots clairement identifiées (liste 1 et liste 2). Dans une première tâche de reconnaissance, les participants devaient répondre « ancien » aux items de la liste 1 et « nouveau » aux items de la liste 2 et pour des items effectivement nouveaux (*i.e.* condition d'inclusion pour les items de la liste 1 et d'exclusion pour les items de la liste 2). Ensuite, dans une deuxième tâche de reconnaissance, les participants devaient répondre « nouveau » pour les items de la liste 1 (ainsi que pour les nouveaux items) et « ancien » pour les items de la liste 2 (*i.e.* condition d'exclusion pour les items de la liste 1 et d'inclusion pour les items de la liste 2). Ainsi, la probabilité de répondre « ancien » pour les items d'une liste donnée (réponses correctes dans le premier test et erreurs dans le deuxième test) permet une estimation des réponses guidées par un processus de *familiarité* ou de *recollection*, et ce en fonction de la condition d'inclusion et d'exclusion. Dans la condition d'inclusion (Figure 19, équation 1) à la fois les processus de *familiarité* et de *recollection* vont supporter les réponses correctes et dans la condition d'exclusion (Figure 19, équation 2), seul le processus de *familiarité* va venir supporter les réponses incorrectes. Donc, une estimation des réponses basées sur le processus de *recollection* se fait par la soustraction entre les probabilités dans les conditions d'inclusion et d'exclusion (Figure 19, équation 3), et une estimation des réponses basées sur le processus de *familiarité* se fait selon le ratio entre la probabilité de condition d'inclusion et la probabilité inverse de répondre grâce au processus de *recollection* (Figure 18, équation 4).

Cette méthode qui permet une estimation de la probabilité de récupérer un item à l'aide de l'un ou de l'autre des processus a été validée grâce à des manipulations expérimentales (*e.g.* attention divisée vs. attention pleine pendant la phase test, Jacoby, 1991) et dans un ensemble de tâches directes et indirectes (Jacoby, Yonelinas & Jennings, 1997).

### Un Processus d'appariement global

D'après certains modèles (SAM, Guillard & Shiffrin, 1984 ; MINERVA 2, Hintzman, 1986 ; 1988 ; SIMPLE, Nairne, 1990 ; 2006 ; GCM, Nosofsky, 1986 ; 1991), la récupération en mémoire se fait selon un processus d'appariement global entre un stimulus (ou un indice, Nairne, 2006) sur lequel le traitement mnésique opère et l'ensemble des connaissances

(traces ou exemplaires) en mémoire. Rappelons que, selon Versace et collaborateurs (2009), ce processus d'appariement possède une dynamique et est suffisamment flexible pour correspondre aux exigences de l'activité mnésique en cours (voir conclusion chapitre 2). En ce sens, les auteurs définissent le processus de récupération en mémoire (*i.e.* l'émergence) comme articulé autour de deux mécanismes : l'activation et l'intégration. Tout traitement mnésique va alors impliquer l'activation de traces mnésiques antérieures, ces activations s'accompagnant généralement d'intégrations progressives des composants des traces, activations et intégrations permettant de produire une réponse adaptée à la situation en cours. Nous reviendrons plus tard sur la question de l'émergence.

Nous avons choisi de présenter ici le modèle SAM (*Search for associative Memory*, Gillund & Shiffrin, 1984 ; Ratcliff, Van Zandt & McKoon, 1995) pour illustrer les approches qui reposent sur un processus d'appariement global. De manière générale, la majeure partie de ces modèles supposent que les dissociations observées dans les tâches dépendent d'un processus d'appariement global (*i.e.* l'équivalent de la *familiarité*) tributaire de la force de la trace en mémoire. Dans le cas de l'ensemble de ces modèles, les items appris sont encodés en mémoire et au moment de la récupération, l'appariement se fait en fonction d'eux. La particularité de SAM est de stocker avec l'item son poids (force de l'item) en fonction de sa probabilité de servir d'item test ou d'indice au moment du test. Cette probabilité va alors être tributaire de sa force d'association avec les autres items (force inter-item) et de celle avec le contexte d'apprentissage (force du contexte). La probabilité de récupérer un item en mémoire associé ou non à une expérience de type *recollective*, est alors prédite en fonction de la somme des relations multiplicatives<sup>30</sup> entre chacune de ces forces (item/inter-item/contexte). Un point important est que SAM est tout à fait capable à l'aide d'un processus d'appariement global (*i.e.* *familiarité*) de simuler les données prédites et observées avec la méthode de dissociation de processus (Ratcliff, Van Zandt & McKoon, 1995) qui, elle, suppose l'existence de processus de récupération indépendants.

Au sein des modèles non-abstractionnistes, il existe donc deux approches concurrentes pour expliquer la dissociation expérimentale robuste précédemment évoquée : les approches basées sur deux processus de récupération (*i.e.* *dual process theory*, pour une revue voir Yonelinas, 2002) et les approches basées sur un seul processus de récupération (*i.e.* *single process theory*). Comment alors départager ces approches ? Selon Jacoby (1991), la reconnaissance est une tâche de mémoire clé pour départager l'intervention des processus lors de la récupération. Aujourd'hui, elle est devenue la tâche permettant de contraster les approches théoriques (voir Malmberg, 2008). Dans le point suivant, nous présenterons alors des modèles basés sur des notions de TDS (Théorie de la détection du signal, Green & Swets 1966) pertinent pour chacune des approches (*i.e.* *dual vs. single*).

## Des Modèles de reconnaissance basés sur des notions de TDS

Suivant une définition minimaliste, la reconnaissance peut être considérée comme une activité qui consiste à détecter un signal parmi du bruit. Nous n'aborderons dans ce point que le cas de la reconnaissance d'items seuls, et pas d'autres formes de reconnaissance

<sup>30</sup> Pour le détail des computations voir Ratcliff, Van Zandt & McKoon, 1995

comme la reconnaissance associative, la reconnaissance de la source (pour une revue sur l'activité de reconnaissance, voir Malmberg, 2008).

Nombreux auteurs (e.g. Jacoby, Thot & Yonelinas, 1993 ; Yonelinas, 1994) ont alors adopté la TDS pour caractériser l'activité de reconnaissance. La probabilité de répondre « ancien<sup>31</sup> » ou « nouveau<sup>32</sup> » est déterminée par deux fonctions gaussiennes de variance égale définies par deux paramètres (i.e. la moyenne et la variance). La force d'un item est alors représentée comme une valeur le long d'une unique dimension continue (voir Figure 20). Un indice de discrimination en mémoire est alors donné en fonction du chevauchement entre les courbes gaussiennes (respectivement « nouveau » et « ancien »). De plus, lorsque l'activité de reconnaissance est associée à une mesure qualitative (i.e. degré de certitude associé à chaque réponse « ancien » et « nouveau »), chaque niveau de certitude correspond à un seuil qui détermine la probabilité de discriminer un item pour chacun d'eux.

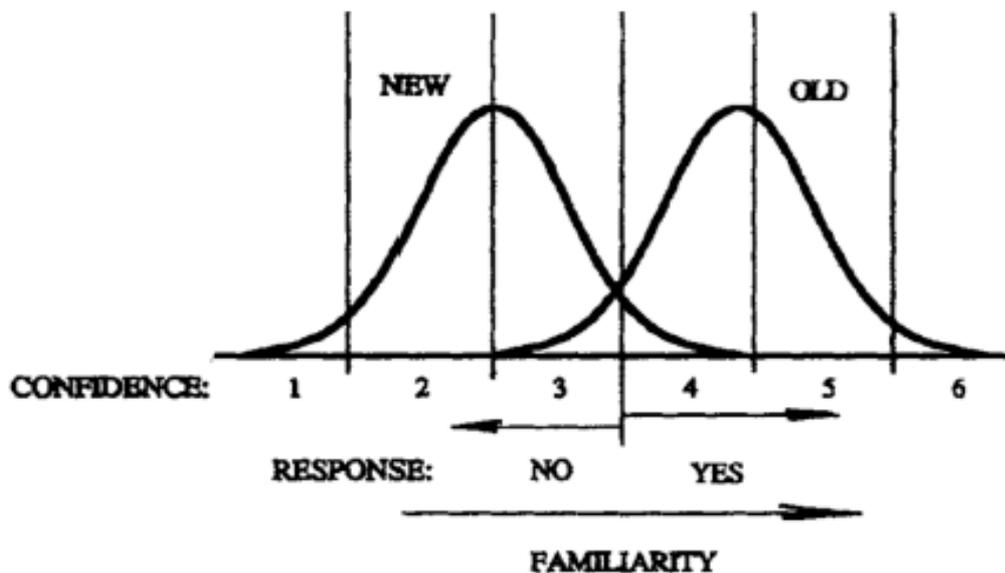


Figure 20 : Illustration de la TDS appliquée à la reconnaissance ou chaque réponse est associée à un degré de certitude (1 « sûr nouveau » et 6 « sûr ancien ») d'après Yonelinas (1994).

Quelles que soient les approches que nous décrivons, toutes supposent que la distribution gaussienne associée aux items nouveaux est nécessairement centrée réduite (). Les modèles divergent donc au niveau des paramètres de la distribution gaussienne associée aux items nouveaux ainsi que sur l'existence ou non d'un seuil de reconnaissance. Il existe alors trois grandes catégories de modèles de reconnaissance (pour une revue voir Yonelinas & Park, 2007) : des modèles uniquement basés sur l'existence d'un seuil, des modèles basés uniquement sur des notions de TDS, et des modèles hybrides. Pour des raisons de simplicité, nous ne traiterons pas des modèles à seuil<sup>33</sup>, mais des deux autres types de modèles. De plus, au niveau des modèles basés directement sur des notions de

<sup>31</sup> Une réponse correcte sera labellisée HIT et une réponse incorrecte FA (fausse alarme ou fausse reconnaissance, voir chapitre 4)

<sup>32</sup> Une réponse correcte sera labellisée RC (i.e. réjection correcte) et une réponse incorrecte O (i.e. omission)

<sup>33</sup> A noter que les modèles GCM, SAM, SIMPLE & MINERVA 2 définissent la reconnaissance comme une activité à seuil.

TDS nous n'évoquerons en détail que les modèles USVD et pour les modèles hybrides que les modèles DSPD – HT.

$$\mu = 0; \sigma_N = 1$$

*unequal variance signal detection model (UVSD, see Wixted, 2007)* – Les modèles UVSD supposent un processus unique (*i.e. single process*) lors de l'activité de reconnaissance et sont directement basés sur l'application de la théorie de la détection du signal. Ils sont cohérents avec les modèles basés sur un processus d'appariement global qui proposent que la force d'un item cible ou d'un indice est fonction de sa similarité avec les informations pertinentes encodées en mémoire (*e.g.* Berry, Shanks & Henson, 2008). On parle de modèle à variance inégale car le modèle prédit que, du fait de leur récente préexposition, la distribution des items anciens a une variance différente de celle des items nouveaux (). En d'autres termes, la distribution des items anciens n'est pas une distribution centrée réduite (contrairement au modèle EVSD<sup>34</sup>). Cependant, les modèles UVSD ne spécifient pas pourquoi (et comment) exactement la distribution des items anciens diffère de celle des nouveaux. Les principes de variabilité à l'encodage sont parfois évoqués pour expliquer ce phénomène (*e.g.* Hilford et al., 2002; Wixted, 2007). Pour Wixted (2007), les travaux expérimentaux obtenus en reconnaissance d'items (voir aussi en reconnaissance associative, mémoire de la source, paradigme RK) sont clairement en faveur des modèles USVD. A noter que dans ces modèles, l'expérience de conscience (*i.e.* en particulier les expériences de type *recollective*<sup>35</sup>) associée à la récupération est nécessairement un produit dérivé de la force des items en mémoire (Donaldson, 1996) et du degré d'appariement entre les items cibles et les items (ou trace) en mémoire (Arndt, 2010).

*Dual process Signal detection/ High threshold (DPSD- HT, voir Wixted, 2007)* – Les modèles DPSD-HT sont des modèles hybrides reposant à la fois sur des notions de TDS (*i.e.* une variance égale entre les distributions « ancien » et « nouveau » comme dans les modèle ESVD) et des notions de seuil élevé de reconnaissance. Chaque processus de récupération est alors caractérisé par une notion spécifique. En ce sens, le processus de *familiarité* refléterait un processus continu et pourrait donc prendre plusieurs valeurs (comme dans les modèles ESVD), alors que la *recollection* serait un processus caractérisé par un seuil (puisque tous les items ne sont pas récupérés avec des détails contextuels) au-delà duquel l'item est récupéré avec des détails contextuels (Yonelinas et al., 1998 ; voir Yonelinas, 2002 pour une distinction plus fine entre les conceptions de Jacoby et de Yonelinas au niveau des processus de familiarité et de recollection). Dans ces modèles, l'expérience de conscience associée à la récupération d'un item est très clairement tributaire de deux processus indépendants.

Pour la plupart des modèles *dual-process* et en particulier les modèles DPSD-HT, l'activité de reconnaissance (généralisable à l'ensemble des phénomènes de récupération) est basée sur deux processus différents et indépendants. Il existerait des réponses basées uniquement sur le processus de *familiarité* et, inversement, des réponses basées uniquement sur le processus de *recollection*. Ces modèles considèrent alors qu'il existe deux seuils de décision différents associés à chacun de ces processus (dans le cas du modèle de Yonelinas, un seuil continu pour la familiarité et un seuil fixe pour la recollection). Alors que dans les modèles UVSD, l'activité de reconnaissance est basée sur un seul processus pouvant faire intervenir une ou plusieurs sources d'informations différentes

<sup>34</sup> Equal variance signal détection (ESVD, voir Glanzer, Hilford & Kim, 2004 ; Hilford et al., 2002 ; Yonelinas & Park, 2007)

<sup>35</sup> Les expériences *recollectives* se caractérisent par la récupération de détails contextuels associés à l'item.

combinées dans un seul seuil de décision (e.g. Hintzman, 2001)<sup>36</sup>. La question cruciale est alors de savoir, comment départager ces deux conceptions<sup>37</sup>? Nous présenterons alors des analyses directement issues des conceptions de TDS : les analyses ROC et zROC. Dans ce cadre, elles sont des outils puissants pour évaluer l'influence de facteur expérimentaux sur l'activité de reconnaissance mais sont censées aussi être capables de départager les approches UVSD et DSPD-HT (pour une revue voir Yonelinas & Park, 2007).

## Les analyses ROC et zROC

Un point particulier concerne l'analyse de la courbe ROC (*i.e. Receiver operating characteristics*) dans le cas de la reconnaissance d'items. Les courbes ROC (voir figure 21) peuvent être obtenues de différentes manières mais la plus commune est la méthode du degré de confiance. Par exemple, après une phase d'étude dans laquelle des participants sont confrontés à une liste d'items, on peut proposer une tâche de reconnaissance en leur demandant d'indiquer pour chaque réponse leur degré de certitude sur une échelle (par exemple une échelle à 6 points, 1 « sûr nouveau » et 6 « sûr ancien »). La courbe ROC est alors une fonction cumulative qui représente la probabilité de répondre « ancien » correctement (HIT) en fonction de la probabilité d'une fausse alarme (FA) pour chaque niveau de certitude associé à chaque réponse. Ainsi, à la fois la proportion de HITs et de FAs augmente ou reste constante à mesure que le degré de certitude diminue. Afin de quantifier la courbe ROC, il est souvent admis de les « transformer » dans un espace z en prenant des scores z pour chaque point de la courbe (l'inverse d'une loi normale standard centrée réduite). Il en résulte une droite rectiligne (*i.e. une fonction affine de type :  $y = ax + b$* ) qui permet de capturer les déviations, par rapport à une pente idéale de 1 (correspondant à une courbe ROC symétrique). Dans ce cas, l'interception (*i.e. b*) peut être un indice de l'efficacité en reconnaissance et la pente (*i.e. a*) un indice de l'asymétrie de la courbe. Afin d'attester de la linéarité de la droite zROC, un indice de régression (*i.e. R<sup>2</sup>*) est généralement calculé.

<sup>36</sup> D'après Dunn (2008), on peut alors respectivement parler de modèle bidimensionnel ou unidimensionnel.

<sup>37</sup> Pour une revue des arguments empiriques en faveur des approches supportant deux processus de récupération indépendants, voir Yonelinas, 2002.

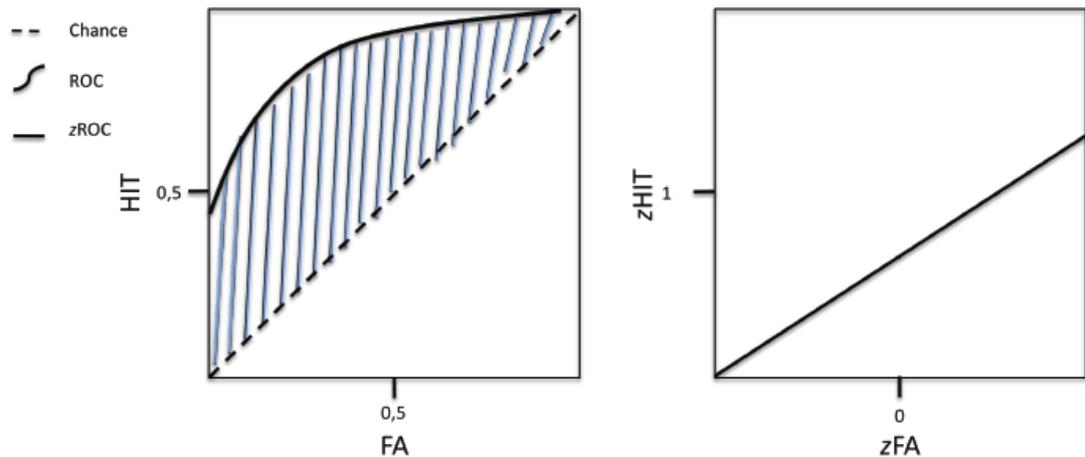


Figure 21 : Illustration d'une courbe ROC et zROC. La courbe ROC est tracée à partir d'un premier point A\*. Les points suivants sont établis à partir des coordonnées du premier point\*\*. La surface bleue représente un indice de discriminabilité en mémoire (d'). La courbe zROC est tracée à partir d'une projection de la courbe ROC dans un espace z standard.

[Accès à la note \* et \*\* :

$$x_a = P \left[ \frac{FA_a}{\text{Nouveau}} \right]; y_a = P \left[ \frac{Hit_a}{\text{Ancien}} \right] \text{ avec } a \text{ le degré de certitude le plus élevé.}$$

$$x_n = P \left[ \frac{FA_n}{\text{Nouveau}} \right] + P \left[ \frac{FA_{n-1}}{\text{Nouveau}} \right] + \dots + P \left[ \frac{FA_1}{\text{Nouveau}} \right]; y_n = P \left[ \frac{Hit_n}{\text{Ancien}} \right] + P \left[ \frac{Hit_{n-1}}{\text{Ancien}} \right] + \dots + P \left[ \frac{Hit_1}{\text{Ancien}} \right] \text{ avec } n \text{ le degré de certitude associé au point N de la courbe.}$$

]

## Un outil pour départager les approches ?

Comme nous l'avons évoqué, les analyses ROC et zROC sont censées pouvoir départager les modèles USVD et DSPD-HT. Nous verrons que ce n'est malheureusement pas le cas car les régularités observées dans ce type d'analyse (Hilford et al., 2002 ; Glenze, Hilford & Kim, 2004 ; Shimamura & Wickens, 2009), ainsi que les prédictions faites sur la variation des indices observés s'expliquent dans les deux approches. Premièrement, en ce qui concerne les analyses ROC et zROC, on remarque trois régularités :

**REGULARITE 1** - Dans le cas de l'étude des sujets sains, il semblerait que la courbe ROC soit une courbe en U-inversé asymétrique<sup>38</sup>. Dans les modèles USVD, la courbe ROC est asymétrique parce que la variance pour les distributions d'items « ancien » () et « nouveau » (□N) n'est pas la même. Dans les modèles DSPD, parce que la *familiarité* est censée refléter un processus de détection du signal, le modèle prédit des courbes ROC symétriques, mais comme la *recollection* est censée augmenter les HITs associés à un niveau de confiance élevé, la courbe ROC est asymétrique.

<sup>38</sup> A noter que les modèles à seuil de décision fixe sont incapables de rendre compte de ces régularités. Notamment ils prédisent une courbe ROC rectiligne et une courbe zROC en U-inversé dans le cas de la reconnaissance d'items.

*REGULARITE 2* - La transformation de la courbe ROC dans un espace z standard produit des droites zRoc rectilignes. Dans les deux modèles, cette régularité s'explique parce que la courbe ROC est proche d'une courbe gaussienne.

*REGULARITE 3* - La pente de la droite zROC est généralement inférieure à 1. Dans les deux modèles, cela s'explique parce que la courbe ROC est asymétrique. Plus particulièrement dans les modèles USVD, cela signifie que la déviation standard de la distribution des items anciens est plus grande que celle des nouveaux ( $\sigma_A > \sigma_N$ ). Alors que dans les modèles DSPD-HT, cela signifie que la probabilité d'avoir des HITs associés à un niveau de confiance élevé est censée augmenter avec la *recollection*.

Deuxièmement, les analyses des droites zROC (*i.e.*  $y = ax + b$ ) permettent d'isoler deux indices sensibles aux manipulations expérimentales. L'interception qui est dans les deux approches un indice de la sensibilité et donc une caractéristique de la distance entre les deux distributions (*i.e.* « ancien » et « nouveau »). En revanche, la pente capture l'asymétrie de la courbe ROC et est, pour les approches USVD, un indice de la variance de la distribution des items anciens en mémoire (*i.e.*  $\sigma_A$ ), alors que pour les approches DPSD-HT, c'est un indice du processus de recollection. Selon Yonelinas et Park (2007), les modèles USVD peuvent prédire une dissociation entre les deux indices de la droite zROC, à savoir la pente et l'interception, mais les conditions expérimentales pour observer un tel phénomène sont rarement précisées. En revanche, le modèle DSPD-HT prédit que les manipulations qui influencent préférentiellement la *recollection* (*e.g.* attention, Yonelinas, 1994) doivent influencer la pente et non l'interception des droites zROC. A l'inverse, des manipulations, comme le temps d'étude, influencent les deux processus et ont un effet préférentiellement sur l'interception alors que la pente reste constante (Yonelinas, 1994).

Nous garderons principalement de ce point que les analyses ROC et zROC semblent être des outils puissants pour quantifier et analyser les manipulations expérimentales sur l'activité de reconnaissance. Alors que les analyses ROC et zROC sont censées permettre de départager ces deux approches (*i.e.* basées sur un processus ou deux processus), la variabilité des courbes semblent être explicable dans les deux cas (*i.e.* Wixted, 2007 ; Dunn, 2008), bien que Yonelinas et Park (2007) affirment que pour rendre compte de l'ensemble des résultats obtenus à l'aide de ces analyses, les modèles actuels doivent inclure une distinction de type *dual-process* (*i.e.* *familiarité/recollection*).

Pour ce chapitre, nous arrêterons ici notre revue de la littérature<sup>39</sup> qui nous semblait nécessaire pour poser les bases de notre approche. En effet, pour expliquer la dissociation robuste entre les niveaux de conscience associée à la récupération d'une information,

<sup>39</sup> Alors que les modèles DSPD-HT ont peu évolué, les modèles ESVD ont évolué en modèles 2D-SDT (*two-dimensional signal-detection-theory*, Hilford et al., 2002 ; Shimamura & Wickens, 2009) qui conservent les propriétés des modèles ESVD mais incorporent une nouvelle distribution correspondant à la source.

nous avons confronté au sein des modèles non abstraits des approches basées sur l'existence de deux processus de récupération distincts (e.g. *Familiarité* et *Recollection*) par rapport à des approches qui supposent l'existence d'un seul processus de récupération (e.g. appariement global). La tâche de reconnaissance semblait être intéressante pour départager les conceptions liées à la récupération d'une information en mémoire mais les modèles explicatifs de cette activité restent encore à contraster.

Les deux points suivants seront donc principalement consacrés à notre modélisation et aux apports, d'une part, d'une notion d'émergence lors du processus de récupération, et, d'autre part, d'une relation qui unit activités de récupération, traces et conscience.

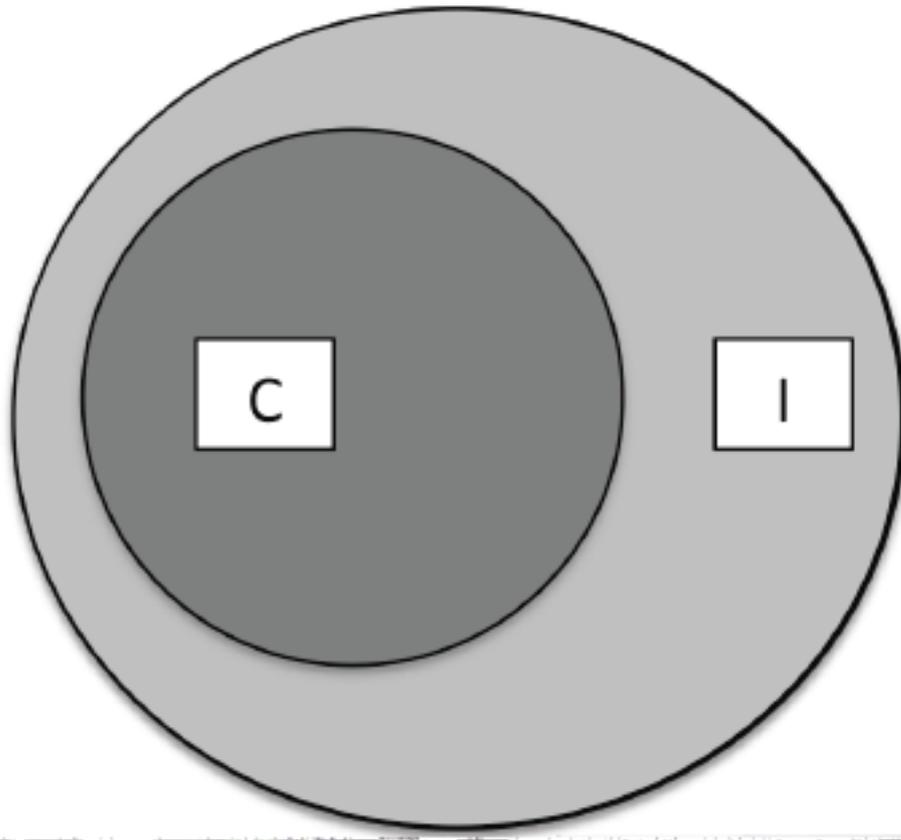
## Indépendance, redondance ou émergence ?

Bien que totalement inscrite dans une approche non-abstractionniste et fonctionnaliste (i.e. centrée sur l'importance de la manière d'acquérir et de restituer les connaissances, la performance mnésique s'explique en fonction de l'écart entre les deux), l'approche dans laquelle nous nous inscrivons se caractérise par un seul processus de récupération en mémoire : un processus d'appariement global dynamique (i.e. une émergence basée sur l'activation et l'intégration entre les traces). Ici, nous n'avons nullement la prétention d'aboutir à établir la véracité d'une position mais simplement de critiquer l'existence de deux processus distincts et indépendants pour introduire la notion d'émergence.

## Indépendance ou redondance ?

---

Rappelons que pour Jacoby (1991), les performances en récupération impliquent une part de processus conscients et inconscients (i.e. la *familiarité* et la *recollection*). Ces processus sont alors capables d'impacter de manière indépendante la probabilité de récupérer une information (voir le point sur la méthode de dissociation de processus et en particulier la figure 19).



*Figure 22: illustration d'une relation de redondance entre les processus de récupération conscients et inconscients en mémoire, d'après Joordens & Merikle (1993) ; Cowan (1995).*

Alors que les approches alternatives semblaient avoir été écartées par Jacoby, Thot & Yonelinas (1993), Joordens et Merikle (1993) ont clairement mis en évidence qu'une approche qui suppose une redondance (voir Figure 22) des processus conscients et inconscients pouvait concurrencer une approche basée sur l'indépendance. Le principe de redondance suppose alors que la performance en récupération peut être tributaire soit des processus inconscients seuls, soit à la fois des processus conscients et inconscients. La grande différence entre l'indépendance et la redondance est alors de dire que dans une situation donnée, la récupération peut être, dans le cas de l'indépendance, uniquement due à des processus conscients, alors que dans le cas de la redondance, elle repose sur une corrélation entre les processus conscients et inconscients.

Suivant cette proposition Cowan (1995) suggère que les processus conscients sont nécessairement enclavés dans les processus inconscients, et ce en s'appuyant sur le constat qu'il est très courant d'observer une récupération sans conscience, alors qu'à l'inverse, il paraît peu probable (voir inenvisageable) d'observer une récupération consciente qui n'ait pas été initiée par un vague sentiment de familiarité.

Que l'intervention des processus soit indépendante ou redondante, pourquoi la récupération d'un événement devrait nécessairement faire intervenir des processus distincts ?

## Un espace cérébral clé

---

Jusqu'à présent nous n'avions évoqué aucune donnée en imagerie cérébrale. La littérature dans ce domaine foisonne d'évidences en faveur d'une approche basée sur deux processus indépendants (e.g. Yonelinas et al., 2005). Cependant, il semblerait que l'ensemble des données en imagerie soient interprétables dans les deux approches (*i.e. dual ou single process* ; Squire, Wixted & Clark, 2007).

Toutefois, la question des relations entre mémoire et conscience peut s'inscrire dans un espace cérébral clé : le lobe temporal médian (Davachi, 2006 ; Eichenbaum, Yonelinas & Ranganath, 2007 ; Murray, Bussey & Saksida, 2007 ; Squire, Wixted & Clark, 2007). De nombreux auteurs s'accordent à dire que les activités de type *recollectives* sont essentiellement dues à une intégration des activités entre les zones dédiées aux traitements de l'item (cortex perirhinal, Taylor et al., 2006) et les zones dédiées aux traitements de la source (l'hippocampe). Des études cliniques ont mis en évidence que des patients avec une lésion sélective de l'hippocampe présentent un trouble sélectif des activités *recollectives* (*i.e. récupération de détails contextuels*). Mais dès lors que la lésion s'étend aux autres régions du complexe parahippocampique, à la fois les activités *recollectives* et la reconnaissance d'items sont altérées (voir Yonelinas et al., 2002 ; pour une étude avec sur les démences, voir Lee, Buckley et al., 2006).

## Vers une émergence

---

Si nous acceptons les assertions liées à la redondance, cela suppose tout de même l'existence de deux types de processus en mémoire. Or, même si nous comprenons les motivations à postuler l'existence de deux processus, qu'est-ce qui détermine qu'un processus va être conscient ou inconscient ? De plus, la redondance suppose une relation de dépendance entre ces processus, mais qu'elle va être alors la nature de chacun de ces processus au sein de cette relation ?

On peut alors supposer que le (ou les) processus engagé(s) lors de la récupération en mémoire d'une information ne soi(en)t pas nécessairement conscient(s) ou inconscient(s), mais que les expériences de conscience soient le produit de la récupération en mémoire (voir Donaldson, 1996). Nous irons plus loin en proposant que ces expériences sont nécessairement inscrites sur un continuum (de l'inconscient vers le totalement conscient), et ce parce qu'elles émergent à partir de l'intégration des multiples activations engendrées par les traitements dans chaque dimension de l'événement ou de l'item à récupérer. Pour Hintzman (2001), l'expérience de conscience associée à la récupération d'une trace est donc définie par l'intégration des états de chacune des dimensions de la trace (*i.e. sa fréquence et sa récence*) au moment de la récupération. Dans la fin de ce point, nous précisons: 1) pourquoi postuler un continuum de récupération ; 2) comment l'expérience de conscience peut-elle dépendre de l'intégration des activations de l'information en mémoire.

Un continuum de récupération -Nous avons emprunté l'idée d'un continuum à Leritz et collaborateurs (2006). En effet, les auteurs proposent, à partir de la clinique des patients souffrant d'épilepsie du lobe temporal, que la récupération dans une tâche donnée est tributaire du degré de fonctionnalité du complexe hippocampique (voir figure 23). En ce sens, la dichotomie directe vs. indirecte entre les tâches va alors pouvoir s'inscrire sur un continuum en fonction du degré de dépendance de la tâche au complexe hippocampique. Compte tenu de ce que nous avons précédemment évoqué sur l'hippocampe et le complexe

parahippocampique (*i.e.* structures intégratives), on peut alors redéfinir le continuum en fonction du degré d'intégration que nécessite la récupération dans une tâche afin d'être réalisée.

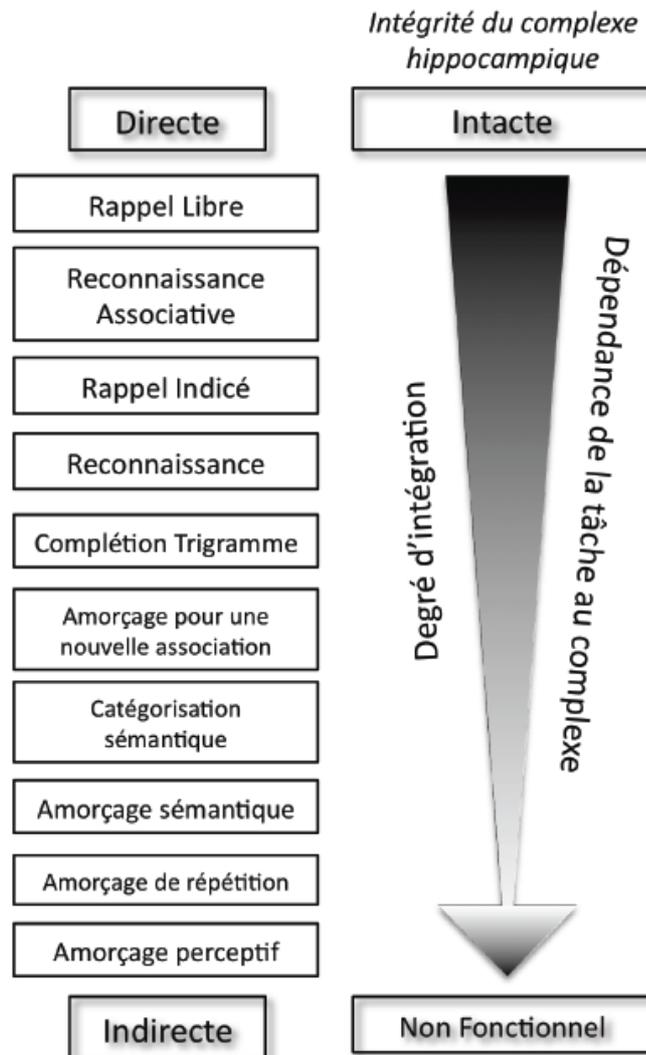


Figure 23: Hypothèse d'un continuum entre les tâches directes et indirectes en fonction de la dépendance du complexe hippocampique, d'après Leritz,, Grande & Bauer (2006). Les tâches (indirectes et directes) de mémoire peuvent alors être décrites en fonction du degré d'intégration que suscite le traitement.

Comme illustrer dans la figure 23, on peut dire que plus la tâche est directe ou exigeante, plus les activations engendrées par le traitement en cours de l'indice auront besoin d'être intégrées afin de pouvoir fournir une réponse adaptée à la tâche, ce qui, par conséquent, augmente la probabilité que la récupération soit associée à une expérience de conscience élevée.

Activation – Intégration – Les mécanismes d'activation et d'intégration ont été décrits dans plusieurs approches (Graf & Mandler, 1984 ; Mandler, 1980 ; 1991 ; Mandler, Graf & Kraft, 1986 ; Reder et al., 2009 ; Versace et al., 2002 ; 2009) et sont d'ailleurs assez

similaires entre elles (*i.e.* le traitement mnésique implique l'activation d'unités en mémoire et ces activations vont ensuite s'intégrer afin de produire une réponse adaptée). Dans ACT-IN (Versace et al., 2009 ; Vallet et al., en préparation), la récupération est caractérisée par un processus d'appariement flexible et dynamique où les mécanismes d'activation et d'intégration déterminent l'émergence des connaissances. La principale différence avec Mandler et collaborateurs est que ces mécanismes sont suffisants pour expliquer la performance d'un individu dans une tâche donnée. En effet, pour ces auteurs, certaines activités nécessitent le recours à un processus qu'ils nomment élaboration (voir le point relatif à cette question). Les mécanismes d'activation et d'intégration que nous décrivons sont très similaires à ceux décrits par Reder et collaborateurs. La principale différence avec le modèle SAC est que, pour ce modèle, les mécanismes d'activation et d'intégration ne s'inscrivent pas au sein d'un continuum et donc, en cela, le modèle est avant tout un modèle dual-process.

D'après ACT-IN, l'activation est décrite comme un mécanisme interactif et multimodal et s'apparente à un processus d'appariement global (*i.e.* calcul de similarité). En d'autres termes, lors du traitement d'un indice, non seulement le système active de manière précoce les composants des traces (*i.e.* propriétés sensorielles, voir chapitre 1) partageant les mêmes caractéristiques que l'indice, mais est aussi capable d'activer les autres composants des traces initialement activées (e.g. simulation multimodale, voir chapitre 1). En d'autres termes, le modèle propose que l'activation se fasse de manière parallèle et interactive<sup>40</sup> à la fois entre les traces (*i.e.* diffusion inter-trace) et au sein des traces (*i.e.* diffusion intra-trace). Nous reviendrons sur ce point particulier dans le chapitre suivant. De plus, le modèle suppose que le mécanisme d'intégration intervient en parallèle et en cascade au mécanisme d'activation. Un point important est que l'intégration que nous décrivons est différente de l'intégration mnésique que nous avons décrite dans les chapitres précédents. En effet, ici, l'intégration ne participe pas au maintien des propriétés des traces en mémoire mais à l'émergence des connaissances. En d'autres termes, le modèle suppose que le contenu de la récupération corresponde à une intégration des activations engendrées par le traitement d'un indice dans une tâche donnée (*i.e.* comparable à une sommation des activations, voir Hintzman, 1986 ; 1988 ; Nosofsky, 1986 ; 1991).

L'expérience de conscience associée à la récupération d'une information va alors s'inscrire sur un continuum dépendant à la fois de l'intégration de chacune des unités activées par l'indice (*i.e.* diffusion inter-traces ou intra-trace) mais aussi de la force relative de chacune de ces activations. Dans ce cas, l'expérience de conscience va progressivement émerger de l'inconscient, c'est-à-dire de l'intégration d'un ensemble d'activation entre les traces et au sein des traces (voir aussi la notion d'*ecphorie*, Tulving 1982 ; voir le chapitre 4 dans Thiberghien, 1997). L'existence d'un tel continuum est parfaitement capable d'expliquer le fait que les tâches directes sont clairement plus sensibles aux manipulations expérimentales (*i.e.* toutes les manipulations qui affectent la distribution des traces en mémoire ou qui facilitent/perturbent la diffusion intra-trace, voir chapitre 4) que les tâches indirectes (*i.e.* facilitation ou perturbation de l'activation et de la diffusion inter-traces). De même, il est capable de prédire le pattern de dissociation classique observée en neuropsychologie cognitive avec des patients amnésiques (*i.e.* souffrant de lésions du lobe temporal médian qui est une structure hautement intégrative) c'est-à-dire une probabilité plus importante (voire quasi systématique) d'être déficitaires dans les tâches directes alors que les performances dans les tâches indirectes ne sont pas altérées. En effet, dans les

<sup>40</sup> Voir la notion d'interaction mnésique dans le chapitre 1

tâches indirectes, les participants ne sont jamais directement testés sur le contenu de la récupération (*i.e.* une intégration).

**INTEGRATION MNESIQUE A L'ENCODAGE** - Nous avons décrit l'encodage de traces comme la résultante d'un processus d'intégration mnésique (voir chapitre 1). Le contenu de la trace est alors directement tributaire des propriétés de l'expérience perceptive. L'intégration mnésique<sup>41</sup> à l'encodage (voir Jonhson, Hashtroudi & Lindsay, 1993 ; Schacter, Norman & Koustaal, 1998 ; Reder et al., 2009) déterminerait la force avec laquelle les propriétés de l'épisode sont reliées au sein d'une trace mnésique unique (voir aussi Whittlesea & Brooks, 1988 ; Whittlesea, 1987). Par exemple, lorsque nous oublions l'emplacement de notre voiture dans un parking, nous n'oublions pas notre voiture mais une configuration spécifique qui s'est établi dans le temps et l'espace (*e.g.* une différence entre hier et aujourd'hui). En d'autres termes, plus le liage entre les propriétés de la trace est fort, plus la récupération de cette trace à partir d'un indice aura la probabilité d'être associée à une expérience de conscience (facilitation d'une diffusion intra-trace) et plus particulièrement à une expérience spécifique de type *recollective* (*i.e.* récupération de propriété contextuelle). Nous reviendrons également sur cette question lors du prochain chapitre.

**REINTERPRETER LA NATURE DE LA FAMILIARITE ET DE LA RECOLLECTION** - Jusqu'à présent, les approches *dual-process*, notamment celles reposant sur l'existence d'un processus de *familiarité* et de *recollection* (Jacoby, 1991 ; Yonelinas et al., 1998 ; Yonelinas, 2002), ne définissaient pas la nature des processus engagés lors de la récupération. Ici, nous pourrions décrire le processus de *familiarité* (*i.e.* le mécanisme d'activation au sein de notre modèle, voir aussi Arndt, 2010) comme un ensemble de traitements sur la similarité entre des propriétés constitutives de l'indice et de la source dans laquelle l'indice à traiter est présenté, et des propriétés entre et au sein des traces. Le processus de *recollection* (*i.e.* le mécanisme d'intégration à la récupération) pourrait être décrit comme l'intégration de ces traitements afin d'accéder à une expérience spécifique.

Bien qu'inscrite dans une approche *dual-process*, l'étude de Meiser et collaborateurs (2008, voir aussi Meiser & Bröder, 2002) est intéressante à discuter car les auteurs font de l'intégration (*i.e.* l'intégration à l'encodage) une caractéristique distinctive du processus de *recollection*. Les auteurs ont montré que les réponses de type *recollective* (*i.e.* *remember*, *R*) sont clairement tributaires de l'intégration des propriétés contextuelles associées à la première présentation de l'item (*i.e.* position dans l'espace et indice sonore), alors que ce n'est pas le cas pour les réponses de type *familiarité* (*i.e.* *know*, *K*). Pour les auteurs, ceci s'explique par le fait que l'accès à la source est régi par une relation de dépendance (une intégration) entre les propriétés contextuelles et l'item dans le cas des réponses *recollective*, alors que les réponses de type *familiarité* se font dans une relation d'indépendance avec la source. Pour les auteurs, ce résultat ne peut être interprété par des approches basées sur un seul processus guidé par la force de la trace (Donaldson, 1996) au moment de la récupération. En effet, dans cette approche, la récupération est définie d'un point de vue quantitatif (*i.e.* la probabilité de récupérer une trace associée à une expérience *recollective* vient directement de sa force), ce qui ne peut expliquer que les réponses de type *recollective* soient toujours guidées par une relation de dépendance lorsque la source est différente au moment de la récupération (voir Meiser et al., 2008 ; expérience 1) et que par là même les réponses *R* et *K* soient équivalentes.

Or, il nous semble que ces résultats sont totalement interprétables dans notre modèle puisque, comme nous le verrons dans le dernier point, la force d'une trace est définie à la

<sup>41</sup> Pour une proposition plus élaborée voir le dernier chapitre

fois par la force avec laquelle les propriétés de l'épisode (ici, notamment contextuelles) ont été intégrées au sein d'une trace unique mais aussi par la probabilité que ces propriétés servent d'indice lors de la récupération (pour une position similaire voir, SAM, Guillard & Shiffrin, 1984 ; Ratcliff et al., 1995). Ainsi, la force de la trace dépend à la fois des conditions d'encodage (*i.e.* intégration à l'encodage) mais aussi de la nature de l'indice au moment de la récupération (pour une position similaire voir Jamieson & Mewhort, 2009).

## Des états de la trace en mémoire

Avant de terminer le chapitre et d'envisager en quoi le modèle explique et prédit l'efficacité dans les tâches discriminantes, nous approfondirons l'idée d'un continuum dans l'émergence des connaissances à la conscience (Activation-Intégration ; *i.e.* ACT-IN) en proposant que ce dernier soit contraint à la fois par les états des traces lors de la récupération et par les exigences des tâches en cours (*i.e.* nature de l'indice au moment de la récupération et degré d'intégration nécessaire).

Nous avons déjà évoqué que, afin d'être réalisée, la tâche pourra nécessiter, soit de simples activations précoces communes à plusieurs traces comme dans le cas de la catégorisation (voir le chapitre 2), ou soit le contenu de la récupération nécessite l'intégration progressive de ces activations.

En ce qui concerne les états de la trace en mémoire, ils vont être tributaires des conditions préalable d'exposition à l'information (voir, Reder et al. 2009) et des conditions de récupération (*i.e.* le type de tâche de mémoire). Par exemple, il nous paraît évident que la probabilité de récupérer la trace d'une part dans une tâche directe et d'autre part avec un niveau de conscience élevé dépend de l'état de la trace en mémoire au moment de la récupération. Selon Cleeremans (2008), la question de l'émergence à la conscience des connaissances est intrinsèquement dépendante de la « qualité » de nos connaissances. Il définit alors la qualité de la connaissance comme étant alors tributaire des différentes caractéristiques qui la constituent (*i.e.* sa stabilité dans le temps, sa force et sa distinctivité par rapport aux autres traces). Dans ce point, nous ne traiterons pas de la stabilité de la trace dans le temps<sup>42</sup> mais des deux autres caractéristiques (*i.e.* la force et la distinctivité) qui sont fortement interdépendantes.

## la Force ou le poids de la trace

---

Dans sa définition classique, la force ou le poids de la trace au moment de la récupération est l'état qui va déterminer la probabilité de récupérer un item en mémoire. Par conséquent, les variations quantitatives de cet état déterminent la probabilité que la récupération soit associée ou non à une expérience de conscience (Donaldson, 1996 ; Huppert & Piercy, 1978 ; Inoue & Bellezza, 1998 ; pour une étude en imagerie, voir Gonsalves et al., 2005). La force de la trace peut être manipulée par l'intermédiaire de la répétition et/ou de la durée de présentation (Hintzman, 2001 ; Huppert & Piercy, 1978 ; Inoue & Bellezza, 1998), lors d'une phase de préexposition.

Pour Cleeremans (2008), la force d'une trace est définie par rapport aux nombres d'unités de traitement (de propriétés) qui sont impliqués dans la trace, et le degré d'activation

---

<sup>42</sup> Notion de consolidation (voir Nadel & Moscovitch, 1997)

de ces unités. Ainsi, nous définirons la force de la trace comme étant à la fois la résultante des conditions de préexposition mais aussi du type d'unité de traitement (*i.e.* propriété de la trace) disponible lors de la récupération. En cela, nous proposons que si la trace est le reflet d'une intégration multimodale entre des propriétés de l'environnement, une trace sera d'autant plus forte qu'elle comporte de propriétés spécifiques et que celles-ci sont fortement activées (et donc puissent s'intégrer) lors de la récupération. Dans une étude qui a fait l'objet d'une communication affichée (Brunel et al. 2009c), nous avons aussi mis en évidence, dans une tâche de reconnaissance de forme visuelle complexe, que la proportion de HIT n'était pas influencée par le fait que la forme ait été préalablement présentée associée à une propriété contextuelle auditive<sup>43</sup>. Par contre, la certitude associée à la réponse augmentait en fonction du nombre de propriétés (voir aussi Meiser et al., 2008). Dans notre tâche, lors de la récupération, l'activation de la propriété visuelle était suffisante pour déterminer la reconnaissance de l'item visuel seul. En revanche, la certitude associée à la réponse dépendait des conditions préalables de présentation de la forme et donc lorsque la forme visuelle engendrait aussi l'activation de la propriété auditive, l'intégration de ces deux activations permettait une certitude plus importante. La force de la trace peut donc se définir en fonction du nombre de propriétés intégrées lors de la préexposition et du degré d'activation et d'intégration de ces unités lors de la tâche en cours.

De même que si les modulations de la force de la trace (*i.e.* quantitative à l'encodage ou à la récupération) sont capables de prédire l'expérience *recollective* (et plus largement l'expérience de conscience associée à la récupération), elle est capable aussi de prédire que le traitement d'un indice puisse amener de la fluence<sup>44</sup> (*i.e.* un amorçage) sans être reconnu (Stark & McClelland, 2000 ; pour des données en imagerie voir Schott et al. 2005 ; 2006). Stark et McClelland, dans une tâche de reconnaissance, ont trouvé que les omissions (*i.e.* un item est jugé nouveau alors qu'il est ancien) étaient plus rapides que les rejets corrects (*i.e.* un item est correctement jugé nouveau). En d'autres termes, même lorsque l'item n'est pas reconnu, il amène un effet d'amorçage (pour des données similaires avec des patients amnésiques, Conroy, Hopkins & Squire, 2005 ; et avec des mesures de conductance de la peau, Diamond et al., *in press*). Mais ces données ont été simulées avec un seul processus de familiarité guidé par la force de la trace en mémoire (Berry et al., 2008). En effet, leur modèle (voir les modèles USVD) considère que la reconnaissance est une activité de détection du signal où la distribution des items anciens est une fonction normale dont la variance (*i.e.* un index de la force des items en mémoire, d'après Berry et al., 2008 ; Hintzman, 2001 ; Hilford et al., 2002) est différente de celle des items nouveaux. La particularité de ce modèle est de prédire que l'efficacité dans la tâche de reconnaissance ainsi que la distribution des temps de réactions (*i.e.* l'amorçage d'après les auteurs) sont indexées par le même processus de familiarité, c'est-à-dire un même seuil<sup>45</sup> mais avec des sources de bruit différentes. Dans ce cas, la distribution des temps de réaction est l'inverse de la distribution de la reconnaissance et donc les temps de réaction suivent naturellement cette configuration  $HIT < O < FA < RC$ . En effet, puisque pour une réponse O, l'activation (*i.e.* la familiarité) engendrée par l'item est beaucoup plus proche du seuil de reconnaissance que pour une réponse RC, cela explique que les réponses O soient plus rapides que les réponses RC. Or, Berry et collaborateurs soulignent une certaine inconsistance dans le pattern global de résultat, notamment au niveau des O et des FA ceci étant dû, pour les

<sup>43</sup> On peut parler ici de propriété contextuelle, parce que la propriété auditive n'est pas prédictive de l'appartenance de la forme visuelle à une catégorie (voir chapitre 2) et que la propriété auditive est la même pour un certain nombre de formes.

<sup>44</sup> La fluence est ici définie comme la rapidité avec laquelle l'information d'un stimulus est extraite (Berry et al., 2008)

<sup>45</sup> A noter que les auteurs précisent que leur seuil est censé être libre mais est fixe pour les besoins de l'expérience.

auteurs, à la quantité de bruit lors du jugement (*i.e.* au degré chevauchement entre les distributions anciens et nouveaux ou au placement du critère de décision, voir Benjamin, Diaz & Wee, 2009).

Dans le prochain point, nous verrons qu'un moyen de réduire le bruit (notamment dans les activités discriminantes) est lié à l'état de distinctivité de la trace au moment de la récupération.

## la Distinctivité de la trace

---

Dans le cadre des modèles basés sur un processus d'appariement global, rares sont ceux qui ont traité directement la question de la distinctivité de la trace au moment de la récupération (notamment les modèles *UVSD*). Dans une version modifiée du modèle *GCM*<sup>46</sup> (*i.e.* modèle d'exemplaire à similarité hybride, Nosofsky & Zaki, 2003), les auteurs ont proposé qu'un exemplaire distinctif est un exemplaire fortement dissimilaire des autres. De part sa non-similarité, son traitement ultérieur s'en trouve facilité (probabilité d'être reconnu dans le cadre de l'étude de Nosofsky & Zaki, 2003). Cleeremans (2008) définit la distinctivité de la trace comme étant inversement proportionnelle à la similarité entre les traces (*i.e.* le chevauchement, dans le cadre d'une approche connexionniste, McClelland & Rumelhart, 1985).

Nous avons fait de l'état de distinctivité un élément central dans l'émergence des connaissances lors de la récupération. Cet état est caractérisée par une modification temporaire des items<sup>47</sup> (Nairne, 2006) ou des propriétés contextuelles de la trace (notamment temporelle, Kelley & Nairne, 2001 et spatiale, Oker, Versace & Ortiz, 2009) lors d'une phase de préexposition. Cet état induit alors des performances en récupération caractéristiques. Dans un paradigme d'isolation, les items isolés sont associés à une probabilité plus importante d'être récupérés que les items non-isolés et ils peuvent influencer le traitement engagé dans la tâche (*i.e.* effet de distinctivité dans une tâche de rappel ou reconnaissance, Smith & Hunt, 2000 ; vérification d'appartenance catégorielle, Geraci & Rajaram, 2004 ; décision lexicale, Brunel, Oker, Riou & Versace, *en révision b*). Nous irons plus loin en proposant que l'état de distinctivité permet de réduire le bruit lors de la récupération en réduisant le nombre de traces compétitrices, et ce quelle que soit l'activité de récupération engagée. De plus, pour Rajaram (1998), la distinctivité de la trace est alors critique pour l'expérience phénoménologique de *recollection* (voir aussi, Park, Arndt & Reder, 2006). Cela implique donc que l'état de distinctivité de la trace, au même titre que la force de la trace, se situe sur un continuum et que l'expérience de conscience associée à la récupération nécessite un seuil minimum de distinctivité et/ou de force de la trace (pour une position similaire, voir Cleeremans, 2008). L'état de distinctivité de la trace est alors un indice quand à la probabilité de récupérer l'information alors que la modulation de cet état de distinctivité (*i.e.* modulation de la distance entre les traces) est corrélé à la probabilité que la récupération soit associée à une expérience de conscience.

Dans des travaux réalisés au sein de notre équipe, nous avons mis en évidence un certain nombre de phénomènes associés à l'état de distinctivité de la trace au moment de la récupération (Brunel et al., *en révision b*). La figure 24 décrit la procédure expérimentale de notre expérience. Dans celle-ci, tous les participants en phase d'étude étaient confrontés

<sup>46</sup> Voir chapitre 2

<sup>47</sup> La distinctivité peut être une propriété intrinsèque d'une trace notamment dans le cas de l'effet de bizarrerie (Nicolas & Marchal, 2001)

à des mots à partir desquels ils devaient former une image mentale qu'ils devaient ensuite juger en termes de familiarité dans leur environnement. Les manipulations expérimentales que nous avons introduites concernaient l'isolation de certains mots (*i.e.* 8 mots isolés parmi 24 mots non-isolés, voir Schmidt, 1991) et la nature de l'isolation (*i.e.* partielle ou globale, voir Figure 24 panel 1). L'isolation partielle (*i.e.* une différence d'une propriété entre les items isolés et non-isolés, voir Brunel et al., 2010) consistait à présenter lors de la phase d'étude 8 mots d'artefacts typiquement « sonores » (e.g. un mixeur) parmi 24 mots d'artefacts typiquement « silencieux » (e.g. une médaille) et inversement pour un autre groupe. A l'inverse, l'isolation globale (*i.e.* une différence sur un ensemble de propriétés entre les items isolés et non-isolés) consistait à présenter lors de la phase d'étude 8 mots décrivant un « être vivant » (e.g. un canard) parmi 24 mots décrivant un « artefact » (e.g. un mixeur) et inversement pour un autre groupe.

Ensuite en phase test, les participants pouvaient effectuer soit une tâche de décision lexicale (figure 24 panel 2a), soit une tâche de reconnaissance d'item (figure 24 panel 2b), soit une tâche de rappel libre (figure 24 panel 2c).

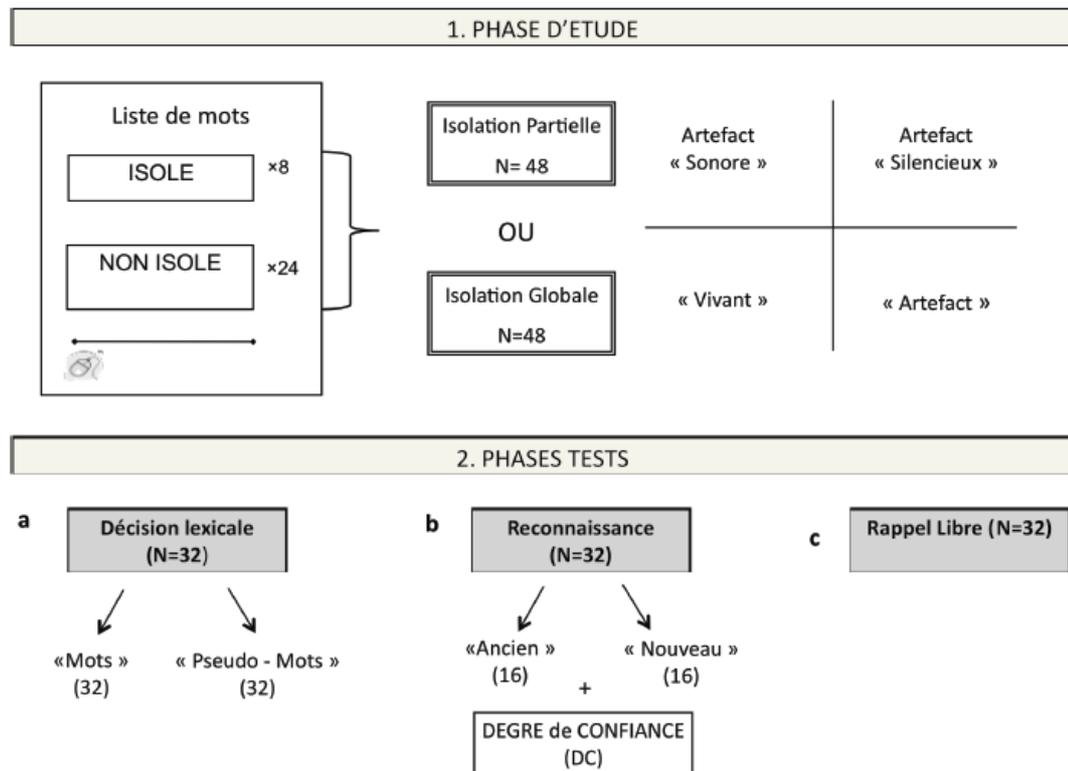


Figure 24: Illustration de la procédure expérimentale d'après Brunel et al. (en révision b). Panel 1 : Phase d'étude. Panel 2 : Phases tests ; 2a : Décision lexicale ; 2b : Reconnaissance d'items associée à un degré de confiance ; 2c : Rappel libre. Notes. Les 32 « mots » qui ont servi à la décision lexicale sont les mêmes que ceux qui ont servi à la reconnaissance (16 anciens et 16 nouveaux).

Le pattern global des résultats (voir Tableau 2) indique que l'effet de distinctivité est tributaire à la fois du type de tâche et de la nature de l'isolation entre les traces en mémoire (*i.e.* la distance).

	Décision lexicale	Reconnaissance		Rappel Libre
		RT	Confiance	
Partielle	+	+	-	-
Globale	+	+	+	+

Tableau 2 : Synthèse globale des résultats pour chaque manipulation expérimentale en phase d'étude en fonction de chaque variable dépendante en phase test, d'après Brunel et al., en révision b. Note : + signifie qu'un effet de distinctivité a été observé (*i.e.* un avantage de traitement pour les items isolés par rapport aux items non-isolés) ; - dénote une absence d'effet de distinctivité.

Au vu de nos résultats, il semblerait que l'état de distinctivité de la trace au moment de la récupération facilite la discrimination entre les traces (voir aussi, Geraci & Rajaram, 2004) et détermine l'expérience de conscience associée à la récupération (Rajaram, 1998) à condition que la distance entre les traces soit suffisante (*i.e.* nature de l'isolation). Pour nous, ces résultats s'interpréteraient préférentiellement dans une approche de la mémoire basée sur un processus d'appariement global (notamment les modèles MINERVA 2, Hintzman, 1986 ; 1988 et GCM, Nosofsky, 1986 ; 1991).

On s'intéressera plus particulièrement aux résultats obtenus dans la tâche de reconnaissance pour continuer d'illustrer nos propos sur l'état de distinctivité, et ce à partir d'une approche UVSD de la reconnaissance. En ce sens, nous proposerons de nouvelles analyses ROC et zROC (voir figure 25) permettant de synthétiser les résultats obtenus en efficacité et au niveau de degré de certitude de la réponse pour chaque niveau d'isolation (globale ou partielle) et pour chaque type d'item (isolé ou non-isolé). A noter que, comme c'est souvent le cas dans les expériences sur la reconnaissance, les participants tendent à avoir des performances plafond pour les HITS et plancher pour les FAs (Yonelinas & Park, 2007). Comme c'est également le cas dans notre étude, nous n'avons pas pu représenter les courbes ROC et zROC dans chacune de nos conditions expérimentales. Nous avons choisi de les représenter pour le facteur expérimental Isolation (items isolés ou non-isolés) et ce quel que soit le niveau d'isolation<sup>48</sup>. Suivant nos résultats, ce facteur devrait à la fois augmenter la sensibilité (*i.e.* distance entre les distributions indexée par l'interception des droites zROC, voir figure 24b) mais aussi modifier la variance de la distribution des items étudiés isolés (*i.e.* augmentation de l'asymétrie de la courbe ROC pour les items isolés indexée par la pente des droites zROC, voir Figure 24b).

<sup>48</sup> De plus nous n'avons pas trouvé d'interaction entre ces deux facteurs dans nos analyses sur l'efficacité en reconnaissance.

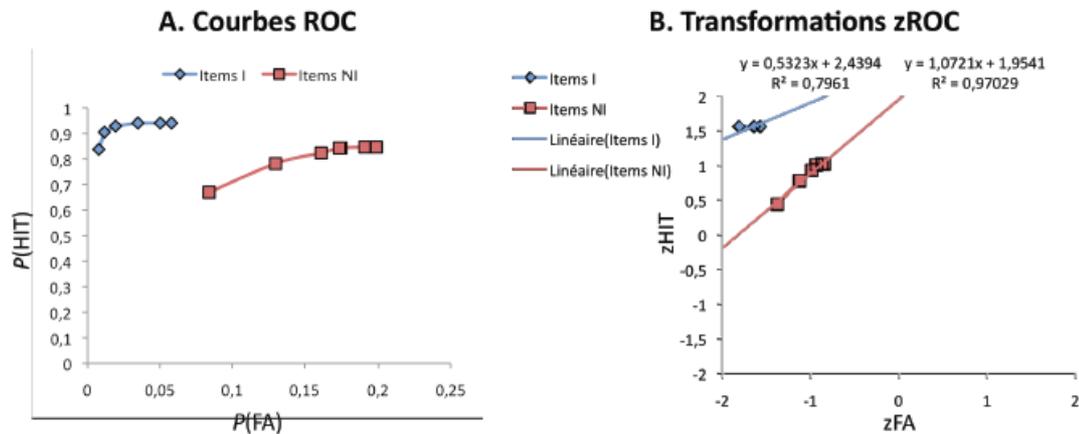


Figure 25: Courbes ROC et zROC obtenues à partir des données brutes des participants testés dans la tâche de reconnaissance décrite par Brunel et al., en révision b. Notes. I : Isolés ; NI : Non-isolés.  $R^2$  est un indice de régression compris entre 0 et 1.

Un point important est que les droites zROC (Figure 1b) sont presque rectilignes étant donné que l'indice de régression (*i.e.* pourcentage de variance entre les points résumée par la droite) est élevé pour chacune des droites (*i.e.* .79 pour les items isolés et .97 pour les items non-isolés). Le résultat le plus intéressant qui va dans le sens de nos conclusions précédentes est, d'une part, que l'isolation des items modifie la distance entre la distribution des items isolés et non-isolés, et, d'autre part, que l'isolation modifie la distribution des items anciens en mémoire. La comparaison directe des pentes des droites zROC obtenues met en évidence que la pente de la droite zROC pour les items isolés (.53) est clairement inférieure à celle de la droite zROC pour les items non-isolés (1). En d'autres termes, l'isolation de la trace est un indice quant à la probabilité de récupérer ultérieurement cette même trace avec un niveau de confiance élevé. De plus, la comparaison directe des interceptions des droites zROC<sup>49</sup> obtenues met en évidence que l'interception de la droite zROC pour les items isolés (2,44) est clairement supérieure à celle de la droite zROC pour les items non-isolés (1,9). En d'autres termes, manipuler l'isolation d'un item influence la probabilité ultérieure de discriminer correctement (*i.e.* efficacité) celui-ci, et ce grâce à une réduction du nombre de concurrents lors de l'appariement.

## Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de : 1) Présenter 2 approches concurrentes au sein des approches non-abstractionnistes (et par là même critiquer une approche abstractionniste et multisystémique) explicatives d'une dissociation robuste entre les phénomènes conscients et inconscients de mémoire ; 2) Présenter en quoi notre modèle est pertinent pour l'explication d'une telle dissociation.

En effet, dans les trois premiers points de ce chapitre nous avons traité de l'explication théorique des dissociations expérimentales (notamment entre des niveaux de conscience associée à la récupération) et d'une tâche particulière censée départager les approches

<sup>49</sup> A noter que l'interception ne peut varier qu'entre -3 et 3 dans l'espace z standard.

théoriques : la reconnaissance d'items seuls. Nous sommes arrivés à la conclusion que la tâche de reconnaissance d'item seul (en particulier les analyses ROC et zROC associées à ce type de tâche) n'est pas suffisante pour départager des conceptions basées sur l'intervention de deux processus de récupération indépendants (e.g. la *familiarité* et la *recollection*) ou des conceptions basées sur l'intervention d'un seul processus (e.g. un processus d'appariement global). A noter que, dans ce chapitre, nous avons uniquement discuté de la reconnaissance d'item seul en mémoire. Or, il est maintenant courant d'associer à la reconnaissance d'item seul (e.g. un mot), une reconnaissance de la source (e.g. une source A ou B) afin de départager les approches théoriques. Mais une fois encore, les interprétations des résultats divergent entre les tenants d'une position basée sur un seul processus (e.g. voir Slotnick & Dodson, 2005 ; Wixted, 2007) et les tenants d'une position basée sur deux processus (voir Yonelinas et Park, 2007 ; Meiser et al., 2008).

Dans les deux points suivants du chapitre, nous avons traité de la pertinence de suggérer une émergence dans le processus de récupération et plus particulièrement dans l'expérience phénoménologique de conscience associée à la récupération. Elle peut alors être définie comme une intégration des activations réciproques de chacune des dimensions constitutives des traces lors du traitement d'un indice. L'expérience de conscience est inscrite sur un continuum et est un produit d'une dynamique d'activation et d'intégration lors de la récupération. D'une manière générale, cette récupération est alors tributaire à la fois des contraintes de la tâche en cours (i.e. nature de l'indice, degré d'intégration) et de l'état de la trace au moment de la récupération (i.e. sa force et sa distinctivité).

Lors de l'encodage, la force de la trace est alors définie à la fois par le poids de la relation entre les composants et par le nombre de ces composants au sein de la trace. En d'autres termes, la force d'une trace est tributaire du processus d'intégration mnésique à l'encodage (voir chapitres 1 et 5). De plus, la force d'une trace se définit également à la récupération en fonction de la probabilité qu'a l'indice d'activer (i.e. diffusion inter ou intra) les composants de la trace.

L'état de distinctivité d'une trace est souvent un état temporaire et se caractérise par une modification de la distribution des traces en mémoire (i.e. notion de distance dans l'espace psychologique, voir chapitre 2 ; voir aussi Nairne, 2006). De ce fait, l'état de distinctivité de la trace réduit le nombre de traces compétitrices pouvant être activées par l'indice, ce qui permet au contenu de la récupération (i.e. intégration des activations) d'être accompagné d'un niveau de conscience élevé.

À noter que dans ce chapitre, la question de l'efficacité n'était pas cruciale. En effet, nous verrons dans le chapitre suivant que le sentiment de conscience associée à la récupération n'est en aucun cas un indice de l'efficacité du traitement (i.e. une réponse adéquate). C'est notamment le cas dans certaines erreurs de mémoire, pour lesquelles le contenu de la récupération peut être erroné et pourtant associé à un fort niveau de conscience (e.g. Roediger & McDermott, 1995). Cela signifie que les mécanismes que nous avons décrits comme participant à l'émergence des connaissances peuvent produire des erreurs. En cela, le dernier chapitre traitera directement de la question de l'efficacité mnésique et de l'apport de cette question à notre modèle.

## En résumé

Les connaissances **émergent à la conscience** suivant un **continuum d'intégration** (*i.e.* similaire à une sommation des activations dans les modèles basés sur un appariement global) contraint à la fois par la **nature de la tâche mnésique** et **l'état des traces en mémoire** au moment de la récupération. **La force** est une valeur continue déterminée à la fois par le nombre de composants et le degré d'intégration entre les composants à l'encodage, et par la nature de l'indice à la récupération. **La distinctivité** est une valeur continue, déterminée à la fois par la distribution des traces en mémoire, et par la nature de l'indice.

*Mots clés :* Conscience, Emergence, Force de la trace mnésique, Distinctivité de la trace mnésique.

# Chapitre IV : Efficacité mnésique

## Introduction

Nombreuses sont les approches de la mémoire orientées vers l'efficacité du traitement mnésique (*i.e. Accuracy-Oriented Conception*, pour une revue voir Koriat Goldsmith & Pansky, 2000). Dans ces approches, l'efficacité mnésique est alors fonction de la correspondance entre les informations accessibles (ou non) à la conscience et la tâche dans laquelle le sujet est engagé. Cette idée de correspondance est alors déterminée par des propriétés interdépendantes (Koriat & Goldsmith, 1996) : la finalité (*i.e.* la récupération d'événements passés), le degré d'efficacité (*i.e.* la fiabilité de la récupération), l'oubli (*i.e.* la perte de correspondance) et le contenu (*i.e.* ce qui est actuellement récupéré). Plus particulièrement, certains auteurs (Koriat & Goldsmith, 1996 ; Koriat, Goldsmith & Pansky 2000) proposent que, dans cette approche basée sur la correspondance, la mémoire peut être vue comme une activité perceptive particulière (*i.e.* la perception du passé<sup>50</sup>). Dans l'activité perceptive, la correspondance s'évalue entre une scène perceptive et le comportement de l'individu (*e.g.* description verbale). Or, dans ce cadre précis, la description faite par l'individu peut être véridique ou totalement illusoire. C'est sur ce point que l'analogie entre mémoire et perception est faite. Si la mémoire est une perception du passé, elle est alors, comme toute activité perceptive, sujette à des distorsions et des erreurs. C'est donc ce point précis qui a animé l'écriture de ce chapitre. Comprendre comment ces erreurs interviennent est une véritable fenêtre sur la nature et le type de processus qui sont engagés dans les activités mnésiques. De plus, comme l'ont souligné Koriat et collaborateurs (2000) :

**« A major challenge for the psychology of Memory accuracy lies in the integration of the various threads of Memory accuracy research within a general conceptual framework » (Koriat et al., 2000, p. 518).**

Dans le point suivant nous ne traiterons pas de toutes les erreurs de mémoire (pour une revue, voir Koriat et al., 2000). À noter tout de même que la plupart des erreurs s'expliquent soit par l'extraction d'une propriété commune à des épisodes (*i.e. gist*), soit par la distorsion d'une configuration au sein d'un épisode. Nous nous limiterons à l'étude de deux types d'erreurs qui interviennent dans le fonctionnement normal de la mémoire et qui sont certainement les plus frappantes par leur caractère manipulable : les faux souvenirs et les erreurs de recombinaison des propriétés d'un épisode.

## Faux souvenirs (FS)

---

On peut définir un faux souvenir comme le sentiment que l'information que l'on récupère correspond à un épisode qui est réellement survenu. Ce type d'erreur est d'ailleurs souvent assimilé au phénomène de « déjà vu » ou « déjà vécu » (Moulin et al. 2004). L'étude expérimentale d'un tel type d'erreur est particulièrement justifiée car elle interroge la fiabilité et l'efficacité d'une production mnésique spécifique.

<sup>50</sup> O'Regan et Noë (2001) considèrent le monde extérieur comme une "mémoire externe" qui peut être "explorée" par les systèmes sensoriels, engendrant ainsi nos perceptions, un peu comme la "mémoire interne" peut être "explorée" et engendrer des représentations mentales sans véritable support matériel. Donc, ici c'est la perception qui est comparée à la mémoire et pas l'inverse.

Le paradigme expérimental princeps pour l'étude des FS est le paradigme DRM (Deese Roediger McDermott, Deese, 1959; Roediger & McDermott, 1995) en raison de la probabilité élevée qu'ont les participants de produire des erreurs de mémoire de type FS avec cette procédure. En effet, la proportion de fausses alarmes (*i.e.* FA) avoisine et parfois excède la proportion de réponses correctes (*i.e.* HIT). Classiquement, dans ce paradigme, les participants sont invités à étudier une liste, clairement identifiée (*e.g.* liste 1), de mots (*e.g.* banane, légume, cerise, etc.) dont chacun est associé à un mot non-étudié critique (*e.g.* fruit). Ultérieurement, lorsque les participants sont invités à rappeler ou à reconnaître des mots de la liste, ils rappellent et reconnaissent fréquemment l'item critique (faux rappel – FR<sub>ap</sub> – ou fausses reconnaissances - FR<sub>ec</sub> –). Les erreurs dans ce type de paradigme sont spécifiques (*i.e.* pour les items critiques) et souvent associées à une expérience phénoménologique de conscience.

En raison de la nature de ces erreurs, les auteurs s'accordent à dire qu'elles sont le produit de processus mnésiques (mixture de processus à l'encodage et à la récupération, Arndt, 2006 ; 2010). De plus, ces erreurs sont robustes. De nombreuses manipulations expérimentales (*e.g.* la durée de présentation, Gallo & Roediger, 2002) ont échoué à supprimer la tendance des participants à faire des erreurs dans ce type de paradigme, et seules des diminutions des erreurs ont pu être observées (Arndt, 2010 ; Benjamin, 2001).

## Erreurs liées à la mauvaise recombinaison des propriétés d'un épisode (ER)

Après les faux souvenirs, ce sont certainement les erreurs liées à la distorsion d'un épisode qui sont les plus étudiées dans la littérature. Les ER diffèrent des FS, dans le sens où les ER consistent en la récupération d'un épisode « vécu » mais faussement rapporter. Par exemple, lors d'une même journée, vous avez pu rencontrer deux amis (*e.g.* Benoît et Guillaume) dans deux endroits différents (*e.g.* respectivement au supermarché et à la mairie). Lors de la restitution des rencontres de votre journée, une ER consistera à reporter par exemple que vous avez rencontré la bonne personne au mauvais endroit (*e.g.* *false fame effect*, Jacoby & Whitehouse, 1989). L'étude expérimentale d'un tel type d'erreur est particulièrement justifiée car elle interroge la fiabilité et l'efficacité d'une production mnésique. Nous avons choisi de présenter le paradigme MCI (*Memory Conjunction Illusory*, Reinitz, Lammers & Cocheran, 1992) pour étudier les ER car ce dernier ne fait pas intervenir directement les notions de source.

Dans celui-ci, les participants étudient une liste de non-mots bysillabiques CVC-CVC. Lorsqu'ils sont invités à reconnaître (ou rappeler) les items étudiés, il s'avère qu'ils reportent beaucoup plus d'erreurs pour les items non-étudiés qui sont la recombinaison de deux syllabes de deux items étudiés que pour les items non-étudiés dont une seule des syllabes appartenait à un item étudié au sein de la liste. Ces erreurs sont robustes, c'est-à-dire que même lorsque les participants sont informés de la nature des items non-étudiés lors de la récupération, un avantage pour les erreurs MCI est tout de même observé (Reinitz, Lammers & Cocheran, 1992 expérience 1B). De plus, ces erreurs sont observables avec d'autres types de stimuli plus écologiques que les non-mots (*e.g.* des visages, Reinitz, Lammers & Cocheran, 1992 expérience 3).

## Objectifs

De ces études, nous retiendrons la propension « naturelle » des individus à faire des erreurs de mémoire (notamment au niveau de la reconnaissance) et donc de répondre positivement à des items non-étudiés, ou de répondre positivement à des items non-étudiés dont les propriétés ont été étudiées dans deux épisodes différents. Il existe alors plusieurs positions théoriques pour expliquer comment ces erreurs peuvent survenir dans les activités mnésiques (*i.e.* *Fuzzy trace theory*, Brainerd, Reyna & Kneer, 1995 ; *Activation/Monitoring*, Roediger & McDermott, 1995 ; modèle d'appariement global, Arndt, 2010).

Dans les chapitres précédents, nous avons discuté et approfondi notre modélisation ACT-IN (Versace et al., 2009 ; Vallet et al., *en préparation*). En effet, nous avons traité : 1) de la nature (*i.e.* non-abstractive et multimodale) et de la formation des traces en mémoire ; 2) de la capacité des modèles basés sur un appariement global<sup>51</sup> à expliquer et prédire l'efficacité catégorielle ; 3) de la possibilité d'un continuum dans l'émergence des connaissances à la conscience. À l'issue de ces chapitres, il nous semble important de spécifier davantage le modèle en proposant une version révisée de ce dernier. C'est donc autour de la question des erreurs de mémoire que nous proposons de tester les caractéristiques de celui-ci.

Contrairement aux précédents chapitres, ce chapitre sera essentiellement expérimental puisque ce dernier fait référence à deux études réalisées dans notre équipe mais qui ne sont pas encore engagées dans un processus de publication. L'objectif de cette série d'études est, d'une part, d'isoler les facteurs qui déterminent les erreurs de mémoire dans les activités discriminantes (*e.g.* la reconnaissance) afin, d'autre part, de proposer un entraînement susceptible d'améliorer l'efficacité mnésique dans ces activités (*i.e.* réduction des erreurs et amélioration des performances dans une tâche donnée).

## ACT-IN<sup>2</sup> : Activation et Intégration (encodage et récupération)

ACT-IN<sup>2</sup> est la version révisée de notre modèle ACT-IN (Versace et al., 2009 ; Vallet et al., *en préparation*). Comme la version précédente, ce modèle est un modèle hybride entre des approches basées sur un appariement global et des approches connexionnistes. De ce fait, les traces sont de nature épisodique, multimodale et distribuée (voir chapitre 1) et les connaissances émergent dans le traitement suivant une dynamique d'activation et d'intégration à partir de ces traces (voir chapitre 3). Avec la version révisée, nous nous proposons d'ajouter un certain nombre de caractéristiques au modèle, afin de rendre compte de l'efficacité du traitement mnésique (en particulier dans les activités discriminantes).

### Activités catégorielles vs. activités discriminantes

---

Comme c'est souvent le cas dans la littérature (*e.g.* Knowlton, Ramus & Squire, 1992), un amalgame est généralement fait entre activités catégorielles et activités indirectes (*e.g.* catégorisation ou classification) d'une part, et entre activités discriminantes et activités directes d'autre part (*e.g.* reconnaissance). Nous avons réinterprété cette dichotomie entre les tâches indirectes et directes suivant un continuum d'intégration (Leritz et al.,

<sup>51</sup> ACT-IN suppose que la récupération est avant tout un processus d'appariement global.

2006 ; voir chapitre 3) où l'expérience de conscience était nécessairement un produit de l'émergence des connaissances. En conséquence, l'expérience de conscience associée à la récupération ne peut être considérée comme un indicateur d'efficacité (voir le point précédent sur les fausses reconnaissances) ni être une caractéristique d'un type de tâche, de système ou de processus. Nous recentrerons la dichotomie entre les activités mnésiques autour d'une comparaison entre les activités catégorielles et discriminantes. Comment prédire alors l'efficacité dans ces activités ?

Dans la suite de ce chapitre, nous prendrons régulièrement comme exemple le modèle MINERVA 2<sup>52</sup> (Hintzman, 1986 ; 1988) pour illustrer nos propos, et ce car cette modélisation a déjà été utilisée pour simuler des erreurs de mémoire (Arndt, 2010 ; Arndt & Hirshman, 1998).

L'encodage au sein de MINERVA 2 implique le stockage de traces mnésiques indépendantes pour chaque item étudié. Au moment de la récupération, les items tests vont être comparés (*i.e.* appariés) avec l'ensemble des traces en mémoire. Cette comparaison va générer une valeur d'activation pour chaque trace en fonction de la similarité entre chacune des propriétés de l'item à traiter et chaque trace mnésique (voir aussi Nosofsky, 1986 ; 1991 ; Nairne, 1990 ; 2006). Ces valeurs d'activation vont alors être sommées entre chaque trace et, à la fois, donner une valeur d'activation mnésique et déterminer le contenu de l'écho.

a) L'efficacité du traitement dans les activités catégorielles dépend principalement de l'appariement entre les propriétés partagées par l'indice à traiter et un grand nombre de traces en mémoire plus ou moins similaires à l'indice (voir le chapitre 2).

b) En revanche, l'efficacité du traitement dans les activités discriminantes est tributaire d'un appariement entre un indice et un nombre restreint de traces. D'après Nairne (2006), pour un indice de récupération donné, la probabilité d'appariement des propriétés de celui-ci avec une faible quantité de traces est alors inversement proportionnelle au chevauchement entre les propriétés des traces.

L'efficacité dans une activité donnée va alors être systématiquement dépendante à la fois : 1) de la probabilité d'appariement entre les propriétés d'un indice et un ensemble de traces compétitrices ; 2) de la probabilité d'appariement entre les propriétés d'un indice avec un nombre restreint de traces cibles (voir aussi la notion d'indigage interactif Arndt, 2010 ; Hick & Starn, 2006). Ici, le terme indice renvoie au contenu de la situation perceptivement présente qui va nécessairement varier en fonction des tâches tests (voir chapitre 3).

## Activation interactive : Diffusion intra-trace et inter-traces

L'activation est nécessairement interactive (voir chapitre 1) parce que le traitement (mnésique ou perceptif) d'une propriété est capable de simuler (activer) une autre propriété dans la même modalité ou dans une modalité différente. En retour, cette propriété simulée est capable de modifier le traitement en cours ou à venir (voir Brunel et al., 2009a ; 2010 ; Riou et al. *en révision* ; Vallet et al., *sous presse* ; *soumis*). En d'autres termes, la simulation multimodale est nécessairement sous-tendue par une diffusion de l'activation au sein des traces (*i.e.* une diffusion intra-trace) alors que la simulation unimodale est nécessairement sous-tendue par une diffusion d'activation entre les traces (*i.e.* une diffusion inter-traces). Afin de rendre compte de l'efficacité dans les tâches catégorielles et discriminantes, nous avons ainsi ajouté deux notions clés au modèle : la diffusion d'activation intra-trace et inter-traces.

<sup>52</sup> Pour les principaux détails computationnels de ce modèle voir Annexe A.

Pour plus de simplicité et pour illustrer ces deux types de diffusions, nous utiliserons une représentation de la mémoire de nouveau basée sur celle de MINERVA 2 (Hintzman, 1986 ; 1988). Dans cette modélisation, la mémoire est représentée sous la forme d'une matrice à deux dimensions avec une couche d'entrée et de sortie. Chaque ligne de la matrice correspond à une trace mnésique et chaque colonne à une propriété (ou primitive). Pour chaque trace, une propriété est codée en fonction de son absence, sa présence ou sa pertinence. Lorsque le modèle reçoit en entrée un indice (*i.e.* la sonde), une activation interactive s'opère, c'est-à-dire à la fois une diffusion de l'activation entre les propriétés de l'indice et les propriétés des traces de la matrice (*i.e.* une diffusion inter-traces) donnant une valeur d'activation à chacune des propriétés, mais aussi une diffusion de l'activation entre les propriétés activées par l'indice et les autres propriétés au sein des traces (*i.e.* une diffusion intra-trace). Ces valeurs d'activation sont ensuite sommées (*i.e.* intégrées) et le résultat ainsi obtenu donnera à la fois la probabilité de répondre et le contenu de ce que Hintzman appelle l'écho.

Nous proposerons donc que ces deux types de diffusion d'activation interviennent en parallèle et soient en compétition pour déterminer le contenu de la récupération<sup>53</sup>. Outre le fait qu'ils dépendent de la nature de l'indice et par conséquent du type de test de mémoire, ces deux types de diffusion d'activation seraient dissociables au niveau des effets qu'ils produisent à la récupération. En effet, nous avons pu mettre en évidence, lors de la récupération, des effets de généralisation et de discrimination clairement tributaires du type de diffusion d'activation (Brunel et al., 2009 b; *en révision a*). L'indice à traiter est généralisé (*i.e.* assimilé aux autres exemplaires de la catégorie) lorsque le contenu de la récupération est déterminé préférentiellement par une diffusion inter-traces. En revanche, l'indice à traiter est discriminé lorsque le contenu de la récupération est préférentiellement déterminé par une diffusion intra-trace. En d'autres termes, si la récupération est avant tout déterminée par une diffusion inter-traces (et une limitation de la diffusion intra-trace), le contenu de cette première aura un fort niveau d'abstraction. A l'inverse, si la récupération est avant tout déterminée par une diffusion intra-trace (et une limitation de la diffusion inter-traces), le contenu de cette première a un fort niveau de spécificité (*i.e.* correspond à une trace unique). On comprend alors que la diffusion inter-traces puisse être une source d'efficacité dans le traitement catégorielle et la diffusion intra-trace dans les activités discriminantes.

De plus, cette compétition est alors clairement tributaire des conditions d'encodage et plus particulièrement : a) de la distribution des traces en mémoire (*i.e.* chevauchement entre les traces, Nairne, 2006 ; voir la distinctivité, chapitre 3 ; les effets de généralisation & discrimination, chapitre 2); b) de la force d'intégration entre les composants au sein de la trace (voir la force, chapitre 3).

## Processus d'intégration à l'encodage

---

A notre connaissance, la question de l'intervention d'un (ou de) processus spécifique à l'encodage n'a jamais été abordée par les modèles basés sur un appariement global (Hintzman, 1986 ; 1988 ; Nosofsky, 1986 ; 1991, Nairne, 2006), ou ces derniers sont très peu décrits (Whittlesea, 1987 ; Gillund & Shiffrin, 1984). Cependant, avec les études sur la source (*i.e.* ensemble de propriétés contextuelles et spatio-temporelles), de nombreux

<sup>53</sup> Ici se situe la principale différence avec MINERVA 2 où, dans le modèle, l'indice active des traces en mémoire en fonction de la similarité entre les propriétés des traces et celles de l'indice (*i.e.* intensité de l'écho). En retour, l'activation d'une trace est distribuée sur chacun de ses composants, et ces activations au niveau des composants sont sommées entre les traces pour déterminer le contenu de la récupération (*i.e.* l'écho)

auteurs font intervenir une notion d'intégration lors de l'encodage d'un épisode (Jonhson et al., 1993 ; Schacter et al., 1998 ; Reder et al., 2009). Bien que les modélisations, comme MINERVA 2, sont capables de prédire et d'expliquer les effets liés à la source (voir Arndt, 2010 ; Hick & Starn, 2006), il nous semble que l'intégration mnésique est un processus déterminant à l'encodage dans la formation des traces (voir Chapitre 1).

L'intégration mnésique à l'encodage déterminerait le poids avec lequel les propriétés de l'épisode sont reliées au sein d'une trace unique (Whittlesea, 1987 ; Whittlesea & Brooks, 1988). Par exemple, lorsque nous oublions l'emplacement de notre voiture dans un parking, nous n'oublions pas notre voiture, mais une configuration spécifique qui s'est établie dans le temps et l'espace (e.g. différence entre hier et aujourd'hui). En d'autres termes, plus le liage entre les propriétés de la trace est fort, plus un indice à la récupération a une forte probabilité d'activer une trace unique ou une faible quantité de traces (voir aussi, Schacter et al., 1998). Dans le cas où les propriétés de l'indice peuvent activer plusieurs composants au sein de nombreuses traces (i.e. diffusion inter-traces), si l'une d'entre elles, ainsi activée, a reçu une intégration forte entre ses propriétés, l'activation aura tendance à se diffuser fortement au sein de cette trace (i.e. diffusion intra-trace) et le contenu de la récupération en sera alors très proche. Là encore, les questions en lien avec la nature de l'indice et le type de tâche sont cruciales. L'intégration mnésique à l'encodage jouerait alors un rôle prépondérant dans les activités discriminantes en facilitant la diffusion intra-trace et en limitant la diffusion inter-traces.

## Objectifs Etude 1 : Evaluer l'activation interactive

Dans la première étude de ce chapitre, nous proposons qu'il soit possible de dissocier le poids de chacune de ces diffusions lors d'une tâche discriminante (i.e. la reconnaissance) en fonction de la probabilité de commettre une erreur (i.e. FS ou ER) lors de la récupération. Dans cette étude, nous ferons abstraction des processus engagés lors de l'encodage<sup>54</sup> pour nous centrer sur l'activation interactive lors de la récupération. Nous proposons que les deux types de diffusion (i.e. inter et intra) déterminent de manière conjointe le contenu de la récupération, mais qu'ils sont tout de même dissociables. L'objectif principal de cette étude sera d'expliquer la propension des individus à faire des erreurs dans les tâches discriminantes en fonction de la compétition entre les diffusions d'activation. En d'autres termes, la probabilité de faire une erreur dans une tâche discriminante sera d'autant plus importante que le contenu de la récupération est avant tout basé sur une diffusion inter-traces. Alors que la probabilité de faire une erreur devrait diminuer si le contenu de la récupération est avant tout basé sur une diffusion intra-trace. Le principal postulat que nous acceptons ici est que les deux types de diffusion sont évaluables de manière indépendante au sein de la même tâche (voir tâche des matrices) et que les erreurs de mémoire varient fortement de manière interindividuelle dans les paradigmes DRM (voir aussi variation liée au matériel, Roediger et al., 2001) et MCI.

PARADIGME DRM & MCI - Nous reviendrons dans la partie méthode de l'étude 1 sur les tâches employées mais d'un point de vue général, les FS, et en particulier les fausses reconnaissances (FR<sub>EC</sub>), seront évalués à l'aide d'une adaptation en français du paradigme DRM (Roediger & McDermott, 1995) et les ER seront évaluées à l'aide d'une adaptation du paradigme MCI (Reinitz, Lammers & Cocheran, 1992). Très brièvement, le paradigme DRM repose sur deux phases distinctes : une phase d'étude au cours de laquelle les participants apprennent des listes de mots (e.g. banane, cerise, légume, etc.) construites à partir d'un

<sup>54</sup> Nous reviendrons sur cette question lors de la deuxième étude.

item critique qui n'est pas présent, en vue d'un rappel immédiat à la fin de la présentation de chacune des listes, et une phase test au cours de laquelle les participants effectuent une tâche de reconnaissance à la fois sur des items étudiés (*i.e.* des mots des listes) et des items non-étudiés (*i.e.* reliés, non-reliés et critiques). Le résultat classique observé en reconnaissance est un taux de fausse reconnaissance pour les items non-étudiés critiques significativement supérieur aux autres items non-étudiés. Le paradigme MCI repose lui aussi sur deux phases distinctes : une phase d'étude au cours de laquelle les sujets apprennent une liste de non-mots CVC-CVC suivie d'une phase test au cours de laquelle, les participants effectuent une tâche de reconnaissance sur des items étudiés (*i.e.* un non-mot de la liste) ou non-étudiés (*i.e.* une recombinaison de deux non-mots anciens ou une combinaison d'une syllabe ancienne et d'une autre nouvelle). Le résultat classique observé en reconnaissance est un taux d'erreur pour les items non-étudiés recombinaisonnés (*i.e.* MCI) significativement supérieur à l'autre type d'item non-étudié (*i.e.* feature).

Notre première hypothèse portera sur la réplique des résultats qui montrent que ces erreurs sont présentes chez les sujets sans trouble de mémoire. Plus particulièrement, dans notre version du paradigme DRM, on s'attend à un taux de  $FR_{ec}$ , pour les items critiques non-étudiés significativement plus important que pour les autres types d'items non-étudiés, et, dans notre version du paradigme MCI, un taux d'erreur significativement plus important pour les items non-étudiés MCI (*i.e.* une ER) que pour les items non-étudiés Feature.

ERREURS ( $FR_{ec}$  & ER) et ACTIVATION INTERACTIVE – Pour plus de simplicité, nous ne traiterons que la tâche de reconnaissance et suivrons les assertions des modèles d'appariement global pour caractériser l'activité de reconnaissance. Dans ce type de modèle, un item test est jugé ancien si l'activation engendrée par ce dernier dépasse un seuil d'activation (voir Hintzman, 1986 ; Nosofsky, 1991).

Dans le cas du paradigme DRM, les  $FR_{ec}$  (*i.e.* ici une réponse « ancien » pour un item critique) proviennent non seulement de l'intégration d'une série de diffusion inter-traces entre les propriétés de l'indice et celles des traces d'items étudiés en mémoire (puisque l'indice possède une forte similarité avec ces dernières, voir Arndt & Hirshman, 1998) mais aussi d'un manque de diffusion de l'activation intra-trace. En effet, lorsque l'indice à traiter est fortement similaire à des traces d'items étudiés (*i.e.* une majorité de ces propriétés qui s'apparient dans un grand nombre de traces), l'intégration des activations diffusées de manière inter-traces donnera une valeur d'activation qui a de forte probabilité de dépasser le seuil de jugement. En revanche, si l'activation diffuse à la fois au niveau inter-traces et intra-trace (*i.e.* activation de propriétés qui ne correspondent pas à l'indice), l'intégration des activations diffusées de manière inter et intra donnera une valeur d'activation qui a une faible probabilité de dépasser le seuil. La relation entre diffusion inter-traces et intra-trace devrait être un prédicteur important de la probabilité de faire une  $FR_{ec}$ .

Un point important est que nous ne disons aucunement qu'une diffusion inter-traces est uniquement une source d'erreur. Bien au contraire, nous pouvons souligner que le traitement dans une activité catégorielle sera d'autant plus efficace que le contenu de la récupération est avant tout déterminé par une diffusion d'activation inter-traces (voir chapitre 2). En revanche, dans les activités discriminantes (*i.e.* reconnaissance, rappel), elle est à la fois source de réponse correcte mais aussi d'erreurs (*e.g.* pour une discussion similaire voir l'opposition entre typicalité et distinctivité, Nosofsky & Zaki, 2003).

Dans le cas du paradigme MCI, les ER (ici une réponse « ancien » pour un item MCI) surviennent principalement à cause d'un manque de diffusion intra-trace. De par la nature du matériel en phase d'étude (*i.e.* non-mots CVC-CVC ne correspondant à aucun mot de la

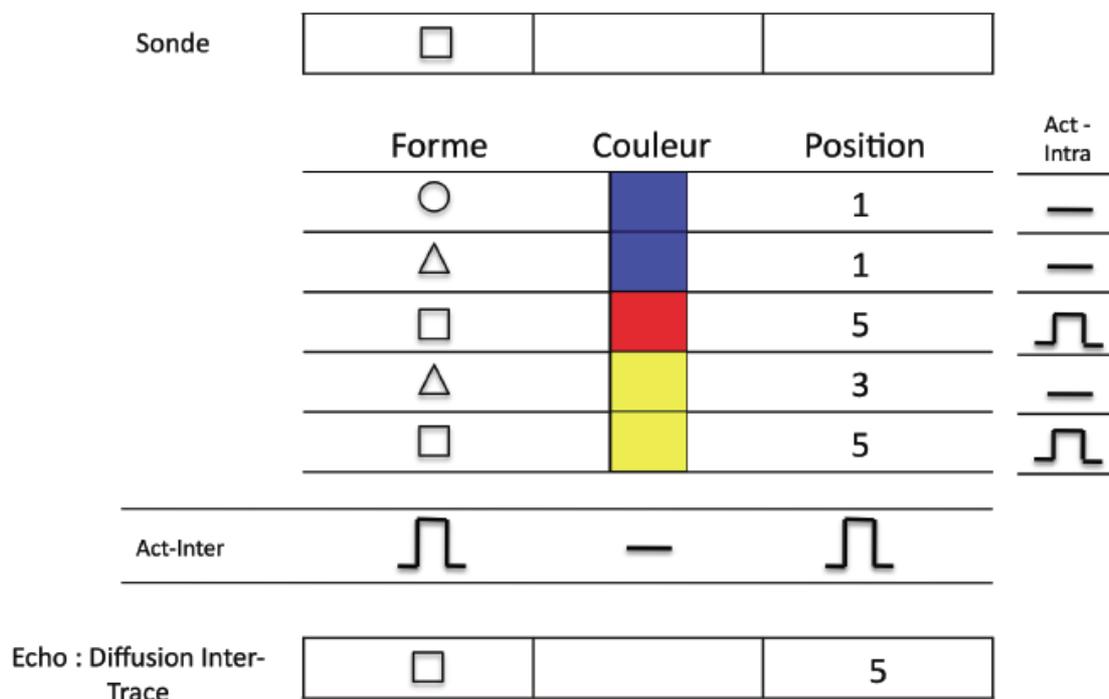
langue), l'indice entraîne une diffusion inter-traces limitée (*i.e.* 1 ou 2 traces similaires). En effet, dans ce paradigme, une erreur de recombinaison interviendra lorsque l'indice (*i.e.* item non-étudié MCI) active deux propriétés dans deux traces différentes d'items étudiés et que ces activations ne se diffusent pas au sein des traces. Cette activation a alors une probabilité plus importante de dépasser le seuil de reconnaissance que lorsque l'indice n'active qu'une seule propriété (*i.e.* item non-étudié *Feature*). De par la configuration du paradigme et la nature du matériel (*i.e.* non-mots CVC-CVC), nous avons retenu celui-ci pour l'étude de l'intégration à l'encodage dans notre deuxième expérience.

Notre deuxième hypothèse suppose que plus la compétition entre diffusion inter-traces et intra-trace se fera en faveur d'une diffusion inter-traces, plus la probabilité de faire une  $FR_{EC}$  (*i.e.* une réponse positive pour un item critique) au sein de notre paradigme DRM devrait augmenter chez les participants. En même temps, plus la diffusion intra-trace sera forte, plus la probabilité de faire une ER (*i.e.* une réponse positive pour un item MCI) au sein de notre paradigme MCI devrait diminuer.

EVALUER L'ACTIVATION INTERACTIVE - Rappelons que, pour nous, ces deux types de diffusion de l'activation ne sont pas nécessairement indépendants mais interviennent en parallèle et sont en compétition pour déterminer le contenu de la récupération. Le principal défi méthodologique était alors de proposer une tâche où l'indice proposé au participant favorise de manière la plus indépendante possible une des deux diffusions.

Nous avons créé une tâche (*i.e.* tâche des matrices, voir la section méthode de l'étude 1) dans laquelle les participants sont invités à apprendre les propriétés de figures géométriques (forme et couleur) et leur positions spatiales au sein d'une succession de matrice de 9 cases. Afin d'évaluer les deux types de diffusion et pour des raisons de praticité, cette tâche repose sur le postulat de MINERVA 2 au niveau de l'encodage (*i.e.* chaque propriété<sup>55</sup> de l'épisode est conservée en mémoire au sein d'une trace non distribuée). À l'issue de la phase d'apprentissage, les participants sont invités à retrouver la position spatiale soit d'une propriété commune à plusieurs traces (voir figure 26), soit d'une combinaison spécifique de deux propriétés (*i.e.* un item, voir figure 27).

<sup>55</sup> Ici, la forme, la couleur et la position spatiale (*e.g.* Slotnick & Schacter 2006 ; Labeye, Brunel & Versace, *en révision*)



*Figure 26 : Illustration de la diffusion inter-traces pour une réponse « propriété » correcte dans la tâche des matrices. Chaque trace dans la matrice de mémoire est définie par trois primitives (forme, couleur, position spatiale).*

*Notes. Act-Inter : Activation inter-traces ; Act-Intra : Activation Intra-trace.*

Dans la figure 26, le participant doit récupérer la position spatiale associée à la forme « carré ». L'indice (*i.e.* la sonde) perceptivement présent est commun à plusieurs traces. Le contenu de la récupération est alors préférentiellement déterminé par une diffusion inter-traces, la couleur étant ici une propriété non pertinente.

En revanche, lorsque le participant doit récupérer la position spatiale associée à la figure triangle-jaune (voir figure 27), ici encore, la sonde ou l'indice a ses propriétés qui s'apparient avec plusieurs traces. Cependant, lorsque la réponse du participant est correcte, le contenu de la récupération sera nécessairement déterminé par une diffusion intra-trace (tous les triangles ne sont pas associés à la couleur jaune et à la même position).

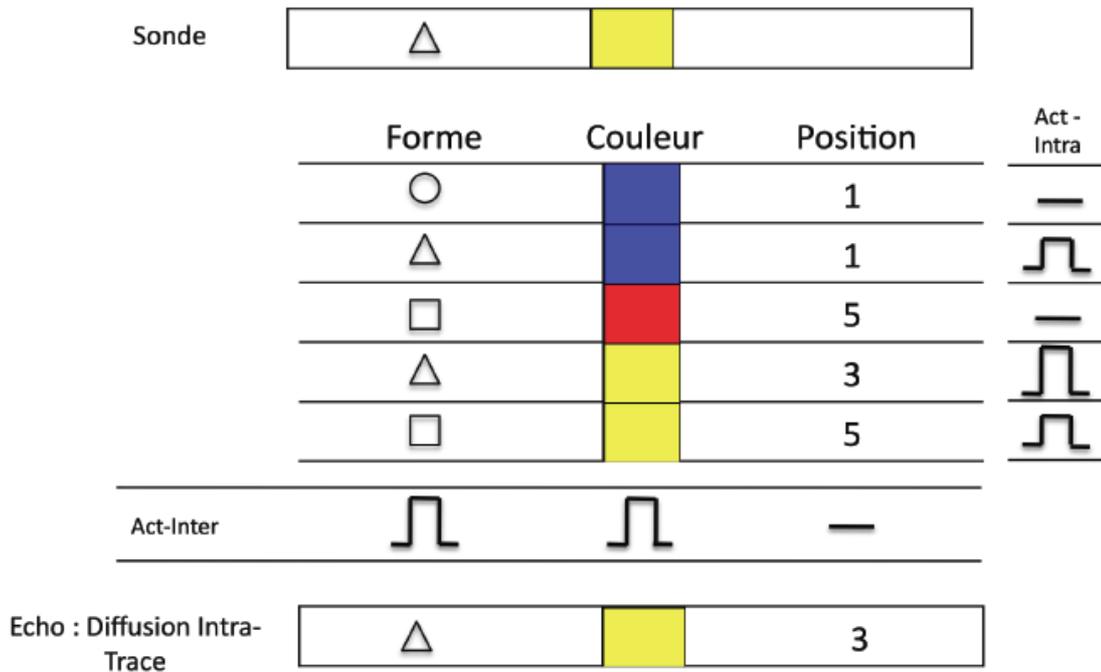


Figure 27 : Illustration de la diffusion intra-trace pour une réponse « item » correcte dans la tâche des matrices. Notes. Act-Inter : Activation inter-traces ; Act-Intra : Activation Intra-trace.

Avec cette tâche, nous nous attendons à pouvoir évaluer de manière quasi indépendante des réponses basées sur une activation inter-traces ou intra-trace. Plus particulièrement, le score pour les réponses « propriétés » servira d'indice à la diffusion inter-traces et le score « item » servira d'indice à la diffusion intra-trace. Cette tâche servira directement à opérationnaliser notre deuxième hypothèse. En d'autres termes, nous nous attendons à ce que : 1) plus les participants basent leurs réponses sur une diffusion inter-traces (*i.e.* plus le score propriété sera supérieur au score item), plus le taux de  $FR_{EC}$  devrait augmenter (ce qui signifie que les deux scores devraient être des bons prédicteurs de la variabilité interindividuelle pour les  $FR_{EC}$  dans notre paradigme DRM) ; 2) plus les participants basent leurs réponses sur une diffusion intra-trace (*i.e.* score item élevé), plus le taux d'ER devrait diminuer celles-ci ER étant principalement dues à un manque de diffusion intra-trace, (ce qui signifie que le score « item » devrait être un bon prédicteur de la variabilité interindividuelle pour les ER dans notre paradigme MCI).

## Objectifs Etude 2 : tester le processus d'intégration à l'encodage.

---

Cette étude<sup>56</sup> s'inscrit directement dans la continuité de la première. Contrairement à la précédente, nous nous centrerons ici sur les processus engagés à l'encodage (*i.e.* intégration mnésique). Nous faisons donc l'hypothèse que ces processus modifient la distribution des traces en mémoire (voir modèle *USVD* chapitre 3), ce qui va orienter la compétition entre les deux types de diffusion d'activation que nous avons précédemment décrits. Plus particulièrement, comme nous l'avons déjà évoqué, l'intégration mnésique à l'encodage doit jouer un rôle prépondérant dans les activités discriminantes (ici, le rappel et la reconnaissance) en facilitant la diffusion intra-trace et en limitant la diffusion inter-traces.

**INTEGRATION MNESIQUE & ER** – Dans le paradigme MCI (Reinitz, Lammers & Cocheran, 1992), lors de la phase test, les participants commettent plus d'erreurs pour les items non-étudiés *MCI* que pour les items non-étudiés *Feature*. Pour les auteurs, ce pattern de résultats est un argument contre un stockage holistique des stimuli en une trace unique et indivisible. En effet, pour eux, les informations sont stockées sous la forme de traces de type propriété pour chacune des syllabes des non-mots (voir McClelland & Rumelhart, 1985). Ainsi les ER (*i.e.* pour les items MCI) seraient des erreurs d'intégration entre ces traces au moment de la récupération. Cependant, il nous semble que cette explication n'est pas suffisante pour expliquer que les items étudiés soient plus efficacement traités que les items non-étudiés MCI (voir Schacter et al. 1998). En d'autres termes, qu'est-ce qui permet au système de faire la différence entre une erreur d'intégration et une intégration « correcte » lors de la récupération ?

A l'encodage, la configuration spécifique entre les propriétés d'un épisode recevrait un poids au sein de la trace. Plus le poids sera important, plus la configuration entre les propriétés sera distinctive par rapport aux autres configurations (*i.e.* limitation d'une diffusion inter-traces à la récupération). Nous pouvons faire l'hypothèse que, si lors de l'encodage le poids de la configuration de chaque trace est suffisamment important, le pattern observé en phase test dans le paradigme MCI devrait alors sensiblement se modifier avec une diminution de la probabilité d'observer des erreurs dues à un manque de diffusion intra-trace (*i.e.* ER). Par exemple, si le participant traite à l'encodage un carré rouge et un cercle bleu, on peut prédire que l'activation entraînée par un cercle rouge comme indice soit suffisamment importante pour que le participant juge celui-ci comme étant ancien, si le poids d'intégration de chacune des traces est insuffisant pour qu'une diffusion intra-trace détermine le contenu de la récupération.

**INTEGRATION MNESIQUE & RAPPEL** - Dans le cas du rappel, l'efficacité est directement tributaire d'une diffusion intra-trace où l'indice doit activer peu de traces compétitrices où l'activation va pouvoir se diffuser au sein de toutes les propriétés. En ce sens, l'état de distinctivité de la trace (ou de l'indice, Nairne, 2006) au moment de la récupération est un prédicteur important de l'efficacité mnésique dans les tâches discriminantes (Brunel et al., *en révision b*) en réduisant le nombre de traces compétitrices au moment de l'activation. Nous pouvons faire l'hypothèse que le poids du liage entre les propriétés de la trace au moment de l'encodage est déterminant pour que l'indice active une quantité restreinte de traces (e.g. *item noise process*, Dennis & Humphrey, 2001) et que l'activation puisse se diffuser au sein de celles-ci.

Cette étude a pour objectif d'améliorer l'efficacité mnésique des participants dans des tâches discriminantes (rappel et reconnaissance) en entraînant les participants à intégrer une configuration spécifique lors de la mémorisation d'un épisode. Plus particulièrement,

<sup>56</sup> Avec une partie importante de l'étude réalisée par Amandine REY et Odile ROUSSEAU.

nous faisons l'hypothèse que des participants qui suivront un entraînement à l'intégration multimodale devraient à la fois augmenter significativement leurs performances de mémoire dans des tâches discriminantes comme le rappel mais aussi préférentiellement réduire la propension à faire des erreurs de mauvaises recombinaisons des propriétés d'un item (*i.e.* erreur sur les items non-étudiés *MCI*), et ce comparativement à un groupe avec un entraînement non intégratif.

## Etude 1 : Une mémoire Faillible

L'objectif principal de cette étude sera d'expliquer la propension des individus à faire des erreurs (ici,  $FR_{EC}$  et ER) dans les tâches discriminantes en fonction de la compétition entre les diffusions d'activation.

Notre première hypothèse portera sur la réplication des résultats qui montrent que ces erreurs sont présentes chez les sujets sans troubles de mémoire. Dans notre paradigme DRM, on s'attend à un taux de  $FR_{EC}$ , pour les items critiques non-étudiés significativement plus important que pour les autres types d'items non-étudiés, et dans notre paradigme MCI, un taux d'erreur significativement plus important pour les items non-étudiés *MCI* (*i.e.* une ER) que pour les items non-étudiés *Feature*.

Notre deuxième hypothèse suppose que plus la compétition entre diffusion inter-traces et intra-trace se fera en faveur d'une diffusion inter-trace, plus la probabilité de faire une  $FR_{EC}$  (*i.e.* une réponse positive pour un item critique) dans notre paradigme DRM devrait augmenter chez les participants. En même temps, plus la diffusion intra-trace sera forte, plus la probabilité de faire une ER (*i.e.* une réponse positive pour un item *MCI*) dans notre paradigme MCI devrait diminuer. Puisque ces deux types de diffusion devraient être évalués de manière assez fine avec la tâche des matrices, on s'attend à ce que : 1) plus le score « propriété » des participants sera supérieur au score item, plus le taux de  $FR_{EC}$  augmentera; 2) plus le score « item » des participants augmentera, plus le taux d'ER devrait diminuer (les ER étant principalement dues à un manque de diffusion intra-trace).

## Méthode

[Méthode<sup>57</sup>]

*PARTICIPANTS* - 48 individus ( $\bar{x} = 21,38$ ;  $s = 3,41$ ), tous essentiellement recrutés au sein de l'université Lyon 2, ont participé à cette expérience. Tous possédaient une vision normale ou corrigée.

*MATERIEL* –Pour l'ensemble des tests informatisés nous avons utilisé un ordinateur Macintosh (eMAC G4). Les tâches ont été conçues et gérées à l'aide du logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993).

*PROCEDURE GENERALE* - Après avoir rempli un formulaire de consentement, les participants étaient testés individuellement lors d'une session expérimentale qui durait

<sup>57</sup> Voir Annexe B<sub>1</sub> pour un détail des stimuli utilisés dans les paradigmes DRM & MCI

environ 55 minutes. Ces derniers devaient réaliser trois tâches informatisées (décrites ci-dessous) et 3 tests papier-crayon. Le séquençage exact pour chaque participant est résumé dans la figure 28.

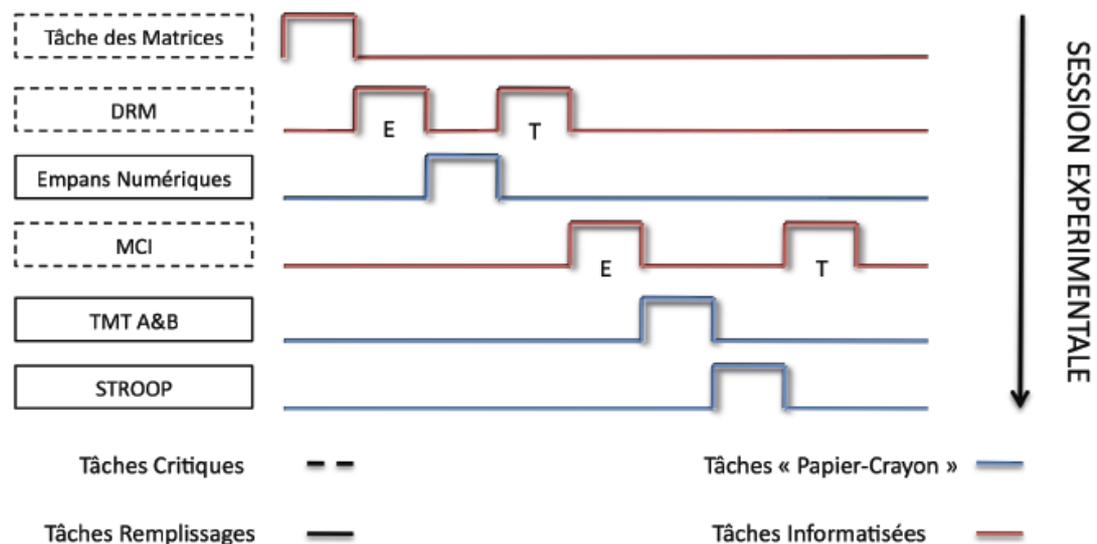


Figure 28 : Déroulement d'une session expérimentale.

Notes. E : Phase d'étude de la tâche ; T : Phase test de la tâche.

**TACHE DES MATRICES** - La tâche des matrices avait pour objectif d'évaluer la capacité des participants à récupérer une information sur la base d'une propriété (*i.e.* la couleur ou la forme, appariement inter-traces) ou sur la base d'un objet (*i.e.* une association spécifique entre une couleur et une forme, appariement intra-trace).

**Stimuli** – Nous avons créé 6 figures géométriques (voir figure 30) qui étaient la combinaison de trois formes (*i.e.* carré, cercle ou triangle) équilibrées en surface ( $4 \text{ cm}^2$ ) et de trois couleurs (*i.e.* Bleu, Rouge ou Jaune) équilibrées en saturation et luminance dans le système TSL (Teinte, Saturation, Luminance). Chaque forme pouvait apparaître au centre d'une case d'une matrice où chacune des cases était d'égale surface ( $16 \text{ cm}^2$ ).

**Procédure** – Pour chaque essai (voir figure 29), le participant voyait apparaître une croix de fixation (1500 ms) au centre de l'écran automatiquement suivi de 5 matrices qui apparaissaient au rythme d'une matrice toutes les deux secondes. Chaque matrice comportait une figure géométrique dans l'une de ces cases. La tâche pour le sujet était d'apprendre à la fois les propriétés de la figure géométrique (forme et couleur) et sa position spatiale dans la matrice, et ce pour chaque matrice. A l'issue de la présentation, les participants devaient récupérer des positions spatiales associées soit : a) à des attributs (*i.e.* une forme ou une couleur) correspondant systématiquement à une position spatiale mais à plusieurs figures géométriques ; b) à des figures géométriques (*e.g.* « où était le triangle jaune ? ») spécifiées par une de leurs propriétés (*i.e.* leur couleur ou position spatiale). A la suite de chacune des questions, le participant avait à sa disposition une matrice vierge qui apparaissait à l'écran au sein de laquelle il indiquait sa réponse à l'aide de la souris, et ce sans limite de temps. Une fois sa réponse donnée, le participant passait à la question suivante et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait répondu à toutes les questions correspondant à l'essai. Débutait alors l'essai suivant.



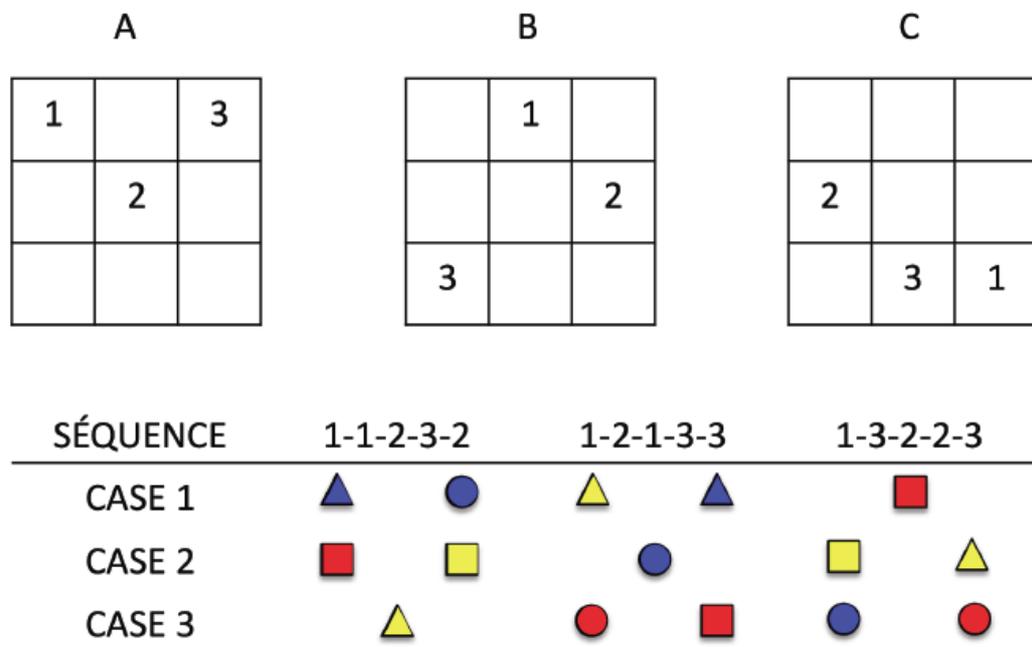


Figure 30 : Illustration des contrebalancements effectués dans la tâche des matrices. A, B et C correspondent aux displays possibles associés à chaque séquence possible.

**PARADIGME DRM** (adaptée de Roediger & McDermott, 1995) - Le paradigme ou tâche DRM avait pour objectif d'évaluer la tendance des sujets à produire des faux souvenirs (*i.e.* faux rappels et fausses reconnaissances) lors de la récupération.

**Stimuli** – 180 mots (police Times New Roman, 48, Gras) ont été utilisés dans cette tâche dont 144 mots étudiés, 24 mots non-étudiés (soit reliés ou non-reliés) et 12 mots non-étudiés critiques. Les mots étudiés ont été répartis en 12 listes adaptées des listes utilisées par Roediger & McDermott (1995, expérience 1 & 2). La particularité des listes de mots est qu'elles sont toutes construites autour d'un mot « critique » (*e.g.* fruit), qui n'est pas présenté au sein de la liste, mais qui est fortement associé aux autres mots de la liste (*e.g.* banane, cerise, légume...)

**Procédure** - La procédure est une procédure classique en deux phases: une phase d'étude et une phase test.

En phase d'étude, les participants étaient confrontés à 6 listes de 12 mots présentés consécutivement. Comme dans les expériences<sup>58</sup> de Roediger et McDermott (1995), chaque liste débutait par son nom (e.g. liste 4) automatiquement suivi par les mots qui défilaient au rythme d'un mot toutes les 1500 ms. A l'issue de la présentation de chacune des listes, les participants avaient alors pour consigne de rappeler à l'écrit un maximum de mots de la liste, pendant une durée maximum de 3 minutes. Une fois le délai écoulé, le participant initiait la présentation de la liste suivante à l'aide d'une touche du clavier. A noter que les 12 listes ont été réparties équitablement dans deux groupes indépendants avec un ordre constant au sein de chacun des groupes. De plus, les participants n'étaient pas informés de la présence d'une phase test ultérieure.

Comme dans les expériences de Roediger et McDermott (1995), nous avons introduit une tâche interférente<sup>59</sup> entre la phase d'étude et la phase test, ici, une tâche d'empan numérique endroit et inverse.

En phase test, les participants étaient informés qu'ils allaient devoir réaliser une tâche de reconnaissance. Ils devaient alors décider si parmi les mots qui défilaient à l'écran, le mot avait été effectivement présenté ou non au sein des listes de la phase d'étude. Les participants étaient invités à répondre le plus efficacement possible (*i.e.* rapidement et correctement) à l'aide de clés de réponses identifiées à l'aide pastilles colorées sur le clavier. Bien évidemment, les clés de réponses ont été contrebalancées entre les participants au sein de chaque groupe. Comme pour Roediger et McDermott (1995), nous avons constitué des blocs de mots tests pour chacun des groupes en phase d'étude. Au sein de ces listes, les mots étaient répartis en 6 blocs de 7 items dont 2 mots étudiés et 5 mots non-étudiés (2 reliés, 2 non-reliés, et le mot critique). Pour chaque liste test, l'ordre des blocs correspondait à l'ordre des listes en phase d'étude.

**PARADIGME MCI** (adaptée de Reinitz, Lammers & Cocheran, 1992) – Le paradigme ou tâche MCI avait pour objectif d'évaluer la tendance des sujets à produire des erreurs dues à la mauvaise reconstruction des propriétés des épisodes.

**Stimuli** – Nous avons constitué un set de 54 syllabes de type CVC (*i.e.* consonne, voyelle, consonne) à partir d'une combinaison pseudo-aléatoire entre 18 consonnes et 6 voyelles, avec comme contrainte que les 6 voyelles de l'alphabet soient représentées de manière équivalente, qu'elles soient associées à chaque consonne, et qu'aucune des syllabes ne forme un suffixe, préfixe ou mot de la langue française. De plus, nous nous sommes attachés à ce que la même consonne ne soit pas représentée 2 fois dans la même syllabe.

A partir des 54 syllabes, nous avons constitué 48 listes (*i.e.* une liste unique pour chaque participant) de 24 non-mots bisyllabiques CVC-CVC. Plus particulièrement, une liste en phase d'étude était constituée à partir de 24 combinaisons aléatoires entre 2 syllabes CVC. Une fois établie, elle servait de base pour établir une liste en phase test. Celle-ci était alors constituée de 18 non-mots CVC-CVC dont 6 étaient des mots étudiés et 12 des mots non-étudiés (respectivement 6 non-mots illusoires et 6 non-mots *feature*). Chaque non-mot de la liste test était déterminé de manière aléatoire : 1) les non-mots étudiés étaient sélectionnés aléatoirement parmi les non-mots de la liste d'étude ; 2) les non-mots illusoires étaient constitués à partir de la combinaison aléatoire entre les syllabes de 12 non-mots de la liste d'étude (sélectionnés aléatoirement) et avec comme contrainte que les syllabes issues du début des non-mots étudiés soient présentées dans la même position dans les non-

<sup>58</sup> A noter que dans l'expérience de Roediger et McDermott les mots sont présentés à l'oral.

<sup>59</sup> Une discussion de 2 à 3 minutes avec l'expérimentateur dans les expériences de Roediger et McDermott.

mots illusoires (la même procédure a été suivie pour déterminer la deuxième syllabe des non-mots illusoires) ; 3) les non-mots *feature* étaient constitués à partir de la combinaison aléatoire entre les syllabes des 6 non-mots restant de la liste d'étude et les 6 syllabes non utilisées pour la création des non-mots étudiés, avec comme seule contrainte d'avoir autant de non-mots *feature* combinant une syllabe nouvelle en première position et une syllabe issue d'un non-mot étudié vue en deuxième position, que de non-mots *feature* combinant une syllabe nouvelle en deuxième position et une syllabe issue d'un non-mot étudié vue en première position. La répétition de cette procédure pour chaque liste d'étude a abouti à la création de 48 listes test.

*Procédure* – Une procédure classique en deux phases : une phase d'étude et une phase test.

En phase d'étude, les participants devaient apprendre une liste de 24 pseudomots de type CVCCVC. Contrairement au paradigme DRM, les sujets étaient clairement informés de l'occurrence d'une phase test. Comme dans les expériences de Reinitz et collaborateurs<sup>60</sup>, afin d'éviter les performances planchers en phase test, la liste était présentée 2 fois dans le même ordre au rythme d'un non-mot toutes les 7500 ms (*i.e.* 6000 ms de présentation et 1500 ms d'intervalle entre deux mots). Pour la première présentation de liste, les participants devaient simplement lire silencieusement le non-mot à l'écran. Pour la deuxième présentation de la liste, les participants devaient répéter à voix haute le non-mot dans l'intervalle séparant deux présentations, et ce afin de s'assurer que les participants percevaient correctement chaque non-mot.

Comme dans les expériences de Reinitz et collaborateurs (1992), nous avons introduit une phase interférente<sup>61</sup> entre la phase d'étude et la phase test : une tâche de flexibilité mentale (*i.e.* *Trail Making Test* : TMT A & B) et une tâche de mesure de l'interférence ou de l'inhibition d'une réponse automatique (*i.e.* le STROOP).

En phase test, les participants étaient informés qu'ils allaient devoir réaliser une tâche de reconnaissance. Ils devaient alors décider si parmi les non-mots qui défilaient à l'écran, le non-mot avait été effectivement présenté ou non au sein de la liste en phase d'étude. Les participants étaient invités à répondre le plus efficacement possible (*i.e.* rapidement et correctement) à l'aide de clés de réponses identifiées à l'aide pastilles colorées sur le clavier. Bien évidemment, les clés de réponses ont été contrebalancées entre les participants.

## Résultats

---

Pour toutes nos tâches, nous n'avons effectué aucun filtre à priori ou à posteriori des données. Avant de s'interroger sur la validation de notre deuxième objectif, nous devons, d'une part, présenter les résultats obtenus dans chacune des tâches et, d'autre part, s'attacher à vérifier statistiquement la conformité de nos résultats aux données de la littérature (hypothèse 1).

### Analyses préliminaires et Conformité des résultats

*Tâches « Papier-Crayon »* - Les données concernant les scores moyens pour chaque tâche sont résumées dans le tableau 3.

<sup>60</sup> A noter que les expériences de Reinitz et collaborateur n'étaient pas informatisées.

<sup>61</sup> Une tâche de détection de cible dans les expériences de Reinitz et collaborateurs.

	TACHES							
	Empan Numérique		TMT (en s)		STROOP (en s)			
	Endroit	Inverse	A	B	Déno.	Lect.	Intr.	$Intr - \left( \frac{lect \times deno}{lect + deno} \right)$
<b>Score Moyen</b>	6.69 (.14)	5.25 (.15)	28 (1)	55 (3)	56 (1)	43 (1)	92 (2)	68 (2)

*Tableau 3 : Scores moyens obtenus dans chaque tâche « papier-crayon ». Les erreurs standard sont données entre parenthèses. Notes. Déno : Dénomination ; Lect. : Lecture ; Intr. : Interférence.*

**TÂCHE DES MATRICES** – Les données concernant les scores moyens et les latences moyennes pour chaque type de questions sont résumées dans le tableau 4. Pour les analyses ultérieures, le score obtenu aux questions « item » renverra à une diffusion « intra-trace » et le score « propriété » renverra à une diffusion « inter-traces ».

	Type de questions	
	Propriété	Item
<b>Score Moyen</b>	<b>15.65 (.28)</b>	<b>9.83 (.24)</b>
<b>Latence</b>	<b>1429 (80)</b>	<b>1681 (107)</b>

*Tableau 4 : Score Moyen et latence (en ms) pour chaque type de questions (propriété ou item). Les erreurs standard sont entre parenthèses.*

D'un point de vue global, il semblerait bien que ces deux types de questions n'interrogent pas le même type de diffusion d'activation. En effet, les participants répondent significativement mieux et plus rapidement aux questions « propriété » qu'aux questions « item » respectivement ( $t(47)=10,88; p<.01$  et  $t(47)= 2,99;p<.01$ ). Nous reviendrons sur ce résultat lors de la discussion intermédiaire.

**PARADIGME DRM** – Au niveau de la phase d'étude, les données du rappel sont résumées dans le tableau 5.

	RAPPEL		
	Brut	Faux Rappel	Rappel Exact
<b>Probabilité</b>	<b>.75 (.013)</b>	<b>.01 (.003)</b>	<b>.74 (.014)</b>

*Tableau 5 : Probabilité de rappel brut, faux rappel et rappel exact (différence rappel brut et faux rappel). Les erreurs standard sont entre parenthèses.*

Contrairement aux études précédentes, à l'aide du paradigme DRM (e.g. Roediger & McDermott, 1995), le taux de faux rappel est marginal dans notre étude. Ceci s'explique en

partie par des résultats en rappel brut nettement supérieurs à ceux observés par Roediger et McDermott (.65, expérience 1). De plus, nous n'avons pas jugé primordial de conduire une analyse sur la position sérielle des faux rappels (Roediger & McDermott, 1995, expériences 1&2) pour chaque participant ou pour chaque liste (voir Roediger et al., 2001).

Au niveau de la phase test, les données sur les probabilités de répondre « ancien » ou « nouveau » pour chaque type d'item ainsi que les latences associées sont résumées dans le tableau 6.

	ANCIEN		NOUVEAU	
	<i>P</i>	RT	<i>P</i>	RT
Items Étudiés	.98 (.006)	944 (36)	.02 (.006)	2206 (735)
Items Non-étudiés				
Critiques	.437 (.037)	1621 (172)	.563 (.037)	1992 (140)
Reliés	.048 (.01)	1315 (171)	.952 (.01)	1138 (57)
Non Reliés	.008 (.004)	1066 (84)	.992 (.004)	994 (44)

Tableau 6 : Probabilité (*P*) de réponse (ancien ou nouveau) et latences (RT en ms) pour chaque type d'items dans la phase test du DRM. Les erreurs standard sont entre parenthèses.

Un premier constat est le taux élevé de reconnaissance correcte pour les items étudiés comparativement à l'étude 1 de Roediger et McDermott (.98 vs. .86). De plus, nous avons conduit une ANOVA à mesures répétées sur la probabilité de répondre ancien avec comme variable aléatoire le facteur Sujet et comme variable intra-sujet, le type d'items non-étudiés.

Cette analyse a mis en évidence un effet principal significatif du facteur type d'items non-étudiés ( $F(2,94) = 129,77, p < .01$ ). Comme illustré par le tableau 6, les contrastes planifiés montrent que les participants font significativement plus de fausses reconnaissances pour les items critiques que pour les items reliés ( $F(1,47) = 175,15, p < .01$ ) et que pour les items non-reliés ( $F(1,47) = 212,37, p < .01$ ), alors que le taux de  $FR_{EC}$  ne diffère pas significativement entre ces deux derniers ( $F(1,47) = 1,79, p = .18$ ).

De plus, étant donnée la répartition des probabilités de répondre « ancien » ou « nouveau », il nous semble que seules les latences pour les items critiques sont comparables. Il apparaît que les participants répondent plus rapidement qu'un item critique est ancien (*i.e.* une fausse reconnaissance) que nouveau (*i.e.* un rejet correct),  $t(40^{62}) = 2,39, p < .05$ .

**PARADIGME MCI** - Les données sur les probabilités de répondre « ancien » ou « nouveau » pour chaque type d'item ainsi que les latences associées sont résumées dans le tableau 7.

<sup>62</sup> Nous avons exclu 7 sujets de l'analyse du fait d'une absence de donnée dans une des conditions (*i.e.* ancien ou nouveau).

	ANCIEN		NOUVEAU	
	<i>P</i>	RT	<i>P</i>	RT
Items Etudiés	.888 (.023)	1441 (61)	.112 (.023)	2239 (342)
Items Non-étudiés				
<i>MCI</i>	.452 (.034)	2152 (232)	.548 (.034)	2182 (166)
<i>Feature</i>	.202 (.027)	2680 (320)	.798 (.027)	1381 (124)

Tableau 7 : Probabilité (*P*) de réponse (ancien ou nouveau) et latences (RT en ms) pour chaque type d'items dans la phase test du paradigme MCI. Notes. MCI : **Memory conjunction illusory**. Les erreurs standard sont entre parenthèses.

Un premier constat est le taux de reconnaissance correcte comparable à celui obtenu par Reinitz et collaborateurs dans l'expérience 1A et 1B (.888 vs. .885). Nous observons aussi que les participants répondent significativement plus « ancien » pour les items non-étudiés *MCI* que *feature*,  $t(47) = 7,89$ ,  $p < .01$ .

Comme pour la phase test du paradigme DRM, il nous semble que seules les latences pour les items *MCI* sont comparables (ancien vs. nouveau). Il apparaît que les latences ne diffèrent pas significativement pour les items MCI,  $t(43)^{63} < 1$ .

### Analyses de Regressions Multiples

Nous nous attendions à ce que les deux scores (*i.e.* propriété et item) obtenus dans la tâche des matrices soient déterminés par deux types de diffusion d'activation différents. De plus, les deux scores devraient être des bons prédicteurs de la variabilité interindividuelle pour les  $FR_{EC}$  dans notre paradigme DRM (*i.e.* relation entre les diffusions inter et intra traces). Le score « item » devrait être un bon prédicteur de la variabilité interindividuelle pour les ER dans notre paradigme MCI (*i.e.* faible diffusion intra-trace).

Nous avons donc dans un premier temps considéré les corrélations bivariées entre nos facteurs et variables à expliquer (*i.e.*  $FR_{EC}$  pour les items critiques & ER pour les items MCI). Ces dernières sont représentées dans le tableau 8.

<sup>63</sup> Nous avons exclu 4 sujets de l'analyse du fait d'une absence de donnée dans une des conditions (*i.e.* ancien ou nouveau)

	Propriété	Item	FR	ER
Propriété	1.00			
Item	.05	1.00		
FR	.41*	-.28*	1.00	
ER	.06	-.51*	.26	1.00

Tableau 8 : Matrice de corrélation des 4 Variables : Fausse reconnaissance, Erreur de Recombinaison et des 2 Scores à la tâche des matrices. Notes. FR : Fausse reconnaissance pour les items critiques de la tâche DRM ; ER : erreur de recombinaison.

Un premier résultat qui nous conforte dans l'idée que les deux types de questions à la tâche des matrices sont déterminés par une diffusion de l'activation différente est le fait que les scores « propriété » (inter) et « item » (intra) ne sont pas significativement corrélés ( $r=.05$  ;  $t(48)<1$ ). Ensuite, le score « propriété » est corrélé positivement avec la production de FR ( $r=.41$ ,  $p<.05$ ) et le score « item » est corrélé négativement avec la production de FR ( $r=-.28$ ,  $p<.05$ ) et d' ER ( $r=-.51$ ,  $p<.05$ ).

Nous avons conduit deux analyses de régression multiples séparées pour chacune des erreurs comme variable dépendante et avec les scores « propriété » et « item » comme prédicteurs. Dans chacune des analyses, les facteurs explicatifs ont été rentrés simultanément. Les résultats de chacune des analyses apparaissent dans les tableaux 9 et 10, en incluant l'indice bêta ( $\beta$ ), les corrélations partielles et la significativité de chacun des prédicteurs. De plus, chacun des tableaux présente les résultats des tests de significativité pour la droite de régression ( $R^2$ ) issue des 2 prédicteurs.

DRM- Comme il est souligné dans le tableau 9, les résultats de l'analyse indiquent que les deux scores sont significativement reliés à la probabilité de faire une fausse reconnaissance.

Variabes	$\beta$	Corrélations partielles	t(45)	$R^2$
Propriété	+ .42	.44	3.27*	.26*
Item	-.30	-.33	-2.36*	

Tableau 9: Résumé de l'analyse de Régression multiple sur les fausses reconnaissances avec les scores « propriété » et « item » comme prédicteurs. Note  $R^2 = .26$ ,  $F(2,45) = 7,82$ ,  $p<.05$ . \*  $p<.05$

En particulier, le score « propriété » est le prédicteur le plus fort ( $\beta = +.42$  ;  $cp = .44$ ,  $t = 3,27$ ). Cela signifie que plus le score « propriété » augmente, plus la probabilité de faire une fausse reconnaissance pour un item critique augmente. De manière inverse, plus le score « item » augmente, plus la probabilité de faire une fausse reconnaissance diminue (

$\rho = -.30$  ;  $cp = .33$ ,  $t = -2,36$ ). La relation entre ces deux prédicteurs explique alors 26% de la variance interindividuelle observée dans la phase test du paradigme DRM.

MCI - Comme il est souligné dans le tableau 10, les résultats de l'analyse indiquent que seul le score « item » ( $\rho = -.50$  ;  $cp = .51$ ,  $t = -3,96$ ) est significativement relié à la probabilité de faire une ER.

Variables	$\beta$	Corrélations partielles	$t(45)$	$R^2$
Propriété	+0.09	.09	<1	.26*
Item	-.50	-.51	-3.96*	

Tableau 10 : Résumé de l'analyse de Régression multiple sur les erreurs de recombinaison avec les scores intra et inter comme prédicteurs. Note  $R^2 = .26$ ,  $F(2,45) = 7,96$ ,  $p < .05$ . \*  $p < .05$

Plus le score « item » augmente, plus la probabilité de faire une erreur de recombinaison diminue. Ce prédicteur explique alors 26% de la variance interindividuelle observée dans la phase test du paradigme MCI.

## Discussion Intermédiaire 1

L'objectif principal de cette étude était de tester l'activation interactive comme mécanisme explicatif de l'efficacité dans les tâches discriminantes (ici la reconnaissance), et ce notamment en fonction du type d'erreur observé dans ces tâches. De cette objectif découlait deux hypothèses qui sont brièvement résumées dans les deux points suivants.

La première hypothèse supposait une réplique des résultats obtenus dans les travaux de Roediger et McDermott (1995) et Reinitz et collaborateurs (1992) auprès des mêmes participants. En ce qui concerne notre paradigme DRM (adaptée de Roediger & McDermott, 1995), nous avons répliqué les résultats princeps observés en phase test dans la tâche de reconnaissance (*i.e.* un taux de fausses reconnaissances significativement supérieur pour les items non-étudiés critiques que pour les autres items non-étudiés), mais échoué à répliquer les résultats en phase d'étude dans la tâche de rappel (*i.e.* un taux de faux rappel marginal). En ce qui concerne notre paradigme MCI (adapté de Reinitz et al., 1992), nous avons répliqué les résultats princeps observés par les auteurs à savoir une probabilité d'erreurs plus importante pour les items non-étudiés (*i.e.* MCI) qui sont une recombinaison de deux items étudiés que pour les items non-étudiés (*i.e.* Feature) dont une partie a été étudiée mais l'autre est nouvelle.

Avec la deuxième hypothèse, nous nous attendions à ce que : a) la propension des participants à faire des fausses reconnaissances pour les items critiques dans notre paradigme DRM s'explique par la résultante d'une relation interactive entre l'indice et les traces en mémoire ; b) la propension des participants à faire des erreurs de recombinaison de stimuli s'explique par la résultante d'une trop faible activation intra-trace engendrée par l'indice.

La tâche des matrices que nous avons proposée aux participants a permis d'isoler deux scores reflétant les deux types de diffusion (*i.e.* respectivement un score « propriété » pour la diffusion inter-traces et un score « item » pour la diffusion intra-trace). Ces deux scores

semblent être qualitativement différents. D'une part, les sujets répondent plus rapidement et plus efficacement aux questions « propriété » qu'aux question « item » et, d'autre part, ces deux scores ne sont pas significativement corrélés entre eux. Notre deuxième hypothèse semble être validée car : 1) les scores « propriétés » et « item » expliquent et sont des prédicteurs importants de la variabilité inter-individuelle dans la production de  $FR_{EC}$  dans notre paradigme DRM ; 2) Le score « item » explique et est un prédicteur important de la variabilité inter-individuelle dans la production d'ER dans notre paradigme MCI.

De cette étude, nous retiendrons que l'activation interactive est un mécanisme permettant d'expliquer l'efficacité dans les tâches discriminantes. Plus particulièrement les erreurs classiques observées dans ce type de tâche (*i.e.* faux souvenirs et erreurs de recombinaison des propriétés d'un épisode) semblent pouvoir s'expliquer à partir d'une relation interactive entre les deux diffusions dans le cas des faux souvenirs (*i.e.* forte diffusion inter-trace et faible diffusion intra-trace), et à partir d'un manque de diffusion intra-trace dans le cas des erreurs de recombinaison (du moins dans le paradigme MCI). Il semblerait que l'efficacité (*i.e.* ratio entre réponses correctes et erreurs) dans les tâches discriminantes implique que l'indice à traiter entraîne une activation qui diffuse très peu au niveau inter-traces et, par contre, qu'au sein du faible nombre de traces activées par l'indice, l'activation puisse se diffuser.

## Etude 2 : Pour devenir infallible ?

Rappelons que cette étude avait pour objectif d'améliorer l'efficacité mnésique des participants dans des tâches discriminantes (rappel et reconnaissance) en les entraînant à intégrer une configuration spécifique lors de la mémorisation d'un épisode. Plus particulièrement, nous faisons l'hypothèse que des participants qui suivront un entraînement à l'intégration multimodale devrait à la fois augmenter leurs performances de mémoire dans des tâches discriminantes (*e.g.* le rappel) mais aussi préférentiellement réduire la propension à faire des erreurs de mauvaises recombinaisons des propriétés d'un item (*i.e.* erreur sur les items non-étudiés MCI), et ce comparativement à un groupe avec un entraînement non intégratif.

## Méthode

---

[Méthode<sup>64</sup>]

*PARTICIPANTS* - 40 individus ( $\bar{x} = 22,26; \sigma = 2,65$ ) recrutés au sein de l'université Lyon 2 ont participé à cette expérience. Tous étaient droitiers et possédaient une vision normale ou corrigée.

*MATERIEL* –Pour l'ensemble des tests informatisés, nous avons utilisé un ordinateur Macintosh (eMAC G4). Les tâches ont été conçues et gérées à l'aide du logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993).

*PROCEDURE GENERALE* - Après avoir rempli un formulaire de consentement, les participants étaient testés en session groupée de maximum 12 participants lors de 2

<sup>64</sup> Pour plus de détails sur les stimuli utilisés voir l'annexe B2.

sessions expérimentales qui duraient environ 35 minutes. De plus, entre les sessions expérimentales, les participants étaient répartis en groupes suivant la nature de leur entraînement à domicile (*i.e.* entraînement sur des items multimodaux vs. entraînement sur des items unimodaux). La procédure générale est illustrée dans la figure 31.

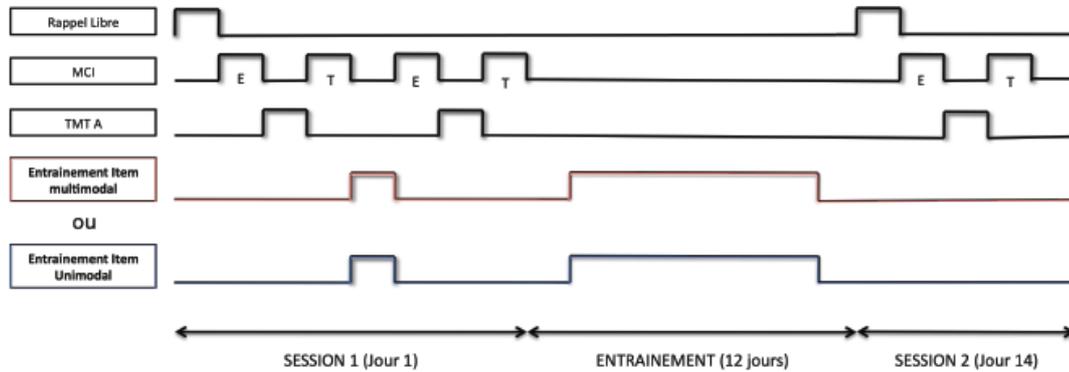


Figure 31 : Déroulement des sessions expérimentales. Notes. E : phase d'étude du paradigme ; T : Phase test du paradigme. ; Il n'y a pas d'interruption entre la phase d'étude et la phase test du rappel.

**ENTRAÎNEMENT** –L'entraînement était une tâche basée sur le principe d'un *Memory*. Il avait pour objectif d'entraîner les participants soit à tenir compte de toutes les propriétés d'un item pour accomplir la tâche (condition multimodale), soit de simplement tenir compte d'une propriété (condition unimodale). Les participants étaient entraînés 13 fois à raison d'un entraînement par jour (*i.e.* un entraînement lors de la première session expérimentale suivi de 12 entraînements à domicile correspondant à 12 jours avant la deuxième session expérimentale). Il était demandé au sujet de réaliser l'entraînement à domicile, quotidiennement, au calme et si possible aux mêmes heures que lors de la première session expérimentale (*i.e.* entre 8h00 et 19h00)

**Stimuli** – Pour l'entraînement unimodal, les stimuli étaient 12 couples de figures complexes (Voir Figure 32, panel 1.A). Pour l'entraînement multimodal, les 12 couples de stimuli (voir figure 32, panel 2.A) étaient une combinaison entre 3 figures géométriques de même surface (*i.e.* un carré, un cercle et un triangle), 3 couleurs (*i.e.* bleu, jaune, rouge) et deux sons « purs » d'une durée de 500 ms (*i.e.* un son aigu et un son grave).

**Procédure** – La procédure pour chaque type d'entraînement et pour chaque session d'entraînement était la même. Au début de chaque entraînement, le participant était invité à réaliser une tâche de type *Memory* avec comme consigne de tenter de retrouver des paires de stimuli unimodaux (voir figure 32, panel 1.B) ou multimodaux (voir figure 32, panel 2.B) repartis dans une matrice de 24 cases (*i.e.* cartes). A l'aide de la souris, le participant cliquait sur un endroit de la matrice, ce qui faisait apparaître une forme visuelle seule ou une figure multimodale en fonction de l'entraînement. Si lors la tentative suivante, il trouvait la forme ou la figure correspondante, le couple restait affiché à l'écran et devenait grisé. A l'inverse, si lors de la tentative suivante, il échouait à retrouver la forme ou la figure correspondante, les deux éléments « retournés » disparaissaient. La même procédure était répétée ainsi de suite jusqu'à que le participant ait retrouvé tout les couples. Dès lors, il était informé de son nombre de tentatives (*i.e.* nombre de cartes retournées).

A noter que la position des couples, quel que soit l'entraînement, était déterminée aléatoirement au début de chaque session d'entraînement pour chaque participant.

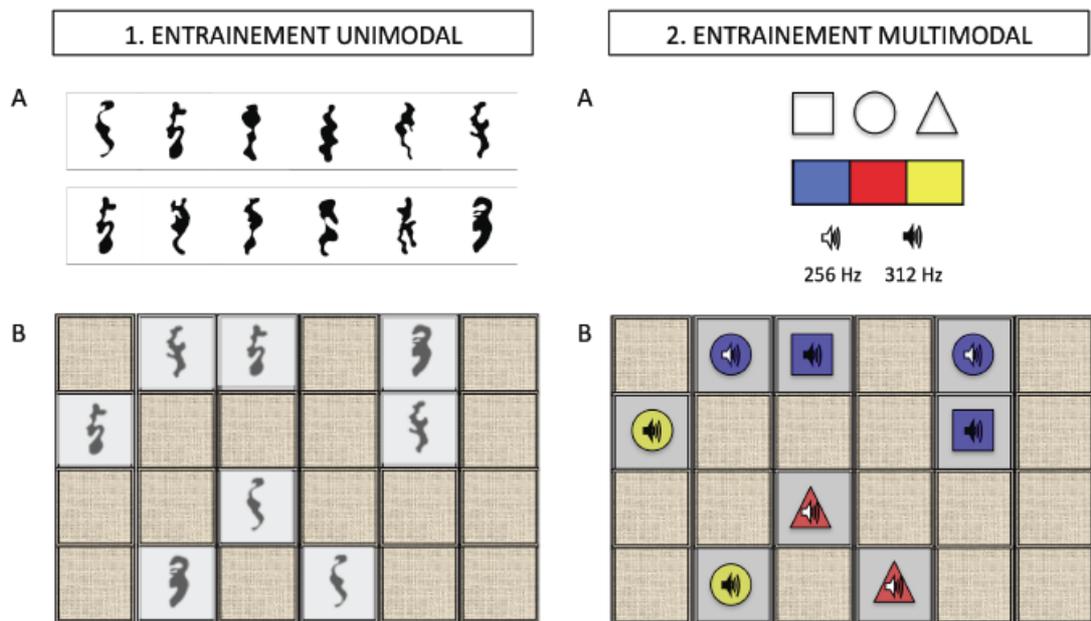


Figure 32 : Illustration de chaque type d'entraînement et des stimuli associés. Panel 1 : entraînement unimodal ; 1.A : 12 stimuli unimodaux utilisés ; 1.B : tâche de Memory. Panel 2 : entraînement multimodal ; 2.A : Propriétés des stimuli multimodaux ; 2.B : tâche de Memory. Notes. Les couples grisés sont les couples découverts par le participant à ce moment du test.

**RAPPEL** - Une tâche de rappel classique divisée en deux phases : une phase d'étude et une phase test.

**Stimuli** – 48 mots décrivant des artefacts divisés en deux listes. Entre chaque liste, les mots sont équilibrés en nombre de lettres (*i.e.*, minimum 5 lettre et maximum 8 lettres) en concrétude (Brunel et al., *en révision b*) et en fréquence lexicale (entre 63 – 3982 occurrence par million, voir la base de donnée Brulex Content, Mousty & Radeau, 1990). Les listes ont été contrebalancées entre les groupes d'entraînement et entre les sessions expérimentales au sein de chaque groupe. De plus, l'ordre de présentation des mots au sein de chaque liste était généré aléatoirement pour chaque participant.

*Procédure* – Pour chaque session expérimentale, la procédure était la même. Durant une session expérimentale, chaque participant était informé qu'il allait voir défiler à l'écran une liste de mots qu'il allait devoir apprendre car il devrait les restituer immédiatement à l'écrit. En phase d'étude, les participants voyaient défiler à l'écran une liste de mots au rythme d'un mot toutes les 1000 ms. A l'issue de la présentation, le participant était invité à reporté à l'écrit un maximum de mot de la liste, et ce pendant une durée fixée à 2 minutes.

*PARADIGME MCI*– Rappelons que la tâche MCI est un paradigme divisé en deux phases : une phase d'étude et une phase test.

*Stimuli* – Les stimuli étaient les mêmes que dans l'étude précédente de ce chapitre. Parmi le panel de listes (étude & test), nous avons pris au hasard 3 listes études et leurs 3 listes tests associées. Rappelons qu'une liste étude est composée de 24 non-mots bysillabiques CVC-CVC et qu'une liste test est composée de 18 non-mots bysillabiques dont 6 étudiés et 12 non-étudiés (6 *MCI* et 6 *Feature*). Deux des listes (*i.e.* étude et test) ont été contrebalancées entre les groupes d'entraînement et entre les sessions expérimentales au sein de chaque groupe, et une des listes (*i.e.* étude et test, correspondant au deuxième test MCI de la première session expérimentale) est restée constante pour chaque sujet dans chaque groupe d'entraînement.

*Procédure.* Pour chaque session expérimentale, la procédure était similaire à la procédure décrite dans l'expérience précédente, à l'exception de la phase d'étude où les participants ne voyaient plus deux fois la liste d'étude mais une seule fois (*i.e.* lecture silencieuse), et ce pour des raisons de praticité expérimentale. De même, la tâche interférente entre la phase d'étude et le test de reconnaissance est beaucoup moins exigeante que dans notre étude précédente, ici uniquement une épreuve visuo-spatiale (*i.e.* TMT A).

## Résultats

Pour toutes nos tâches, nous n'avons effectué aucun filtre a priori ou a posteriori des données sur les tâches critiques (*i.e.* le rappel et la tâche de MCI). Dans la suite de cette section, nous présenterons les résultats de chacune des tâches et de l'entraînement.

*ENTRAÎNEMENT* –Pour chaque session d'entraînement et pour chaque type d'entraînement (*i.e.* multimodal ou unimodal), nous avons enregistré le nombre d'essais des participants, c'est-à-dire le nombre de cartes retournées lors de chaque Memory.

Contrairement à nos consignes, tous les participants n'ont pas réalisé leur entraînement quotidien ce qui rend ininterprétable une analyse tenant compte de l'évolution des performances au sein de chaque groupe au cours des sessions d'entraînements. En revanche, nous nous sommes attachés à vérifier l'appariement des deux groupes d'entraînement sur le nombre moyen d'essais par participant au sein de chaque groupe et sur le nombre de sessions d'entraînement par participant (au minimum <sup>65</sup>) au sein de chaque groupe (voir tableau 11).

<sup>65</sup> Ce qui a amené à l'exclusion de 4 participants (*i.e.*, 2 dans chacun des groupes)

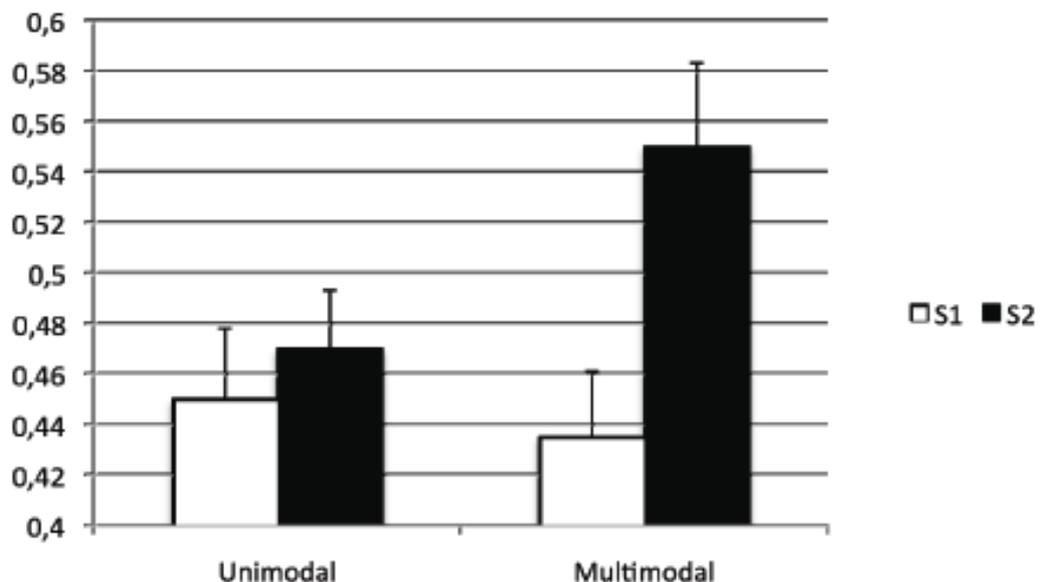
	Nbr Sessions/Participant		Nbr Essais/Participant	
	$\bar{x}$	[Min ; Max]	$\bar{x}$	[Min;Max]
Entraînement Unimodal	10.28 (.25)	[7;12]	64.48 (3.2)	[46;79]
Entraînement Multimodal	9.61 (.49)	[7;12]	71.19 (3.41)	[58;100]

Tableau 11 : Moyenne et bornes du nombre moyen de sessions par participant et du nombre moyen d'essais par participant pour chaque type d'entraînement. Les erreurs standard sont entre parenthèses.

D'après le tableau 11, il apparaît que le nombre moyen d'essais par participant ainsi que le nombre de sessions ne diffèrent pas significativement entre les groupes<sup>66</sup> (respectivement,  $t(35)=0,82$  ;  $p=.42$  et  $t(35)=1.43$  ;  $p=.16$ ).

**RAPPEL** –Nous avons conduit une ANOVA à mesures répétées sur le taux de rappel correct avec le facteur sujet comme variable aléatoire et le facteur entraînement (multimodal vs. unimodal) comme variable inter-sujets et le facteur session expérimentale (test 1 vs. test 2.) comme variable intra-sujet.

L'analyse a révélé un effet principal significatif de la session expérimentale ( $F(1,34)=14,34$  ;  $p<.01$ ). Les participants ont un taux de rappel significativement meilleur en deuxième session ( $\bar{x} = .51$  ; ES =.022) que lors de la première session ( $\bar{x} = .44$  ; ES= .018). L'analyse a aussi révélé une interaction significative entre les facteurs entraînement et session expérimentale ( $F(1,34)= 7,52$ ,  $p<.01$ ) que nous avons représentée dans la figure 33.



<sup>66</sup> Tests de Student bilatéraux sur des échantillons indépendants.

Figure 33 : Probabilité de rappel correct en fonction du type d'entraînement et de la session expérimentale. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Notes. S1 : 1<sup>ère</sup> session expérimentale ; S2 : 2<sup>ème</sup> session expérimentale.

Les contrastes planifiés révèlent que, comme nous l'attendions, l'effet de la session expérimentale est limité au groupe d'entraînement multimodal. En effet, pour celui-ci on observe un effet simple significatif du facteur session expérimentale ( $F(1,17)= 17,74$ ,  $p<.01$ ), alors qu'il est non significatif pour l'entraînement unimodal ( $F<1$ ). Cela montre donc que les individus du groupe d'entraînement multimodal ont significativement augmenté le taux de rappel entre les deux sessions expérimentales alors que ce n'est pas le cas pour les individus du groupe d'entraînement unimodal.

MCI – Nous avons conduit des ANOVA à mesures répétées séparées sur la probabilité de répondre ancien pour les items étudiés (*i.e.* HIT) ou pour les items non-étudiés (*i.e.* facteur type d'item non-étudié à deux modalités MCI ou Feature) et ce avec le facteur Sujet comme variable aléatoire, le facteur Test (*i.e.* T1, T2 ou T3) comme variable intra-sujet et le facteur Nature de l'entraînement (*i.e.* multimodal ou unimodal) comme variable inter-sujets (voir tableau 12).

	ANCIEN ( $p$ )					
	T1		T2		T3	
	U	M	U	M	U	M
Items Etudiés	.667 (.052)	.712 (.044)	.686 (.044)	.714 (.057)	.749 (.047)	.667 (.047)
Items Non-étudiés						
MCI	.518 (.054)	.667 (.047)	.556 (.038)	.574 (.045)	.453 (.044)	.398 (.054)
Feature	.313 (.023)	.259 (.051)	.436 (.039)	.399 (.047)	.417 (.69)	.232 (.040)

Tableau 12 : Probabilité de répondre « ancien » pour chaque type d'items dans la phase test du MCI, en fonction du test et de la nature de l'entraînement. Les erreurs standard sont entre parenthèses.

Les analyses ont révélé que la probabilité de répondre ancien pour les items étudiés (*i.e.* HIT) ne varie pas significativement en fonction du facteur Test ( $F<1$ ) ou du facteur Nature de l'entraînement ( $F<1$ ). De plus, ces facteurs n'interagissent pas significativement entre eux ( $F(2,68)=1,24$ ,  $p=.29$ ). Contrairement à ce que l'on aurait pu attendre, entraîner les participants à tenir compte de toutes les propriétés d'un épisode (*i.e.* entraînement multimodal) n'augmente pas significativement le taux de reconnaissance correcte pour les items étudiés d'un test sur l'autre.

En revanche, les analyses ont révélé que la probabilité de répondre ancien pour les items non-étudiés ne varie pas en fonction de l'entraînement ( $F<1$ ) mais varie significativement en fonction du Test ( $F(2,68) = 9,16$ ,  $p<.01$ ) et du Type d'item ( $F(1,34) = 40,97$ ,  $p<.01$ ). Cependant, contrairement à nos hypothèses, aucune interaction double significative n'a été observée ( $F<1$ ). En revanche, les analyses ont révélé deux interactions simples significatives entre les facteurs Test et Type d'item ( $F(2,68) = 4,58$ ,  $p<.05$ ) et entre les facteurs Entraînement et Test ( $F(2,68) = 4,92$ ,  $p<.01$ ). Ces interactions sont respectivement illustrées dans les figures 34 et 35.

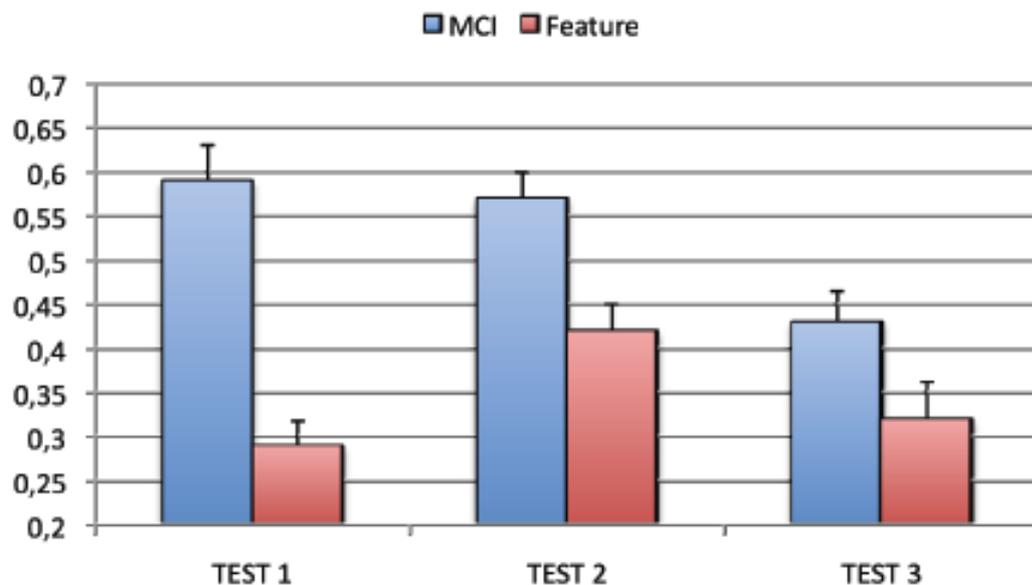


Figure 34 : Taux d'erreur moyen en fonction du Test et du Type d'item. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Quel que soit le type d'entraînement (*i.e.* unimodal ou multimodal), on observe un effet simple du type d'item pour chacune des modalités du facteur Test. En d'autres termes, pour chacun des tests les participants font significativement plus d'erreurs (*i.e.* FA) pour les items non-étudiés MCI que *Feature* (respectivement, T1 :  $F(1,34) = 37,2, p < .01$  ; T2 :  $F(1,34) = 8,65, p < .01$  ; T3 :  $F(1,34) = 4,07, p < .05$ ).

De plus, le taux de chaque type d'erreur évolue différemment en fonction du test. Pour les items MCI, le taux d'erreur n'évolue pas significativement entre T1 et T2 ( $F < 1$ ) ; en revanche, il diminue significativement entre T2 et T3 ( $F(1,34) = 7,07, p < .01$ ). Pour les items *Feature*, le taux d'erreur augmente significativement entre T1 et T2 ( $F(1,34) = 6,78, p < .05$ ), et a une tendance à diminuer entre T2 et T3 ( $F(1, 34) = 3,43, p = .068$ ).

Comme représenté dans le figure 34, l'effet du Test varie en fonction du type d'entraînement. En d'autres termes, pour l'entraînement multimodal un effet simple significatif du facteur Test a été observé ( $F(2,34) = 10,74 ; p < .01$ ). En particulier, pour cette entraînement, le taux d'erreur n'évolue pas significativement entre T1 et T2 ( $F < 1$ ) ; en revanche, il diminue significativement entre T2 et T3 ( $F(1,17) = 18,23, p < .01$ ). Pour l'entraînement unimodal, un effet simple marginal a été observé ( $F(2,34) = 2,6 ; p = .088$ ). En particulier, le taux d'erreur augmente significativement entre T1 et T2 ( $F(1,17) = 4,7 ; p < .05$ ), mais n'évolue pas significativement entre T2 et T3 ( $F(1,17) = 2,76 ; p = .11$ ).

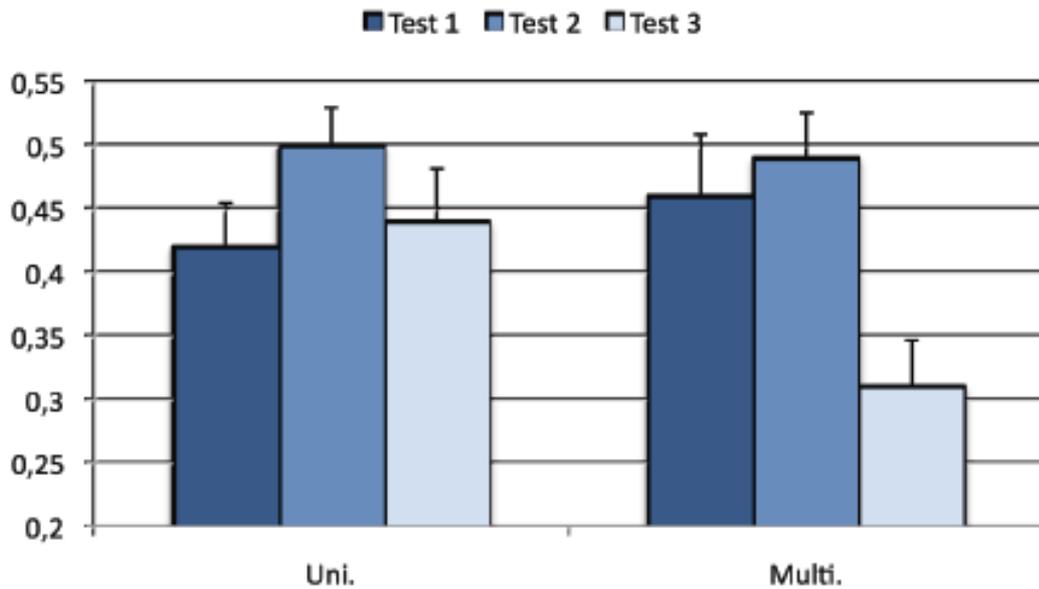


Figure 35 : Taux d'erreur moyen en fonction du type d'entraînement et du Test. Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. Notes. Uni : entraînement unimodale ; Multi : entraînement multimodale.

Afin de synthétiser l'ensemble des résultats obtenu dans le paradigme MCI pour les items non-étudiés, nous nous sommes attachés à présenter les effets de l'entraînement immédiat (T1 vs. T2), c'est-à-dire lors de la première session expérimentale et à long terme (T2 vs. T3) pour chaque type d'item non-étudié et pour chaque type d'entraînement.

*T1 vs. T2* – Pour l'entraînement unimodal, nous avons observé une augmentation significative du taux d'erreur alors que ce n'est pas le cas pour l'entraînement multimodal. De plus, nous avons observé une augmentation significative du taux d'erreur pour les items *Feature* alors que ce n'est pas le cas pour les items *MCI*. Pris ensemble, ces résultats suggèrent que l'augmentation du taux d'erreur pour les participants du groupe unimodal entre T1 et T2 est principalement caractérisée par une augmentation des erreurs de type *Feature*.

*T2 vs. T3* – Pour l'entraînement multimodal, nous avons observé une diminution significative du taux d'erreur alors que ce n'est pas le cas pour l'entraînement unimodal. De plus, nous avons observé une diminution significative du taux d'erreur pour les items *MCI* alors que ce n'est pas le cas pour les items non-étudiés *Feature*. Pris ensemble, ces résultats suggèrent que la diminution du taux d'erreur pour les participants du groupe multimodal entre T2 et T3 est principalement caractérisée par une diminution des erreurs de type *MCI*.

## Discussion Intermédiaire 2

Tout d'abord, l'objectif central de cette étude était de tester indirectement (*i.e.* par le biais d'un entraînement) l'impact d'un processus d'intégration à l'encodage sur l'efficacité dans les tâches discriminantes (*i.e.* rappel et reconnaissance). Ce processus serait impliqué directement : a) dans la distribution des traces en mémoires ; b) dans le liage des propriétés d'un épisode au sein d'une seule trace unique. En d'autres termes, en fonction

de l'intégration des propriétés au sein de la trace seront définis les états de force et de distinctivité de celle-ci (voir chapitre 3). Plus particulièrement, l'intégration mnésique à l'encodage jouerait alors un rôle prépondérant dans les activités discriminantes en facilitant la diffusion intra-trace et en limitant la diffusion inter-traces, l'efficacité s'en trouvant alors améliorée.

De cette expérience nous retiendrons deux principaux résultats qui vont dans le sens d'une intervention d'un processus d'intégration à l'encodage dans l'efficacité mnésique. Dans la tâche de rappel, les participants du groupe ayant suivi un entraînement multimodal ont augmenté significativement leurs performances entre les deux sessions expérimentales. Dans le paradigme *MCI*, les participants ayant suivi un entraînement multimodal ont significativement diminué leurs erreurs pour les items non-étudiés lors du dernier test. De plus, cette diminution serait d'autant plus importante pour les items non-étudiés *MCI*.

## Conclusion

Avec ces deux études, nous avons pour objectif d'étayer expérimentalement l'ajout de deux caractéristiques au modèle (*i.e.* ACT-IN<sup>2</sup>): l'activation interactive à la récupération et un processus d'intégration mnésique à l'encodage.

L'activation interactive se définit alors comme une relation de compétition entre une diffusion de l'activation entre les propriétés similaires de plusieurs traces (*i.e.* inter-traces) et une diffusion de l'activation entre les propriétés au sein d'une même trace (*i.e.* intra-trace). Le contenu de la récupération est alors le résultat d'une intégration de ces activations. Le modèle prédit alors que l'efficacité dans les tâches catégorielles dépend principalement d'une diffusion de l'activation inter-traces et que l'efficacité dans les tâches discriminantes dépend principalement d'une diffusion intra-trace.

Le processus d'intégration à l'encodage se définit comme impliqué dans le maintien des propriétés d'un épisode au sein d'une trace. Son implication est primordiale dans les tâches discriminantes, puisque plus la relation entre les propriétés est forte au sein de la trace, plus l'activation d'une de ses propriétés aura tendance à être diffusée aux autres (*i.e.* diffusion intra-trace).

Nous avons vérifié les prédictions faites par le modèle sur l'efficacité dans les tâches discriminantes en se centrant sur l'activation interactive (ETUDE 1) et sur le processus d'intégration à l'encodage (ETUDE 2).

## En résumé

**L'efficacité** du traitement dans les tâches discriminantes peut s'expliquer par **une relation interactive** entre un indice à discriminer et les traces en mémoire. Plus particulièrement, l'efficacité dans ce type de tâche sera d'autant plus importante que les propriétés de l'indice **activent un faible nombre de traces** et que l'activation puisse **se diffuser à l'ensemble des propriétés** au sein des traces activées par l'indice. En cela, la force avec laquelle les propriétés sont **intégrées** au sein d'une trace doit être suffisante pour permettre une

diffusion de l'activation au sein de la trace. Cette force est probablement déterminée à l'**encodage**.

*Mots clés* : ACT-IN<sup>2</sup> , Activation Interactive, Intégration mnésique à l'encodage, efficacité, Tâches discriminantes

# Chapitre V – Discussion Générale

## Synthèse

L'objectif de cette thèse était à la fois d'apporter des arguments expérimentaux et théoriques à l'approche du fonctionnement mnésique décrite par Versace et collaborateurs (2002 ; 2009). Le modèle ACT-IN (Activation Intégration) est la formalisation proposée par Vallet et collaborateurs (Vallet et al., *en préparation*) de cette approche. Il s'agit d'un modèle hybride entre des approches basées sur un appariement global (avec de multiples instances, Logan, 1988 ; Hintzman, 1986 ; 1988 ; Nosofsky, 1986 ; 1991 ; Whittlesea, 1987) et des approches connexionnistes (McClelland & Rumelhart, 1985 ; Rumelhart & Zimmer, 1985). Les deux principales caractéristiques de ce modèle sont : 1) que le système stocke des traces qui sont de nature épisodique, multimodale et distribuée sur un ensemble de structures cérébrales ; 2) que les connaissances émergent au cours du traitement suivant une dynamique d'activation et d'intégration à partir de ces traces.

Au cours des deux premiers chapitres, nous avons discuté de l'aspect non-abstractionniste<sup>67</sup> du modèle. Dans ce cadre, les connaissances émergent lors de l'activité du sujet en fonction de l'adéquation entre la manière d'acquérir et de restituer les informations. Cela suppose qu'une différence intrinsèque entre les connaissances de nature sensorielle ou abstraite est erronée.

Nous avons surtout traité de l'aspect sensoriel des connaissances lors du premier chapitre. Nous avons mis en évidence, au niveau de la trace mnésique, un certain nombre de caractéristiques : 1) Formation lors d'un épisode perceptif grâce à un processus d'intégration mnésique (*i.e.* épisodique) ; 2) Conservation des propriétés de l'expérience perceptive, elle est donc de nature sensori-motrice (*i.e.* multimodale) ; 3) La distribution n'a pas été examinée dans ce chapitre, cependant un nombre important d'études en imagerie supporte l'idée que les structures qui codent les propriétés des traces sont distribuées sur l'ensemble du cerveau (pour une revue voir Versace et al., 2009). De plus, les traitements censés faire appel à une unité amodale (*i.e.* le concept) semblent être associés à une réactivation de propriétés issues de l'expérience perceptive (*i.e.* une simulation).

Nous avons traité de la question de l'existence de la nécessité d'unité abstraite pour réaliser certaines activités mnésiques lors du deuxième chapitre autour de la notion de catégorie. Alors qu'il est souvent admis que l'efficacité du traitement catégoriel (*e.g.* la catégorisation) fait appel à une unité abstraite (*e.g.* le prototype) de plus « haut niveau » que l'épisode, nous avons souligné le fait que la catégorie est une unité fonctionnelle dans les activités perceptives ou mnésiques et puisse émerger de l'activité du sujet selon un processus d'appariement global.

Au cours du chapitre 3, nous avons traité de la question de la conscience associée à la récupération d'une information. Ce point nous semblait crucial pour deux raisons : 1) l'existence d'une différence qualitative entre les niveaux de conscience associée à la récupération est souvent utilisée pour justifier l'existence de sous-systèmes ou de processus de récupération distincts ; 2) Ce point n'avait jamais été directement traité dans le modèle.

<sup>67</sup> Pour les modèles abstractionnistes, les connaissances conceptuelles sont des abstractions amodales.

A l'issue du chapitre, nous avons proposé que les connaissances émergent à la conscience selon un continuum d'intégration contraint à la fois par la tâche (*i.e.* nature de l'indice) et par l'état de la trace en mémoire (*i.e.* force et distinctivité, voir aussi Cleeremans, 2008). Dans ce cas, la conscience associée à la récupération n'est ni une caractéristique d'une tâche, d'un sous-système ou d'un processus mais un produit de la récupération.

Lors du dernier chapitre, nous avons discuté de l'efficacité mnésique dans les tâches discriminantes. Plus particulièrement, nous avons proposé le modèle ACT-IN<sup>2</sup> qui est une version révisée de ACT-IN. A partir de ce modèle, nous avons mis l'accent sur l'impact d'un mécanisme d'activation interactif au cours de la récupération (ETUDE 1) et illustré le poids d'un processus d'intégration à l'encodage (ETUDE 2).

L'activation interactive est une formalisation plus fine du mécanisme d'activation précédemment décrit dans le modèle. Lors de la récupération, un indice donné (de nature variable, voir chapitre 3) active à la fois les traces qui partagent les mêmes propriétés que l'indice (*i.e.* diffusion inter-traces) et, en parallèle, cette activation se propage au sein des traces (*i.e.* diffusion intra-trace). Le contenu de la récupération est alors déterminé par une intégration continue de ces deux types de diffusion. Une caractéristique importante de la diffusion interactive est que les diffusions inter-traces et intra-trace se font en parallèle et sont en compétition pour déterminer le contenu de la récupération. Nous avons vu que ces deux types de diffusion d'activation sont dissociables en fonction du type d'activité mnésique (*i.e.* catégorielle ou discriminante).

Le processus d'intégration à l'encodage est alors un facteur qui oriente directement cette compétition. Lors de l'encodage, il est primordial pour déterminer le liage entre les propriétés au sein d'une trace et, par là même, la distribution entre ces dernières au sein de la mémoire. Lors de la récupération, en fonction du degré d'intégration des éléments au sein des traces, il va limiter le fait que l'indice active un grand nombre d'entre elles (*i.e.* limitation de la diffusion inter-traces) et, en même temps, favoriser le fait que l'activation se diffuse à l'ensemble des propriétés au sein des traces activées par l'indice (*i.e.* facilitation de la diffusion intra-trace).

Avant de clore cette thèse, il me semble primordial de : 1) proposer une description des caractéristiques du processus d'intégration à l'encodage ; 2) décrire de façon plus fine l'activation interactive en faisant le lien entre les activités catégorielles et discriminantes.

## Section 1 : un Processus d'intégration à l'encodage

Le processus d'intégration que nous avons décrit est largement inspiré de travaux expérimentaux sur la source. Notamment, l'approche « *Source Monitoring Framework* » (Jonhson, 1997 ; Jonhson et al. ; 1993 ; 2008, pour une approche similaire, voir Schacter et al, 1998 ; Reder et al., 2009) suppose que l'évènement mnésique (la trace pour nous) est caractérisé par un ensemble de propriétés phénoménologiques qui sont le résultat de multiples processus cognitifs distribués pendant le traitement initial de l'évènement. Dans cette approche, les processus sont très peu décrits (*i.e.* perception, activité réflexive, états affectifs, croyance etc.), mais elle identifie les structures frontales comme étant censées faire et maintenir le lien entre les propriétés de la trace (*i.e.* lobe frontal, Jonhson, 1997).

Ici, la principale différence avec cette approche est que le processus que nous décrivons est avant tout impliqué dans l'apprentissage perceptif. Nous avons écarté les activités de type réflexif et les états affectifs et subjectifs qui dépendent directement des structures frontales (voir Damasio, 1995 ; Schacter et al., 1998). Nous ne négligeons pas l'importance de ces structures mais nous pensons qu'elles ne sont pas primordiales pour l'apprentissage perceptif et nous verrons qu'elles sont fortement connectées aux structures que nous décrivons. Nous verrons donc que le processus d'intégration mnésique à l'encodage s'inspire très largement de l'organisation fonctionnelle du lobe temporal médian (LTM).

## Une architecture plausible au niveau cérébral

---

De nombreux auteurs s'accordent à dire que le LTM est impliqué à la fois dans les activités perceptives (Bussey & Saksida, 2007) et mnésiques (Eichenbaum et al., 2007 ; Murray et al., 2007 ; Shimamura & Wickens, 2009 ; Squire et al., 2007). De par les relations fonctionnelles entre les structures qui le composent, il est un candidat idéal pour supporter un processus d'intégration.

Le LTM est composé d'un certain nombre de structures organisées et interagissant de manière particulière (Lavanex & Amaral, 2000).

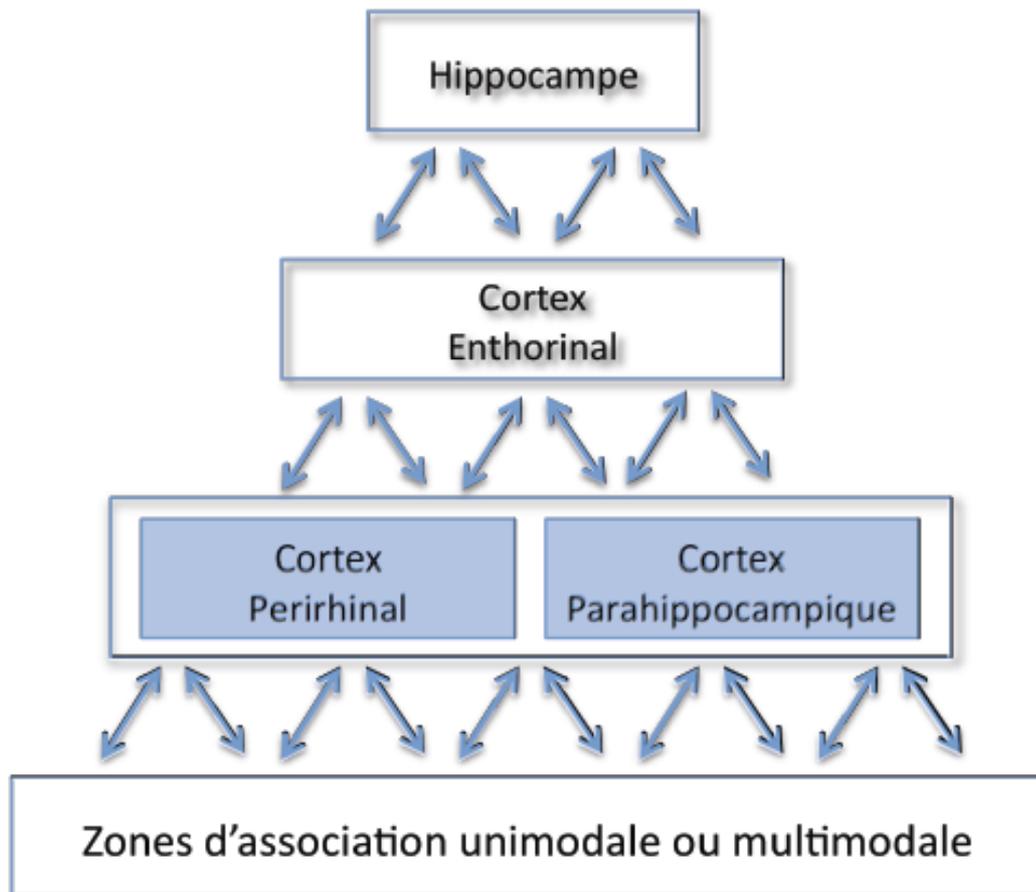


Figure 36 : Illustration des relations entre les structures au sein du lobe temporal médian d'après Lavanex & Amaral, 2000. Notes : les flèches reflètent les liens bidirectionnels entre les structures.

Au sein du LTM (figure 36), les cortex perirhinal et parahippocampique reçoivent des afférences de zones d'association unimodale ou multimodale (*i.e.* le lobe temporal externe) et interagissent entre eux (voir Davachi, 2006, pour les interactions entre ces deux structures). Ces structures vont ensuite projeter l'information vers le cortex enthorinal qui lui même projette l'information vers l'hippocampe. Nous traiterons plus particulièrement des structures suivantes :

Le cortex perirhinal – C'est une zone hautement intégrative qui reçoit des afférences directes des structures cérébrales sensorielles et motrices et qui est capable de projeter sur les structures enthorinal, parahippocampique, l'hippocampe et le cortex frontal (pour une revue voir Murray et al., 2007). En cela, certains auteurs font l'hypothèse que cette structure est centrale dans l'activité mnésique et perceptive (Bussey & Saksida, 2007 ; pour une revue voir Murray et al., 2007). Plus particulièrement, elle serait impliquée dans l'intégration et le

traitement des propriétés multisensorielles des items et objets isolés (Taylor et al., 2006 ; Davachi, 2006).

L'hippocampe – L'hippocampe est la dernière des structures du réseau dans le sens où elle reçoit majoritairement des afférences mais projettent tout de même vers d'autres structures, notamment frontales. De nombreux auteurs proposent que l'hippocampe est responsable du codage relationnel spatial (Davachi, 2006) et temporel (pour une revue voir Eichenbaum et al., 1999) entre des objets au sein d'une situation au cours du temps (Wills et al., 2005). Pour certains modèles à traces multiples, l'hippocampe va jouer le rôle d'index ou de pointeur de la trace en maintenant la relation spécifique entre les propriétés de celle-ci (Nadel & Moscovitch, 1997).

Alors que pour certains auteurs, il est clair que ces structures sont indépendantes selon la nature des troubles qu'une lésion produit (pour un exemple de double dissociation entre ces structures dans la pathologie, voir Lee et al., 2006) ou celle des processus de mémoire impliqués (*i.e.* la familiarité serait dépendante du cortex perirhinale et la recollection de l'hippocampe, Yonelinas et al., 2005). De nombreuses données contradictoires sont plutôt en faveur d'une relation de dépendance entre ces structures (*e.g.* Diana et al., 2008, pour des données comportementales ; Awapi & Davachi, 2008, pour des données en imagerie ; Jonhson et al., 2008 pour une brève revue)

## **Un processus d'intégration hiérarchique, multiplicatif & multimodal**

---

Si le processus d'intégration que nous décrivons est inscrit dans le LTM, nous proposons d'ajouter trois caractéristiques (voir figure 37) :

1. Une hiérarchie : les unités d'une scène perceptive sont intégrées de manière progressive et hiérarchique au sein d'une trace mnésique.
2. Un principe multiplicatif : Cela implique que le processus d'intégration est non linéaire, c'est-à-dire que les unités intégrées sont censées être indissociables au sein de la trace.
3. Une multimodalité : Les unités proviennent d'un ensemble de modalités sensorimotrices.

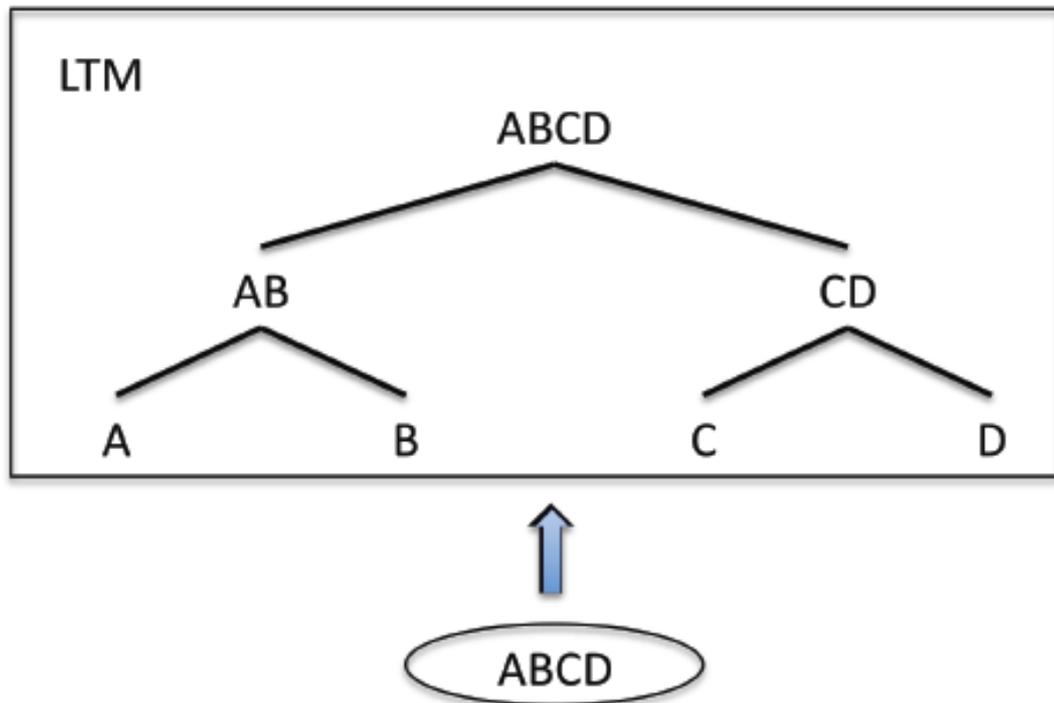


Figure 37 : Illustration du processus d'intégration hiérarchique, multiplicatif et multimodal. Notes. LTM : Lobe temporal médian, ABCD : un événement perceptif.

Le mécanisme d'*unitization* (Goldstone, 1998) participe à l'apprentissage perceptif et, plus particulièrement, il est à la base de la création de nouvelles propriétés (Schyns, Goldstone & Thibaut, 1998) combinant des propriétés perceptives initialement indépendantes unimodales ou multimodales (voir chapitre 2). Ces unités sont fonctionnelles dans les activités mnésiques puisqu'elles sont capables de supporter les activités de classification, de catégorisation (Goldstone, 2000) et de reconnaissance (Goldstone et al., 2004). L'intégration telle que nous la définissons est le processus qui permet le liage des propriétés au sein d'une trace. En cela, il n'est pas différent de l'*unitization*, mais au contraire accepte les assertions de ce dernier au niveau des propriétés (création et unité fonctionnelle) et suggère l'existence de deux niveaux hiérarchiques supplémentaires (l'item et la source).

Dans la version actuelle du processus d'intégration, nous proposons trois niveaux au sein de la trace. Un premier serait le niveau « propriété ». Il correspondrait directement au mécanisme d'*unitization* et permettrait la fusion de propriétés indépendantes en une nouvelle unité. Ce niveau dépendrait directement de la nature des propriétés lors du traitement perceptif (*i.e.* intégrale ou séparable, voir chapitre 2). Un deuxième serait le niveau « item ». Ce niveau correspondrait à une configuration spécifique entre des propriétés « unitized » ou non. Il dépendrait directement du cortex perirhinal et serait sensible au poids relatif de chacune de ces propriétés. Un troisième serait le niveau « épisode ». Ce niveau correspondrait à une configuration spécifique entre un ou plusieurs items et une source, mais aussi entre les items (*i.e.* relations spatiales et temporelles, voir Gomez, Rousset & Baciú, 2009). Il dépendrait directement de l'hippocampe et serait sensible au poids relatif de chacun des items.

## Section 2 : Lier les activités

Nous avons défini l'activation interactive comme participant à la récupération. Ce mécanisme repose sur une compétition entre deux types de diffusion d'activation : une diffusion inter-traces et une diffusion intra-trace. En fonction de la nature et du type de traitement sur l'indice, l'efficacité et le contenu de la récupération seront déterminés préférentiellement par une diffusion inter-traces dans les activités catégorielles ou préférentiellement par une diffusion intra-trace dans les activités discriminantes. Cela sous-entend que la récupération mnésique est toujours une relation interactive entre un indice et des traces en mémoire.

Dans la suite de ce point, nous reviendrons sur les deux types de diffusion et les effets qui peuvent leur être associés, et nous discuterons de la nature de la relation entre ces derniers.

### Diffusion Inter-Traces

---

Nous avons proposé la diffusion inter-traces comme une source d'efficacité dans les traitements catégoriels, en d'autres termes, lorsque l'efficacité du traitement est principalement déterminée par une activation par l'indice d'un grand nombre de traces similaires à celui-ci. En cela, les relations de similarité (perceptive et psychologique) et de distance entre les traces sont une caractéristique primordiale à ce type de diffusion d'activation. On peut alors lui associer des effets de généralisation, de typicalité, de familiarité et des erreurs de type faux souvenirs.

### Diffusion intra-trace

---

Nous avons proposé la diffusion intra-trace comme une source d'efficacité dans les traitements discriminants, en d'autres termes, lorsque l'efficacité du traitement est principalement déterminée par une propagation de l'activation au sein des traces activées par l'indice. En cela, les notions de force et de distinctivité de la trace sont des caractéristiques primordiales à ce type de diffusion de l'activation. On peut alors lui associer des effets de discrimination, de distinctivité et de *recollection* et des erreurs de types mauvaise recombinaison ou distorsion lorsque cette dernière est trop faible.

### relation entre ces deux types de diffusion d'activation

---

Nous avons formalisé la relation entre la diffusion inter-traces et intra-trace au travers une compétition, les deux déterminant conjointement le contenu de la récupération. Cependant, étant donné que la diffusion inter-traces est déterminée par des relations de similarité entre l'indice et les traces en mémoire, il semble évident qu'elle soit plus rapide et moins coûteuse que la diffusion intra-trace. De plus, cette dernière étant toujours initiée après une diffusion inter-traces, il semble évident qu'elle soit plus lente et coûteuse. Si ces deux types de diffusion d'activation peuvent déterminer conjointement, mais aussi sélectivement, le contenu de la récupération, est-ce que cela signifie qu'il existe une différence qualitative entre les deux ?

Si la diffusion inter-traces est impliquée dans l'efficacité des activités catégorielles, son altération devrait entraîner des troubles dans ce type d'activité. A l'inverse, si la diffusion

intra-trace est impliquée dans l'efficacité des activités discriminantes, son altération devrait entraîner des troubles dans celles-ci. En d'autres termes, si chacune d'entre elles peut être sélectivement altérée, on devrait pouvoir observer une double dissociation entre ces deux types d'activité. Supposer une différence qualitative entre ces deux types de diffusion d'activation semble être une explication pertinente à l'existence d'une double dissociation entre mémoire épisodique et mémoire sémantique (voir Graham et al., 2000)

## Conclusions Générales

L'objectif de cette thèse était d'apporter une contribution générale à l'approche développée par Versace et collaborateurs (2002 ; 2009) autour de la question d'efficacité mnésique.

Avec le modèle ACT-IN<sup>2</sup>, nous avons proposé une version révisée et formalisée de cette approche. En effet, afin de rendre compte de la formation des traces mnésiques, nous avons ajouté au modèle un processus d'intégration mnésique à l'encodage. Afin de rendre compte de l'efficacité mnésique à partir du modèle, nous avons ajouté deux contraintes aux mécanismes d'activation : l'interaction et la compétition.

En l'état, le modèle est capable non seulement d'expliquer l'efficacité dans le traitement mnésique mais aussi de rendre compte des relations entre encodage et récupération. Cependant, il reste limité à l'explication des phénomènes d'apprentissage et de récupération « guidés » par la perception, et ce sans tenir compte d'autres processus cognitifs tels que l'attention et la mémoire de travail. En effet, ne serait-ce que la question de l'émotion (voir Versace et al., 2002 ; Barsalou, 2008) et de sa relation avec le modèle serait intéressante à envisager. De plus, est-ce que l'intégration mnésique à l'encodage est nécessairement contrainte par l'attention (*voir, Binding problem*<sup>68</sup>) ? Certains auteurs soutiennent que l'intégration perceptive nécessite que l'attention soit focalisée dans un endroit de l'espace (Treisman & Gormican, 1988) et que le maintien de cette association est une caractéristique de la mémoire de travail (Baddeley, 2000 ; Wheeler & Treisman, 2002 ; Gardelle, Sackur & Krouider, 2009). D'autres auteurs ont montré que l'attention focalisée n'était pas nécessaire ni à l'intégration perceptive, ni à son maintien (Delvenne, Cleeremans & Laloyaux, 2009) et que l'implication de la mémoire de travail n'était pas si évidente (Karlsen et al., 2010).

Enfin, Le modèle ACT-IN<sup>2</sup> est avant tout un modèle à traces multiples donc il est critiquable sur le fait qu'il ne précise pas exactement les conditions de création d'une trace (*i.e.* à partir de quand le système crée une nouvelle trace ?) et qu'il admet toujours une certaine indépendance entre les traces (pour une discussion, voir Versace et al., 2009)

## Perspectives de recherche

Il nous semble qu'à l'issue de cette thèse, le modèle ACT-IN<sup>2</sup> est un point d'ancrage à de futures recherches. Notamment nous pourrions développer les axes suivants :

**PREMIER AXE** - Un premier axe de recherche pourrait s'articuler autour du processus d'intégration mnésique à l'encodage et de l'étude systématique de ses caractéristiques (*i.e.* hiérarchique, multiplicative et multimodale). Notamment, nous pourrions dans un premier temps nous focaliser sur les relations entre *unitization* de propriété et représentation de l'item en mémoire dans des études comportementales.

<sup>68</sup> Si la perception implique l'activation d'unité distribuée sur l'ensemble du cerveau, l'attention focalisée va permettre à ces activations de s'intégrer afin d'avoir un percept unifié (Voir, Treisman & Gormican, 1988 ; Wheeler & Treisman, 2002)

*DEUXIEME AXE* – Un deuxième axe pourrait directement porter sur l'activation interactive et ses composants (*i.e.* diffusion inter-traces et diffusion intra-trace). Notamment, nous pourrions tester son implication dans les pathologies du fonctionnement mnésique. Et pourquoi pas proposer dans un deuxième temps une méthode d'évaluation normée qui permette d'évaluer le type d'altération mnésique (*i.e.* sémantique ou épisodique) ?

*TROISIEME AXE* – Un troisième axe de recherche pourrait être consacré à une formalisation computationnelle du modèle et à une implémentation de ce dernier dans une structure connexionniste type réseau de neurones artificiels. Il faudrait alors tenir compte d'une caractéristique temporelle relative à la dynamique d'émergence des connaissances.

## Références bibliographiques

- Arndt, J. (2006). Distinctive information and false recognition: The contribution of encoding and retrieval factors. *Journal of Memory and Language*, 54, 113-130.
- Arndt, J. (2010). The role of memory activation in creating false memories for encoding context. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory & Cognition*, 36, 66-79.
- Arndt, J. & Hirshman, E. (1998). True and false recognition in MINERVA 2: Explanations from a global matching perspective. *Journal of memory and language*, 39, 371 – 379.
- Ashby, F. G., Alfonso-Reese, L.A., Turken, U., & Waldron. E. M. (1998). A neuropsychological theory of multiple systems in category learning. *Psychological Review*, 105, 442-481.
- Ashby, F. G., & Maddox, W. T. (2005). Human category learning. *Annual Review of Psychology*, 56, 149-178.
- Ashby, F. G., & Townsend, J. T. (1986). Varieties of perceptual independence. *Psychological review*, 93, 154-179.
- Awipi, T., & Davachi, L. (2008). Content-specific source encoding in human medial temporal lobe. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 34, 769–779.
- Bach, P., & Tipper, S. P. (2006). Bend it like Beckham: Embodying the motor skills of famous athletes. *The quarterly journal of experimental psychology*, 59, 2033-2039.
- Badard, G. (2007). Activation et intégration multimodale en mémoire à long terme. Thèse de doctorat de l'université Lumière Lyon 2 (Psychologie Cognitive).
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer : a new component of working memory ? *Trends in cognitive sciences*, 4, 417-423.
- Banassy, M. J., & Ward, J. (2007). Mirror-touch synesthesia is linked with empathy. *Nature neuroscience*, 10, 815-816.
- Barsalou, L. W. (1993a). Flexibility, structure, and linguistic vagary in concepts: Manifestations of a compositional system of perceptual symbols. In A. Collins & S. Gathercole (Eds.) *Theories of memory* (pp. 29-101). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Barsalou, L. W. (1993b). Challenging assumptions about concepts. *Cognitive Development*, 8, 169-180.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol system. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 557 –609.
- Barsalou, L.W. (2005). Abstraction as dynamic interpretation in perceptual symbol systems. In L. Gershkoff-Stowe & D. Rakison (Eds.), *Building object categories* (389-431). Carnegie Symposium Series. Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Barsalou, L.W. (2008). Grounded Cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Barsalou, L.W., Simmons, W.K., Barbey, A., & Wilson, C.D. (2003a). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 84-91
- Barsalou, L.W., Pecher, D. & Zeelenberg, R., Simmons, W.K., & Hamann, S.B. (2003b). Multi-modal simulation in conceptual processing. In W. Ahn, R. Goldstone, B. Love, A. Markman, & P. Wolff (Eds.), *Categorization inside and outside the lab: Festschrift in honor of Douglas L. Medin*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Bensafi, M., Sobel, N., & Khan, R.M. (2007). Hedonic-Specific Activity in Piriform Cortex During Odor Imagery Mimics That During Odor Perception. *Journal of Neurophysiology*, 98, 3254–326
- Beisteiner, R., Höllinger, P., Lindinger, G., Lang, W., & Berthoz, A. (1995). Mental representations of movements. Brain potentials associated with imagination of hand movements. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology / Evoked Potentials Section*, 96, 183-193
- Beauchamp, M. S., Lee, K. E., Argall, B. D., & Martin, A. (2004). Integration of auditory and visual information about objects in superior temporal sulcus. *Neuron*, 41, 809-823.
- Benjamin, A. S. (2001). On the dual effects of repetition on false recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 941–947.
- Benjamin, A. S., Diaz, M., & Wee, S (2009). Signal detection with criterion noise: Applications to recognition memory. *Psychological review*, 116, 84-115.
- Berry, C. J., Shanks, D. R., & Henson, R. N. A. (2008). A single-system account the Relationship between priming, recognition and fluency. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory & Cognition*, 34, 97-111.
- Blanke, O., Origue, S., Landis, T., & Seeck, M. (2002). Stimulating illusory own-body perceptions. *Nature*, 419, 269-270.
- Blanke, O., Landis, T., Spinelli, L., & Seeck, M. (2004). Out-of-body experience and autoscapy of neurological origin. *Brain*, 127, 243-258.
- Blaxton, T. A. (1989). Investigating dissociations among memory measures: Support for a transfer-appropriate processing framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 15, 657–688.
- Brainerd, C. J., Reyna, V. F., & Kneer, R. (1995). False recognition reversal: When similarity is distinctive. *Journal of Memory and Language*, 34, 157–185.
- Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009a). The sensory nature of episodic memory: sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 35, 1081-1088
- Brunel, L., Vallet, G., Riou, B., & Versace, R. (2009b). The sensory nature of knowledge: Generalisation vs. specification mechanisms. In N.A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2789-2794). Cognitive Science Society
- Brunel, L., Cherdieu, M., Laurent, S., & Versace, R. (2009c, September). Memory trace Strength : An integrated memory trace ? *Poster presented at the 16th ESCoP conference*, Krakow, Poland.

- Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge: sensory priming effects in semantic categorization. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*, 955-964.
- Brunel, L., Vallet, G., Riou, B., & Versace, R. (*en révision a*). Multimodal Memory : generalization and discrimination. *Journal of experimental psychology : Learning, Memory & Cognition*.
- Brunel, L., Oker, A., Riou, B., & Versace, R. (*en révision b*). Memory and consciousness : Trace distinctiveness in memory retrievals. *Consciousness & Cognition*.
- Bussey, T. J., & Saksida, L. M. (2007). Memory, Perception, and the Ventral Visual-Perirhinal-Hippocampal Stream: Thinking Outside of the boxes. *Hippocampus*, *17*, 898 – 908.
- Calvert, G. A., Bullmore, E.T., Brammer, M.J., Campbell, R., Williams, S.C., McGuire, P.K., Woodruff, O.W., Iversen, S.D., & David, S.A.(1997). Activation of auditory cortex during silent lipreading. *Science*, *276*, 593-596.
- Calvert, G., Spence, C., & Stein, B. E. (2004). The handbook of multisensory processes. Cambridge, MA : MIT press.
- Casasanto, D., Willems, R., & Hagoort, P. (2009). Body-specific representations of action verbs: Evidence from fMRI in right- and left-handers. In N.A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 875-880). Cognitive Science Society.
- Carey, D.P. (2000). Multisensory integration: Attending to seen and felt hands. *Current biology*, *10*, 863-865.
- Cleeremans, A. (2008). Consciousness: The radical plasticity thesis. In R. Banerjee & B.K. Chakrabarti (Eds.), *Progress in Brain Sciences*, *168*, 19-33
- Cooke, T., Jäkel, F., Wallraven, C., & Bülthoff, H. H. (2007). Multimodal similarity and categorization of novel, three-dimensional objects. *Neuropsychologia*, *45*, 484-495.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, *8*, 240-248.
- Connell, L. & Lynott, D. (2009). What's big and fluffy but can't be seen? Selective unimodal processing of bimodal property words. In N.A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1465-1470). Cognitive Science Society
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). BRULEX: une base de données lexicales informatisées pour le français écrit et parlé. *L'année psychologique*, *90*, 551-556.
- Conroy, M. A., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2005). On the contribution of perceptual fluency and priming to recognition memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *5*, 14–20.
- Cohen J.D., MacWhinney B., Flatt M., & Provost J. (1993). PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments. *Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers*, *25*, 257-271.
- Cowan, N. (1995). Memory and attention: An integrated framework. Oxford, UK: Oxford University Press.

- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: A systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, 33, 25-62.
- Damasio, A. R. (1995). L'erreur de Descartes. Paris, France : Odile Jacob.
- Davachi, L. (2006). Item, context and relational episodic encoding in humans. *Current opinion in neurobiology*, 16, 693-700.
- Deese, J. (1959). On the prediction of occurrence of particular verbal intrusions in immediate recall. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 17-22.
- Delvenne, J-F., Cleeremans, A., & Laloyaux, C. (2009). Feature bindings are maintained in visual short-term memory without sustained focused attention. *Experimental Psychology*, 57, 108-116
- Dennis, S., & Humphreys, M. S. (2001). A context noise model of episodic word recognition. *Psychological Review*, 108, 452-478.
- Diamond, B., Paterson, W., & Andrew, M. (sous presse). Priming, recognition and autonomic discrimination in amnesia. *Neurocase*.
- Diana, R. A., Yonelinas, A. P., & Ranganath, C. (2008). The effects of unitization on familiarity-based source memory: Testing a behavioral prediction from neuroimaging data. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 34, 730–740.
- Dick, P. K. (2002). Selected stories of Philip K. Dick. New York, USA : Pantheon Books.
- Dunn, J. C. (2008). The dimensionality of the remember-Know task: A state trace analysis. *Psychological Review*, 115, 426 - 446.
- Donaldson, W. (1996). The role of decision processes in remembering and knowing. *Memory & Cognition*, 24, 523–533.
- Eichenbaum, H., Dudchenko, P., Wood, E., Shapiro, M., & Tanila, H. (1999). The hippocampus, memory, and place cells: Memory or a memory space ? *Neuron*, 23, 209-226.
- Eichenbaum, H., Yonelinas, A.P., Ranganath, C. (2007). The medial temporal lobe and recognition memory. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 123-152.
- Erickson, M. A., & Kruschke, J. K. (1998). Rules and exemplars in category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 107-139.
- Falchier, A., Clavagnier, S., Barone, P. & Kennedy, H. (2002). Anatomical evidence of multimodal intégration in primate striate cortex. *The journal of Neuroscience*, 22, 5749-5759.
- Fodor, J.A. (1983). The modularity of mind. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Fort, A. (2002). Corrélats électrophysiologiques de l'intégration des informations auditives et visuelles dans la perception intermodale chez l'homme. Thèse de doctorat de l'université Lumière Lyon 2 (Sciences-Cognitives).
- Foxe, J. J., Wylie, G. R., Martinez, A., Schroeder, C. E., Javitt, D. C., Guilfoyle, D., Ritter, W., & Murray, M. M. (2002). Auditory-somatosensory multisensory processing

- in auditory association cortex: A fMRI study. *Journal of Neurophysiology*, 88, 540-543.
- Gallo, D. A., & Roediger, H. L. III, (2002). Variability among word lists in evoking memory illusions: Evidence for associative activation and monitoring. *Journal of Memory and Language*, 47, 469–497
- Gabrieli, J. D. E., Fleischman, D A., Keane, M. M., Reminger, S.L., Morell, F. (1995). Double dissociation between memory systems underlying explicit and implicit memory in the human brain. *psychological science*, 6, 76-82.
- Gardelle, V., Sackur, J., & Kouider, S. (2009). Perceptual illusions in brief visual presentations. *Consciousness & Cognition*, 18, 569-577.
- Gardiner, J. M., & Richardson-Klavehn, A. (2000). Remembering and Knowing. In Tulving, E. & Craik, F. I.M. (Eds.). *The Oxford handbook of Memory*. NY: Oxford University Press.
- Gardiner, J. M., Ramponi, C. & Richardson-Klavehn, A. (2002). Recognition memory and decision processes: a meta-analysis of remember, know, and guess responses. *Memory*, 10, 83-98.
- Garner, W. R. (1974). *The processing of information and structure*. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Geraci, L., & Rajaram, S. (2004). The distinctiveness effect in the absence of conscious recollection: Evidence from conceptual priming. *Journal of Memory and Language* 51, 217–230.
- Giard, M. H., Peronnet, F. (1999). Auditory-visual integration during multimodal object recognition in humans: a behaviour and electrophysiological study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 11, 473 – 490.
- Gibson, E. J. (1969) Principles of perceptual learning and development. NY: Appleton-Century-Crofts.
- Gillund. G., & Shiffrin. R. M. (1984). A retrieval model for both recognition and recall. *Psychological review*, 91, 1-67
- Glanzer, M., Hilford, A., & Kim, K. (2004). Six regularities of source recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 30, 1176–1195
- Glenberg, A.M. (1997). What memory is for? *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 1-55.
- Goldberg, R. F., Perfetti, C. A., & Schneider, W. (2006). Perceptual knowledge retrieval activates sensory brain regions. *Journal of Neuroscience*, 26, 4917-4921.
- Goldstone, R.L (1994). Influences of categorization on perceptual discrimination. *Journal of experimental psychology: General*, 123, 178-200.
- Goldstone R. L. (1995). Effects of categorization on color perception. *Psychological Science*, 5, 298–304
- Goldstone, R. L. (1998). Perceptual learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 585-612.
- Goldstone, R. L. (2000). Unitization during category learning. *Journal of experimental psychology: Human, Perception & Performance*, 26, 86-112.

- Goldstone, R. L., Steyvers, M., & Larimer, K. (1996). Categorical perception of novel dimensions. In G. W. Cottrell (Ed.), *Proceedings of the 18th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 243–248). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Goldstone, R. L., Lippa, Y., & Shiffrin, R. M. (2001). Altering object representation through category learning. *Cognition*, *78*, 27-43.
- Goldstone, R. L. & Steyvers, M. (2001). The sensitization and differentiation of dimensions during category learning. *Journal of experimental psychology: general*, *130*, 116-139.
- Goldstone, R. L., Rogosky, B. J., Pevtsov, R. & Blair, M. (2004). Perceptual and semantic reorganization during category learning. In H. Cohen & C. Lefebvre (Eds.), *Handbook of categorization in cognitive science*. Elsevier.
- Gomez, A., Rousset, S. & Baciú, M. (2009). Egocentric-updating during navigation facilitates episodic memory retrieval. *Acta Psychologica*, *123*, 221-227
- Gonsalves, B., Kahn, I., Curran, T., Norman, K., & Wagner, A. (2005). Memory Strength and Repetition Suppression: Multimodal Imaging of Medial Temporal Cortical Contributions to Recognition, *Neuron*, *47*, 751-761
- Gottfried, J.A., & Dolan, J.R. (2003). The Nose Smells What the Eye Sees: Crossmodal Visual Facilitation of Human Olfactory Perception. *Neuron*, *39*, 375-386.
- Graf, P., & Mandler, G. (1984). Activation makes words more accessible, but not necessarily more retrievable. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, *23*, 553-568.
- Graf, P., & Schacter, D.L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *11*, 501-18.
- Graf, P., Squire, L. R. & Mandler, G. (1984). The information that amnesic patients do not forget. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, *10*, 164-78.
- Graham, K. S., Simons, J. S., Pratt, K. H., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2000). Insights from semantic dementia on the relationship between episodic and semantic memory. *Neuropsychologia*, *38*, 313-324.
- Green, D.M. & Swets, J. A. (1966). *The signal Detection Theory an Psychophysics*. NY: Wiley.
- Greene, A. J., Easton, R. D., & LaShell, L. S. R. (2001). Visual–Auditory Events: Cross-Modal Perceptual Priming and Recognition Memory. *Consciousness & Cognition*, *10*, 425-435.
- Griffith, D., & Tipper, S. P. (2009). Priming of reach trajectory when observing actions: Hand-centred effect. *The quarterly journal of experimental psychology*, *62*, 2450-2470.
- Grossenbacher, P. J., & Lovelace, C. T. (2001). Mechanisms of synesthesia : cognitive and psychological constraints. *Trends in cognitive science*, *5*, 36-41.
- Harnad, S. (1987). *Categorical perception*. Cambridge, UK: Cambridge University Press

- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, 9, 1367–68
- Hayman, C. G., & Tulving, E. (1989). Contingent dissociations between recognition and fragment completion: The method of triangulation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 15, 228-240
- Helbig, H. B., Graf, M., Kiefer, M. (2006). The role of action representations in visual object recognition. *Experimental Brain Research*, 174, 221–28
- Hilford, A., Glanzer, M., Kim, K., & DeCarlo, L. T. (2002). Regularities of source recognition : ROC Analyses. *Journal of experimental psychology : General*, 13, 494-510.
- Hicks, J. L., & Starns, J. J. (2006). Remembering source evidence from associatively related items: Explanations from a global matching model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 32, 1164–1173.
- Hintzman, D. L. (1986). « Schema abstraction » in multiple trace model. *Psychological review*, 93 (4), 411 – 428.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition Memory in multiple trace Memory model. *Psychological review*, 95, 528-551.
- Hintzman, D. L. (1990). Human Learning and Memory: Connections and dissociations. *Annual review of psychology*, 41, 1001-1059.
- Hintzman, D. L. (2001). Judgments of frequency and recency: How they relate to reports of subjective awareness. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 27, 1347–1358.
- Hoening, K., Sim, E-J., Bochev, V., Herrnberger, B., & Kiefer, M. (2008). Conceptual flexibility in the human brain: Dynamic Recruitment of Semantic Maps from Visual, Motor, and Motion-related Areas. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 , 1799-1814.
- Howells, T. H. (1944). The experimental development of color-tone synesthesia. *Journal of Experimental Psychology*, 34, 87-103.
- Hupert, F A., & Piercy, M. (1978). The role of trace strength in recency and frequency judgements by amnesic and control subjects. *The quartely journal of experimental psychology*, 30, 347-354.
- Inoue, C., & Bellezza, F. S. (1998). The detection model of recognition using know and remember judgments. *Memory and Cognition*, 26, 299–308
- Jääskeläinen, L. P., Ahveninen, J., Belliveau, J. W., Raji, T., & Sams, M. (2007). Short-term plasticity in auditory cognition. *Trends in Neurosciences*, 30, 653- 661.
- Jacoby, L. L. (1984). Incidental versus intentional retrieval: Remembering and awareness as separate issues. In L. R. Squire & N. Butters (Eds.). *Neuropsychology of memory* (pp.145-156). Guilford, NY: Guilford Press.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of memory and language*, 30, 513-541.
- Jacoby, L. L., & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 306-340.

- Jacoby, L. L., & Witherspoon, D. (1982). Remembering without awareness. *Canadian Journal of Psychology*, 36, 300–324.
- Jacoby, L. L., & Whitehouse, K. (1989). An illusion of memory: False recognition influenced by unconscious perception. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 126–135.
- Jacoby, L. L., Toth, J. P., & Yonelinas, A. P. (1993). Separating conscious and unconscious influences of memory: Measuring recollection. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 139-154.
- Jacoby, L.L, Yonelinas, A.P, Jennings, J. M. (1997). The relation between conscious and unconscious (automatic) influences: A declaration of independence. In Cohen, J. D. & Schooler, J. W.(Eds.), *Scientific approaches to consciousness* (pp. 13 – 35). NY: Psychology Press
- Jamieson, R. K., & Mewhort, D. J. K. (2009). Applying an exemplar model to the artificial-grammar task: Inferring grammatically from similarity. *The quarterly journal of experimental psychology*, 62, 550-575.
- Johnson, M.K. (1997). Source Monitoring and Memory distortions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 352, 1733-1745
- Johnson, M. K. & Hasher, L. (1987). Human learning and memory. *Annual Review of Psychology*, 38, 631-68.
- Johnson, M.K., Hashtroudi, S., & Lindsay, D. S. (1993). Source monitoring. *Psychonomic Bulletin*, 114, 3-28.
- Johnson, M. K., Verfaellie, M., & Dunlosky, J. (2008). Introduction to the special section on integrative approaches to source memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 34, 727–729.
- Joordens, S. & Merikle, P.M. (1993). Independence or redundancy? Two models of conscious and unconscious influences. *Journal of experimental psychology: General*, 122, 462-467.
- Karlsen, P. J., Allen, R. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2010). Binding across space and time in working memory. *Memory & Cognition*, 38, 292-303.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J. Yaxley, R. H., Aveyard, M., Blanchard, A., & Zwaan, R. A. (2005). Perception of Motion Affects Language Processing. *Cognition*, 94, B79-B89.
- Kaschak, M.P., Zwaan, R. A., Aveyard, M., & Yaxley, R. H. (2006) Perception of auditory motion affect language processing. *Cognitive Science*, 30, 733-744
- Keil, F. C. (1994). Explanation, association, and the acquisition of word meaning. In L. Gleitman & B. Landau (Eds.), *The acquisition of the lexicon* (pp.169-196). Cambridge, MA : MIT Press.
- Kelley, M. R., & Nairne, J. S. (2001). Von Restorff revisited: Isolation, generation, and memory for order. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 27, 54-66.
- Kellenbach, M. L., Brett, M., & Patterson, K. (2001). Large, colourful or noisy? Attribute- and modality-specific activations during retrieval of perceptual attribute knowledge. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1, 207-221.

- Kiefer, M., & Barsalou, L.W. (2009). Cognitive and neural foundations of concepts. In N.A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 47-48). Cognitive Science Society
- King, A. J., & Calvert G. A. (2001). Multisensory integration: perceptual grouping by eye and ear. *Current Biology*, 11 (8), 322 - 325.
- King, A. J. (2005). Multisensory integration : strategies for synchronization. *Current biology*, 15 (9), 339 – 341.
- Knowlton, B. J., Mangels, J. A. & Squire, L. L. (1996). A neostriatal habit learning system in humans. *Science*, 273, 1399-1402.
- Knowlton, B. J., Ramus, S. J., & Squire, L. L. (1992). Intact artificial grammar learning in amnesia: Dissociation of classification learning and explicit memory for specific instances. *Psychological Science*, 3, 172-179.
- Koffka K. (1935). Principles of Gestalt Psychology. NY: Harcourt Brace
- Kolers, P. A., & Roediger, H. L. (1984). Procedures of mind. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 425-449
- Koriat, A., & Goldsmith, M. (1996). Memory metaphors and the real-life/laboratory controversy: correspondence versus storehouse conceptions of memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 19, 167–228
- Koriat, A, Goldsmith, M., & Pansky, A. (2000). Toward a Psychology of memory accuracy. *Annual Review of Psychology*, 51, 481-537
- Kruschke, J. K. (1992). ALCOVE: An exemplar-based connectionist model of category learning. *Psychological Review*, 99, 22–44.
- Kuhl, P. K., & Miller, J. D. (1975). Speech perception in Chinchilla: Voiced-voiceless distinction in alveolar plosive consonants. *Science*, 190, 69-72.
- Labeye, E., Oker, A., Badard, L. & Versace, R. (2008). Activation and intégration of motor components in a short-term priming paradigm. *Acta psychologica*, 129, 108-111.
- Labeye, E., Brunel, L. & Versace, R. (*en révision*) The dynamic of knowledge emergence : Activation and integration of sensory components in a short-term priming paradigm.
- 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
- Lavenex, P., & Amaral, D. G. (2000). Hippocampal-neocortical interaction: A hierarchy of associativity. *Hippocampus*, 10, 420–430.
- Lee, A.C.H, Buckley, M.J., Gaffan, D., Emery, T., Hodges, J.R. & Graham, K.S. (2006). Differentiating the roles of the hippocampus and Perirhinal Cortex in Processes Beyond Long-Term Declarative Memory: A Double Dissociation in Dementia. *The Journal of Neuroscience*, 26, 5198 - 5203.
- Lehman, S. & Murray, M.M. (2005). The role of multisensory memories in unisensory object discrimination. *Cognitive Brain research*, 24, 326 – 334.

- Leritz, E. C., Grande, L. J. & Bauer, R.M. (2006). Temporal lobe epilepsy as a model to understand human memory: the distinction between explicit and implicit memory. *Epilepsy Behavior, 9*, 1-13
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review, 95*, 492-527.
- Logan, G.D. (2002). An instance Theory of attention and memory. *Psychological review, 109*, 376-400.
- Love, B. C., Medin, D. L., & Gureckis, T. M. (2004). SUSTAIN: A network model of human category learning. *Psychological Review, 111*, 309-332.
- Lynott, D. & Connell, L. (2009). Modality exclusivity norms for 423 object properties. *Behavior Research Methods, 41*, 558-664.
- MacLeod, A, & Summerfield, Q. (1990). A procedure for measuring auditory and audio-visual speech-reception thresholds for sentences in noise: rationale, evaluation, and recommendations for use. *Brain Journal of Audiology, 24*, 29 – 43.
- Malmberg, K. J. (2008). Recognition Memory: A review of the critical findings and an integrated theory for relating them. *Cognitive Psychology, 57*, 335-384.
- Mandler, G. (1980). Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychological Review, 87*, 252-271
- Mandler, G. (1991). Your face looks familiar but I can't remember your name: A review of dual process theory. In: E. William, E. Hockley & E. S. Lewandowsky (Eds.). *Relating theory and data: Essays on human memory in honor of Bennet B. Murdock* (pp. 207–225). Erlbaum, Hillsdale.
- Mandler, G., Graf, P., Kraft, D. (1986). Activation and elaboration effects in recognition and word priming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 38A*, 645-662.
- Martin A, Haxby J.V., Lalonde F. M., Wiggs C. L., Ungerleider L. G. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science, 270*, 102-105.
- Martin, A., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (2000). Category specificity in the Brain: The Sensory/ Motor Model of semantic representations of objects. In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 839-847). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Medin, D. L., Goldstone, R. L., & Gentner, D. (1990). Similarity involving attributes and relations: Judgments of similarity and difference are not inverses. *Psychological Science, 1*, 64–69.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review, 85*, 207-238.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1985). Distributed memory and the representation of general and specific information. *Journal of Experimental Psychology: General, 114*, 159-197.
- Mc Gurk, H., & Mac Donald, J.W. (1976). Hearing lips and seen voices. *Nature, 264*, 746-748.
- McKoon, G. & Ratcliff, R. (1986). Automatic activation of episodic information in a semantic memory task. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory & Cognition, 12*, 108-115.

- Meiser, T., & Bröder, A. (2002). Memory for multidimensional source information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, *28*, 116–137.
- Meiser, T., Sattler, S., & Weiber, K. (2008). Binding of multidimensional context information as distinctive characteristic of Remember judgements. *Journal of experimental psychology: learning, memory & cognition*, *34*, 32-49
- Meyer, M., Baumann, S., Marchina, S., & Jancke, L. (2007). Hemodynamic responses in human multisensory and auditory association cortex to purely visual stimulation. *BMC Neuroscience*, *8*, doi:10.1186/1471-2202-8-14.
- Molholm, S., Ritter, W., Murray, M. M., Javitt, D. C., Schroeder, C.E., & Foxe, J. J. (2002). Multisensory auditory–visual interactions during early sensory processing in humans: a high-density electrical mapping study. *Cognitive Brain Research*, *14*, 115–128.
- Molholm, S., Ritter, W., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2004). Multisensory visual–auditory object recognition in humans: a high-density electrical mapping study. *Cerebral Cortex*, *14*, 452 – 465.
- Moulin, C. J. A., Conway, M. A., Thompson, R. G., James, N., & Jones, R., W. (2004). Disordered memory awareness: recollective confabulation in two cases of persistent déjà vécu. *Neuropsychologia*, *43*, 1362-1378.
- Mulligan, N.W., & Hirshman, E. (1997). Measuring the bases of recognition memory: An investigation of the process-dissociation framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, *25*, 563-582.
- Murray, E. A., Bussey, T. J., & Saksida, L. M. (2007). Visual Perception and Memory: A New View of Medial Temporal Lobe Function in Primates and Rodents. *Annual Review of Neuroscience*, *30*, 99 - 122.
- Murray, M. M., De Santis, L., Thut, G. & Wylie, G. R. (2009). The cost of crossing paths and switching tasks between audition and vision. *Brain and Cognition*, doi:10.1016/j.bandc.2008.05.004
- Naccache, L. (2006). *Le nouvel Inconscient: Freud, le Christophe Colomb des neurosciences*. Paris, France : Odile Jacob.
- Nadel, L. & Moscovitch, M. (1997) Memory consolidation, retrograde amnesia and the hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*, *7*, 217–227
- Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, *18*, 251-269.
- Nairne, J. S. (2006). Modeling Distinctiveness: Implications for general memory theory. In R. R. Hunt & J. B. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 27-46). NY: Oxford University Press.
- Nicolas, S. & Marchal, A. (1998). Implicit memory, explicit memory and the picture bizarreness effect. *Acta Psychologica*, *99*, 43-58
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, *115*, 39-57.
- Nosofsky, R. M. (1988). Similarity, frequency, and category representations. *Journal of experimental psychology: Learning Memory & Cognition*, *14*, 54-65.

- Nosofsky, R. M. (1991). Test of an exemplar Model for relating perceptual classification and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception & Performance*, 17, 3-27
- Nosofsky, R. M. (1992). Similarity scaling and cognitive process models .Annual review of psychology, 43, 25-53.
- Nosofsky, R.M., Palmeri, T.J. & McKinley, S.C. (1994) Rule-plus-exception model of classification learning. *Psychological review*, 101, 53-79
- Nosofsky, R.M. & Palmeri, T.J. (1997). An exemplar-based random walk model of speeded classification. *Psychological Review*, 104, 266-300
- Nosofsky, R.M. & Stanton, R.D. (2005) Speeded classification in a probabilistic category structure: contrasting exemplar-retrieval, decision-boundary, and prototype models. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception & Performance*, 31, 608-29
- Nosofsky, R.M. & Zaki, S.R (2003). A hybrid-similarity exemplar model for predicting distinctiveness effect in perceptual old-new recognition. *Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition*, 29, 1194-1209.
- Nyberg, L., Habib, R., McIntosh, A. R., & Tulving, E.(2000). Reactivation of encoding-related brain activity during memory retrieval. *PNAS*, 97, 11120 – 11124.
- Oker, A., Versace, R & Ortiz, L. (2009). Spatial distinctiveness effect in categorization. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21, 971-979.
- O'Reagan, J. K. & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 939-1031.
- Park, H., Arndt, J., & Reder, L. M. (2006). A contextual interference account of distinctiveness effects in recognition. *Memory & Cognition*, 34, 743- 751.
- Pearce, J. M., & Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review*, 87, 532-552.
- Pearson, J., & Brascamp, J. (2008). Sensory memory for ambiguous vision. *Trends in cognitive sciences*, 12, 334-341.
- Pecher, D., & Raaijmakers, J. G. W. (2004). Priming for new association in animacy decision: Evidence for context dependency. *The quarterly journal of experimental psychology*, 57A, 1211- 1231.
- Pecher, D., Zanolie, K., & Zeelenberg, R. (2007). Verifying visual properties in sentence verification facilitates picture memory recognition. *Experimental psychology*. 54, 173-179.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2004). Sensorimotor simulations underlie conceptual representations:Modality-specific effects of prior activation. *Psychonomic bulletin & Review*, 11, 164-167
- Photos, E. M., & Chater, N. (2005). Unsupervised categorization and category learning. *The quarterly journal of expérimental psychology*, 58A, 733-752.
- Polyn, S.M., Natu, V.S., Cohen, J.D & Norman, K.A. (2005). Category-Specific cortical activity precedes retrieval during memory search. *Science*, 310, 1963-1966.

- Ratcliff, R., Van Zandt, T., & McKoon, G. (1995). Process dissociation, single process théories, and recognition memory. *Journal of experimental psychology: General*, 124, 352-374
- Reber, A. S., & Allen, R. (1978). Analogic and abstraction strategies in synthetic grammar learning: A functionalist interpretation. *Cognition*, 6, 189–221.
- Reder, L. M., Park, H., & Kiefabber, P. D. (2009). Memory systems do not divide on consciousness: reinterpreting memory in terms of activation and binding. *Psychological Bulletin*, 135, 23-49.
- Reinitz, M. T., Lammers, W. J., & Cocheran, B. P. (1992). Memory-conjunction errors: miscombination of stored stimulus features can produce illusion of memory. *Memory & Cognition*, 20, 1-11.
- Robinson, C. W., Ahmar, N., Sloutky., V. M. (sous presse). Evidence for auditory dominance in a passive oddball task. In N.A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 32st Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Cognitive Science Society
- Roediger, H. L. III. (1990). Implicit Memory : Retention Without Awareness. *American Psychologist: Science Watch*.
- Roediger, H. L. III., & Blaxton, T. A. (1987). Effects of varying modality, surface features, and retention interval on priming in word-fragment completion. *Memory & Cognition*, 15, 379-388.
- Roediger, H. L. III., & McDermott, K. B. (1995). Creating False memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of experimental psychology: learning, memory & cognition*, 21, 803-814.
- Roediger, H. L. III., Watson, J. M., McDermott, K. B., & Gallo, D. A. (2001). Factors that determine false recall: a multiple regression analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 8, 385-407.
- Rogers, T. T., Lambon Ralph, M. A., Garrard, P., Bozeat, S., McClelland, J. L., Hodges, J.R., et al. (2004). The structure and deterioration of semantic memory: a neuropsychological and computational investigation. *Psychological Review*, 111, 205–235.
- Romei, V., Murray, M. M., Merabet, L. B., & Thut, G. (2007). Occipital Transcranial Magnetic Stimulation Has Opposing Effects on Visual and Auditory Stimulus Detection: Implications for Multisensory Interactions. *The journal of Neuroscience*, 27, 11465 – 11472.
- Rosch, E, & Mervis, C.B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Rosenbaum, R.S., Kölher, S., Schacter, D.L, Moscovitch, M., Westmacott, R., Black, S.E., Gao, F., & Tulving, E.(2005). The case of K.C: Contributions of Memory-impaired person to the theory of memory. *Neuropsychologia*, 43, 989-1021.
- Richardson-Klavehn, A. & Bjork, R.A. (1988). Measures of memory. *Annual Review of Psychology* 39, 475-543
- Riou, B., Lesourd, M., Brunel, L. & Versace, R. (soumis). Visual memory and visual perception : when memory improves visual search. *Memory & Cognition*.

- Rumelhart, D. E., & Zipper, D. (1985). Feature Discovery by competitive learning. *Cognitive Science*, 9, 75-112.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2001). Representing properties locally. *Cognitive Psychology*, 43, 129-169.
- Schacter, D. L. (1987). Implicit Memory: History and Current Status. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 13, 501 - 518.
- Schacter, D. L. (1999). The seven sins of Memory. *American psychologist*, 54, 182-203.
- Schacter, D. L., Norman, K.A., Koutstaal, W. (1998). The cognitive neuroscience of constructive memory. *Annual review of psychology*, 49, 289-318
- Schmidt, S.R. (1991). Can we have a distinctive theory of memory ? *Memory & Cognition*, 19, 523-542.
- Schott, B.H., Henson, R. N., Richardson-Klavehn, A., Becker, C., Thoma, V., Heinze, H-J., & Düzel, E. (2005). Redefining implicit and explicit memory: the functional neuroanatomy of priming, remembering, and control of retrieval. *PNAS*, 102, 1257-1262.
- Schott, B. H., Richardson-Klavehn, A., Henson, R. N. Becker, C., Heinze, H-J., & Düzel, E. (2006). Neuroanatomical dissociation of encoding processes related to priming and explicit memory. *The journal of Neuroscience*, 26, 792-800.
- Schyns, P. G., Goldstone, R. L., & Thibaut, J-P. (1998). The development of features in object concepts. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 1-54.
- Scott, R. B., & Dienes, Z. (2008). The conscious, the unconscious and the familiarity. *Journal of experimental psychology : Learning, Memory & Cognition*, 34, 1264- 1288.
- Simmons W. K, & Barsalou L. W. (2003). The similarity-in-topography principle: reconciling theories of conceptual deficits. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 451–86
- Simmons, W. K., Pecher, D., Hamann, S. B., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2003, March). *fMRI evidence for modality-specific processing of conceptual knowledge on six modalities*. Paper presented at the meeting of the Society of Cognitive Neuroscience, New York.
- Shepard, R. N. (1987). Toward a universal law of generalization for psychological science. *Science*, 237, 1317-1323.
- Shimamura, A.P. (1985). Problems with the finding of stochastic independence as evidence for multiple memory systems. *Bulletin of Psychonomic Society*, 23, 506-508.
- Shimamura, A. P. (1986). Priming effects of amnesia: evidence for a dissociable memory function. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38 A, 619-44.
- Shimamura, A. P. & Wickens, T. D. (2009). Superadditive memory strength for item and source recognition: the role of hierarchical relational binding in the medial temporal lobe. *Psychological review*, 116, 1-19.
- Shimojo, S., & Shams, L. (2001). Sensory modalities are not separate modalities: plasticity and interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, 11, 505–509.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Review*, 3, 207-221.

- Slotnick, S. D. & Dodson, C. S. (2005). Support for a continuous (single-process) model of recognition memory and source memory. *Memory & Cognition*, 33, 151-170.
- Slotnick, S. D., & Schacter, D. L. (2006). The nature of memory related activity in early visual areas. *Neuropsychologia*, 44, 2874 – 2886.
- Smith, J. D., Murray, M. J., & Minda, J. P. (1997). Straight talk about linear separability. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 23, 659–680
- Smith, R. E., & Hunt, R. R. (2000). The effects of distinctiveness require reinstatement of organization: The importance of intentional memory instructions. *Journal of Memory and Language*, 43, 431-446.
- Smith, L. B. (2003). Learning to recognize objects. *Psychological Science*, 14, 244–250.
- Spence, C., Nicholls, M. E. R., & Driver, J. (2000). The cost of expecting events in the wrong sensory modality. *Perception & Psychophysics*, 63, 330-336.
- Squire, L. R. (1987). *Memory and brain*. New York: Oxford University Press
- Squire, L. R. (1992a). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 232–243.
- Squire, L. R. (1992b). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99, 195–231.
- Squire, L. R., Zola-Morgan, J. T., & Clark, R. E. (2007). Recognition memory and the medial temporal lobe : a new perspective. *Nature Neuroscience*, 8, 873 – 883
- Stark, C. E. L., & McClelland, J. L. (2000). Repetition priming of words, pseudowords, and nonwords. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 945–972.
- Stein, B. E. & Meredith, M. A. (1993). *The merging of senses*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Tallon-baudry, C. & Bertrand, O. (1999). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends in Neuroscience*, 3, 151 - 162.
- Taylor, K. I., Moss, H. E., Stamatakis, E. A. & Tyler, L.K. (2006). Binding crossmodal object features in perirhinal cortex. *PNAS*, 103, 8239-44.
- Teder-Sälejärvi, W. A., Di Russo, F., McDonald, J.J., & Hillyard, S.A. (2005). Effects of Spatial Congruity on Audio-Visual Multimodal Integration. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1396–1409.
- Tiberghien, G. (1997). *La mémoire oubliée*. Paris : Mardaga.
- Thompson, R. F. (2005). In search of memory trace. *Annual Review of Psychology*, 56, 1-23.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In Tulving, E, Donaldson, W. (ed.) *Organization of Memory*, (pp. 381 – 403). New York: Academic
- Tulving, E. (1982). Synergistic ephory in recall and recognition. *Canadian Journal of Psychology*, 36, 130-147.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Oxford: Oxford university press.
- Tulving, E. (1985a). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40, 385 - 398.

- Tulving, E. (1985b). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26, 1-12.
- Tulving, E. (1995). Organisation of Memory: Quo Vadis? In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences*, (pp. 839-847). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tulving, E., & Thompson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.
- Turk-Browne, N.B., Yi, D-J., & Chun, M.M. (2006). Linking Implicit and Explicit Memory: common Encoding Factors and Shared Representations, *Neuron*, 49, 917 - 927.
- Turk-Browne, N. B., Isola, P. J., Scholl. B, & Treat, T. A. (2008). Multidimensional visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34 , 399– 407.
- Treisman, A & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psychological review*, 95, 15-48.
- Van Dantzig, S., Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L.W. (2008). Perceptual processing affects conceptual processing. *Cognitive Science*, 32, 579-585
- Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., Frackowiak, R. S. J. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature*, 383, 254–56
- Vaidya, C. J., Zhao, M., Desmond, J. E., & Gabrieli, J. D. (2002). Evidence for cortical encoding specificity in episodic memory: Memory-induced re-activation of picture processing areas. *Neuropsychologia*, 40, 2136##2143.
- Vallet, G., Brunel, L., & Versace, R. (sous presse). The perceptual nature of the cross-modal priming: arguments in favour of sensory-based memory conception. *Experimental Psychology*
- Vallet, G., Riou, R. & Versace, R. (soumis). The inverted masking effect : when masking acts on the target rather than on the prime. *The quarterly journal of experimental psychology*.
- Vallet, G., Simard, M., & Versace, R. (en préparation). From structuralism to functionalism memory models : presentation and comparison of two opposite human memory models : SPI and Act-In Models (2. Activation-integration model (Act-In))
- Von Restorff, H., (1933). Über die Virking von Bereichsbildungen im Spurenfeld. *Psychologie Forschung*, 18, 299-342.
- Versace, R., Nevers, B., & Padovan, C. (2002). La mémoire dans tous ses états. Marseille: Solal.
- Versace, R., Labeye, Badard, G., & E. Rose, M. (2009). The Contents of Long-Term Memory and the Emergence of Knowledge. *The European Journal of Cognitive psychology*, 21, 522-560.
- Wang, Y., Celebrini, S., Trotter, Y., & Barone, P. (2008). Visuo-auditory interactions in the primary cortex of behaving monkey: Electrophysiological evidence. *BMC neuroscience*, 9, doi :10.1186/1471-2202-9-79.
- Weinberger, N. M. (2004). Specific long-terme memory traces in primary auditory cortex. *Neuroscience*, 5, 279 – 290.

- Wills, T. J., Lever, C., Cacucci, F., Burgess, N., & O'Keefe, J. (2005). Attractor Dynamics in the Hippocampal Representation of the Local Environment. *Science*, 308, 873-901.
- Wixted, J.T. (2007). Dual-Process Theory and Signal-Detection Theory of Recognition Memory. *Psychological Review*, 114, 152 - 176.
- Wheeler, M. E., Petersen, S. E. & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo: Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *PNAS*, 97, 11125-11129.
- Wheeler, M. E., & Treisman, A. M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 48-64.
- Whittlesea, B.W.A. (1987). Preservation of specific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 3-17.
- Whittlesea, B. W. A. (1989). Selective attention variable processing and distributed representation : Preserving particular experiences of general structures. In R.G.M. Morris (ed.), *Parallel distributed processing : implications for psychology and neurobiology* (pp.76-101). Oxford, UK : Oxford University Press.
- Whittlesea, B.W.A. & Brooks, L.R. (1988). Critical influence of particular experiences in the perception of letters, words, and phrases. *Memory & Cognition*, 16, 387-399.
- Whiterspoon, D. & Moscovitch, M. (1989). Stochastic independence between two implicit memory tasks. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 22 - 30
- Yonelinas, A.P. (1994). Receiver-Operating Characteristics in Recognition Memory: Evidence for a Dual-Process Model. *Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20 (6), 1341 - 1354.
- Yonelinas, A.P. (2002). The nature of Recollection and Familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, 441 – 517.
- Yonelinas, A. P., Dobbins, I., Szymanski, M. D., Dhaliwal, H. S., & King, L. (1996). Signal-detection, threshold, and dual-process models of recognition memory: ROCs and conscious recollection. *Consciousness & Cognition*, 5, 418-441
- Yonelinas, A. P., Kroll, N. E. A., Dobbins, I., Lazzara, M., & Knight, R. T. (1998). Recollection and familiarity deficits in amnesia: Convergence of remember-know, process dissociation, and receiver operating characteristic data. *Neuropsychology*, 12, 323-339.
- Yonelinas, A.P, Kroll, N.E.A, Quamme, J.R., Lazzara, M.M., Sauvé, M-J., Widaman, K.F. & Knight, R.T. (2002). Effects of extensive temporal lobe damage or mild hypoxia on recollection and familiarity. *Nature Neuroscience*, 5, 1236 - 1241.
- Yonelinas, A. P., Otten, L. J., Shaw, K. N. & Rugg, M. D. (2005). Separating the Brain Regions Involved in Recollection and Familiarity in Recognition Memory. *The Journal of Neuroscience*, 25, 3002-3008
- Yonelinas, A. P. & Park, C.M. (2007). Receiver Operating Characteristics (ROCs) in recognition memory: A review. *Psychological review*, 133, 800-832.
- Zaki, S. R., Nosofsky, R. M., Stanton, R. D., & Cohen, A., L. (2003). Prototype and Exemplar Accounts of Category Learning and Attentional Allocation: A

Reassessment. *Journal of experimental psychology : Learning, Memory & Cognition*, 29, 1160-1173.

Zwaan, R. A., Madden, C. J., Yaxley, R. H., & Aveyard, M. E. (2004). Moving words: Dynamic mental representations in language comprehension. *Cognitive Science*, 28, 611-619.

## Annexe A

[Annexe A<sup>69</sup>]

### Le modèle GCM (*Generalized Context Model*, Nosofsky, 1991)

Pour le modèle GCM, nous avons choisi de présenter la version de 1991 (Nosofsky, 1991). Dans celle-ci, la catégorisation et la reconnaissance sont des activités à seuil d'activation que nous décrirons dans les équations suivantes.

Premièrement, les exemplaires sont représentés en mémoire suivant **une métrique euclidienne** :

$$d_{ij} = c \left[ \sum_m w_m |x_{im} - x_{jm}|^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Avec  $x_{im}$  la valeur psychologique de l'exemplaire  $i$  sur la dimension  $m$  ;  $w_m$  est toujours compris entre 0 et 1 et est le poids donné à la dimension  $m$  (*i.e.* un paramètre libre sensible à l'attention);  $c$  est un paramètre de sensibilité qui reflète la discriminabilité globale dans l'espace psychologique.

La **distance** entre les exemplaires  $i$  et  $j$  est utilisée comme **une mesure de similarité** en utilisant une fonction exponentielle décroissante.

$$s_{ij} = \exp(-d_{ij})$$

Le degré avec lequel un exemplaire  $i$  va activer un exemplaire  $j$  est donné par

---

<sup>69</sup> Dans cette annexe, nous présenterons les principaux détails computationnels des modèles GCM (chapitre 2) et MINERVA 2 (chapitre 4)

$$a_{ij} = s_{ij} + e_j$$

Avec  $e_j$  une distribution normale de moyenne zéro et de variance  $\sigma^2$

L'activation engendrée par un exemplaire  $i$  pour la catégorie 1 est donnée par **la sommation des activations** de l'exemplaire à traiter par rapport à l'ensemble des exemplaires  $i$ , et idem pour la catégorie 2.

$$E_{1.i} = \sum_{j \in C_1} a_{ij}$$

Une réponse pour la catégorie 1 sera donnée lorsque **l'activation pour la catégorie 1 est supérieure à l'activation de la catégorie 2.**

$$E_{1.i} - E_{2.i} > b ; b \text{ étant un paramètre de biais de réponse}$$

Une réponse « ancien » sera donnée lorsque **l'activation globale** pour chaque catégorie est supérieure à un critère ou seuil d'activation.

$$E_{1.i} + E_{2.i} > x_i$$

## Le modèle MINERVA 2 (Hintzman, 1986 ; 1988)

Dans MINERVA 2, la mémoire est représentée sous la forme d'une matrice à deux dimensions. Avec  $m$  le nombre de traces et  $n$  le nombre de primitives pouvant prendre trois valeurs (respectivement, -1, 0 et 1).

1. La **similarité** entre une trace et la sonde est calculée suivant :

$$S_i = \frac{1}{N_R} \sum_{j=1}^n P_j T_{ij}$$

Avec  $j$  un indice de la position du trait ;  $i$  un indice de la position de la trace ;  $P_j$  la valeur du  $j^{\text{ème}}$  trait dans la sonde ;  $T_{ij}$  la valeur du  $j^{\text{ème}}$  trait dans la trace  $i$  ; et  $N_R$  le nombre de traits pour lesquels  $P_j$  et  $T_{ij}$  sont non nuls.

2. Le **degré d'activation** d'une trace  $i$  par la sonde est donné par une fonction d'activation :

$$A_i = S_i^{2n+1} ; \text{ Avec } 2n+1 \text{ un coefficient d'accélération.}$$

3. L'**intensité de l'écho** est calculée en sommant l'activation de toutes les traces :

$$I = \sum_{i=1}^m A_i$$

4. Le **contenu de l'écho** est calculé comme le produit du contenu de chaque trace (*i.e.* trait) et de son degré d'activation.

$$C_j = \sum_{i=1}^m A_i T_{ij}$$

# Annexe B

[Annexe B<sup>70</sup>]

Liste 1	Liste 2	Liste 3	Liste 4	Liste 5	Liste 6
Légume	Vallée	Note	Garçon	Reine	Chaussure
Orange	Escalader	Piano	Jeune	Couronne	Orteil
Poire	Pic	Radio	Nièce	Chevalier	Football
Panier	Ski	Concert	Sœur	Monarque	Botte
Pomme	Colline	Son	Poupées	Echec	Main
Kiwi	Sommet	Chanter	Robe	Prince	Sandaes
Salade	Chèvre	Jazz	Belle	Trone	Bouche
Banane	Plaine	Groupe	Mignonne	Palais	Marcher
Cerise	Glacier	Mélodie	Tante	Arthur	Bras
Jus	Taupinière	Instrument	Jolie	Règne	Odeur
Cocktail	Chaîne	Orchestre	Féminin	Dictateur	Pouce
Bol	Chamois	Art	Maternelle	Royal	Chaussette

Liste 1	Liste 2	Liste 3	Liste 4	Liste 5	Liste 6
Légume	Vallée	Note	Garçon	Reine	Chaussure
Orange	Escalader	Piano	Jeune	Couronne	Orteil
Poire	Pic	Radio	Nièce	Chevalier	Football
Panier	Ski	Concert	Sœur	Monarque	Botte
Pomme	Colline	Son	Poupées	Echec	Main
Kiwi	Sommet	Chanter	Robe	Prince	Sandaes
Salade	Chèvre	Jazz	Belle	Trone	Bouche
Banane	Plaine	Groupe	Mignonne	Palais	Marcher
Cerise	Glacier	Mélodie	Tante	Arthur	Bras
Jus	Taupinière	Instrument	Jolie	Règne	Odeur
Cocktail	Chaîne	Orchestre	Féminin	Dictateur	Pouce
Bol	Chamois	Art	Maternelle	Royal	Chaussette

*Tableau 1 & 2 : Listes présentées en phase d'étude du DRM respectivement pour le groupe 1 (tableau 1) et pour le groupe 2 (tableau 2).*

<sup>70</sup> Dans cette annexe, nous présenterons les stimuli utilisés dans les études 1 et 2 décrites dans le chapitre 4.

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5	Bloc 6
	Légume	Vallée	Note	Garçon	Reine	Chaussure
	Baie	Bureau	Piano	Danse	Pathologie	Ortell
	Humeur	Rocheuse	rythme	Paix	Sujets	Hanche
	Orange	Escarapé	Seigle	Jeune	Belgique	Chaleur
	Citron	Escalader	Symphonie	Cheveux	Couronne	Nez
	Calme	Banc	Pâte	Profondement	Suture	Eau
<b>N-ETU Cr</b>	<b>Fruit</b>	<b>Montagne</b>	<b>Musique</b>	<b>Fille</b>	<b>Roi</b>	<b>Pied</b>

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5	Bloc 6
	Fou	Table	Beurre	Lit	Infirmière	Chaud
	Humeur	Rocheuse	Sandwich	Paix	Sujets	Hiver
	Baie	Bureau	Seigle	Danse	Pathologie	Chaleur
	Haine	Banc	Rythme	Fatigué	Suture	Hanche
	Calme	Jambes	Pâte	Profondement	Santé	Eau
	Citron	Escarapé	Symphonie	Cheveux	Belgique	Nez
<b>N-ETU Cr</b>	<b>Colère</b>	<b>Chaise</b>	<b>Pain</b>	<b>Dormir</b>	<b>Docteur</b>	<b>Froid</b>

Tableau 3 & 4 : Listes présentées en phase test (reconnaissance) du DRM respectivement pour le groupe 1 (tableau 3) et pour le groupe 2 (tableau 4). Chaque liste est composée de 6 blocs avec pour chacun des blocs l'item non-étudié critique (N-ETU cr) écrit en gras

Voyelle	a	e	i	o	u	y
1	jah	feb	cij	dov	buj	fyk
2	pag	gec	cim	fom	cug	gyb
3	laf	hed	gid	gov	fup	hyd
4	nac	mej	lik	jos	huq	lyc
5	qam	peq	nip	kob	lud	myp
6	kaz	rel	qih	lop	nut	nyz
7	tad	sek	riv	noc	rup	ryq
8	vab	tez	sib	toh	sum	tys
9	sar	vez	zit	zor	vuk	vyj

*Tableau 5 : Set complet des 54 syllabes CVC utilisées pour créer les listes en phase d'étude et en phase test du paradigme MCI.*

Liste 1	Liste 2	Liste 3	...
govqih	mejqi	kobdov	
lycgid	lopnac	qihhyd	
fykryq	gidpeq	sekjos	
tohtys	hydrup	zittys	
noczor	nocfyk	peqcij	
sumhyd	cijqam	febgyb	
likqam	fimpag	fomryq	
fuplop	veztys	geched	
dovpeq	kazgec	fimhuq	
nipbuj	vabgov	nyzvez	
lafvuk	tezriv	vabvyj	
vygzit	sumkob	tohjah	
sibfom	liknut	fuplik	
gybsar	febful	reltez	
vezjos	nipnyz	nocfyk	
jahkob	dovhuq	tadlud	
gecmej	cuglyc	niprup	
paglud	mypryq	qamsar	
fimrel	fomhed	sibpag	
sekriv	lafrel	vukgov	
febhed	vukbuj	bujlaf	
mypcug	sargyb	nutnac	
huqnut	jostad	rivcug	
teznac	jahsek	gidlyc	

*Tableau 6 : Exemple de listes présentées en phase d'étude du paradigme MCI. Chacune des listes est composée de 24 non-mots CVC-CVC résultant d'une combinaison aléatoire entre 48 syllabes CVC.*

	Rec. 1		Rec. 2		Rec. 3	...
<b>Feature1</b>	govkaz	<b>MCle</b>	mejdov	<b>MCle</b>	kobhuq	
<b>MCle</b>	lycmej	<b>MCla</b>	lopgov	<b>Feature1</b>	qihkaz	
<b>MCla</b>	fykvuk	<b>MCIf</b>	gidsek	<b>MCIf</b>	sekcug	
<b>MCIb</b>	tohhuq	<b>Feature1</b>	hydsib	<b>Feature2</b>	sumtys	
<b>Target</b>	noczor	<b>MCIc</b>	nockob	<b>Target</b>	peqcij	
<b>Target</b>	sumhyd	<b>target</b>	cijqam	<b>Feature2</b>	lopgyb	
<b>MCIf</b>	likrel	<b>target</b>	cijqam	<b>Target</b>	fomryq	
<b>MCIc</b>	fupkog	<b>MCId</b>	vezlyc	<b>MCIb</b>	gecfyk	
<b>Feature1</b>	dovtad	<b>feature1</b>	kazvyj	<b>MCla</b>	nyzlaf	
<b>Feature1</b>	nipvab	<b>target</b>	tezriv	<b>Feature2</b>	mypvyj	
<b>Feature2</b>	rupzit	<b>feature2</b>	zitnut	<b>MCId</b>	tohnac	
<b>Target</b>	sibfom	<b>MCIb</b>	febryq	<b>target</b>	fuplik	
<b>Target</b>	gybsar	<b>Feature2</b>	tohnyz	<b>Feature1</b>	relzor	
<b>MCId</b>	vezcug	<b>Feature2</b>	zorhed	<b>Feature1</b>	tadmej	
<b>target</b>	paglud	<b>Feature1</b>	laflud	<b>target</b>	niprup	
<b>Feature2</b>	nyzriv	<b>Target</b>	vukbuj	<b>target</b>	qamsar	
<b>Feature2</b>	cijhed	<b>Target</b>	sargyb	<b>target</b>	sibpag	
<b>target</b>	teznac	<b>Target</b>	Jostad	<b>MCIc</b>	vuklyk	

Tableau 7 : Exemple de liste présentée en phase test du paradigme MCI. Chacune des listes est composée de 18 non-mots dont 6 étudiés (Target) et 12 non-étudiés (respectivement 6 feature et 6 MCI). Notes. Feature 1 : la première syllabe a été étudiée ; Feature 2 : la deuxième syllabe a été étudiée ; a,b,c,d,e,f : indice pour les items recombinaisonnés (MCI) .

Liste 1			Liste 2		
Mots	Freq Lex	Nbr let	Mots	Freq Lex	Nbr let
abeille	327	7	colombe	1050	7
mouton	2237	6	chacal	165	6
taureau	3143	7	phoque	289	6
corbeau	714	7	renard	1327	6
dauphin	1395	7	cigale	2012	6
souris	1042	6	vache	3526	5
lapin	2012	5	fourmi	1050	6
taupe	365	5	papillon	1608	8
huître	408	6	pieuvre	157	7
méduse	246	6	guitare	433	7
haricot	616	7	montre	2773	6
raisin	1157	6	pétard	387	6
batteur	114	7	alarme	693	7
sirène	1084	6	tracteur	1178	8
réveil	2658	6	radio	2390	5
sifflet	1152	7	loupe	387	5
sonnette	1314	8	lunette	2450	7
violon	1386	6	cravate	1918	7
agrafe	195	6	écharpe	957	7
collier	1301	7	pomme	3041	5
miroir	3982	6	épingle	1395	7
passoire	51	8	saladier	131	8
crayon	1939	6	tournevis	63	9
bague	1178	5	tulipe	327	6

*Tableau 8 : Listes utilisées en phase d'étude du rappel. Notes. Freq Lex : Fréquence lexicale par million d'occurrence ; Nbr Let : Nombre de lettres par mots.*

Les listes utilisées en phases d'étude et test pour le paradigme MCI dans l'étude 2 sont illustrées respectivement dans les tableaux 6 et 7.