

Université Lumière Lyon 2
Ecole doctorale Neurosciences et Cognition (NSCo)
Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EMC), EA3082

THESE

Présentée en vue de l'obtention du grade de
DOCTEUR EN PSYCHOLOGIE DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
Discipline : Psychologie Cognitive

LIENS ENTRE MEMOIRE ET PERCEPTION : VERS DES MECANISMES COMMUNS.

Par Amandine REY

Réalisée sous la direction du Professeur Rémy VERSACE

Date de soutenance prévue le 22 septembre 2014

Devant le jury composé de :

| | | |
|-------------------|--|-------------|
| Nicolas VERMEULEN | Professeur à l'Université Catholique de Louvain | Rapporteur |
| Denis BROUILLET | Professeur à l'Université Paul Valéry | Rapporteur |
| Yann COELLO | Professeur à l'Université Charles-de-Gaulle | Examinateur |
| Stéphane ROUSSET | Maître de conférence à l'Université Pierre Mendès-France | Examinateur |
| Rémy VERSACE | Professeur à l'Université Lumière Lyon 2 | Directeur |

*The distinction between the past, present and future
is only a stubbornly persistent illusion.*

Albert Einstein

RÉSUMÉ

Dans notre vie quotidienne, nous recueillons et intégrons constamment un grand nombre d'informations sensorielles (Calvert & Thesen, 2004). Tout au long de nos activités perceptives, les connaissances que nous avons sur l'environnement sont continuellement "récupérées" en mémoire. Le cadre de la cognition incarnée et située propose que les processus cognitifs (i.e. processus mnésiques, processus langagiers) sont ancrés dans les mêmes systèmes sensori-moteurs que ceux engagés dans les processus perceptivo-moteurs (Glenberg, 1997; Slotnick, 2004; Pecher & Zwaan, 2005).

La mémoire contient des traces sensori-motrices encodées lors des multiples expériences de l'individu dans son environnement (Versace, Labeye, Badard, & Rose, 2009). De nombreux travaux en psychologie cognitive et en neurosciences démontrent que les connaissances sont construites et (re)émergent à partir de l'activation des systèmes neuronaux typiquement associés aux mécanismes perceptivo-moteurs. Le contenu et le fonctionnement de notre mémoire sont intrinsèquement liés à nos activités sensori-motrices passées et présentes. Pour être efficace, les connaissances impliquées dans nos activités cognitives doivent être étroitement liées à la situation présente. Cette capacité à s'adapter à des situations spécifiques ne serait pas possible à moins que les connaissances, y compris les connaissances conceptuelles, soient issues de la réactivation de traces mnésiques d'expériences passées (Barsalou, 2008; Versace et al., 2014). Réciproquement, les activités sensori-motrices sont totalement dépendantes des traces mnésiques d'expériences sensori-motrices passées. Ainsi, la différence entre perception et mémoire réside dans le fait que, dans le premier cas, les propriétés sont perceptivement présentes, tandis que, dans le deuxième cas, celles-ci sont absentes mais réactivées.

Ce travail de thèse avait pour objectif d'étudier les liens entre mémoire et perception et, plus précisément, d'apporter des arguments en faveur de la similarité entre les processus mnésiques et perceptifs qui résultent de l'activation de composants de même nature sensori-motrice. Nous avons testé l'hypothèse selon laquelle des effets perceptifs devraient pouvoir être obtenus avec des composants réactivés en mémoire. Pour cela, nous avons utilisé des effets perceptifs - tels que l'effet de masquage ou les biais de jugement perceptif - afin d'explorer la possibilité de répliquer ce type d'effets avec l'intervention des dimensions mnésiques.

ABSTRACT

In everyday life, each of us is constantly processing perceptual input from the environment, we collect and then integrate numerous items of sensory information (Calvert & Thesen, 2004). Alongside these perceptual activities, knowledge related to our environment is continually "recovered" from memory. Embodied cognition and grounded cognition theories suggest that cognitive processes (e.g., memory processes, language processes) are grounded in the same sensory-motor systems as those used in perceptual and motor processes (Glenberg, 1997; Slotnick, 2004; Pecher & Zwaan, 2005).

Memory is composed of sensorimotor traces encoded during the several experiences of an individual in his environment (Versace et al., 2009). A large number of studies in cognitive psychology and neurosciences demonstrated that knowledge is constructed and (re)emerged from the activation of neural systems typically associated with perceptual-motor mechanisms. The contents and the functioning of our memory are intrinsically linked to our past and present sensorimotor activities. To be effective, knowledge involved in our cognitive activities must be closely linked to the actual situation. This ability to adapt to specific situations would not be possible unless knowledge, including conceptual knowledge, is derived from the reactivation of memory traces of past experiences (Barsalou, 2008; Versace et al., 2014). Conversely, sensorimotor activities are totally dependent on memory traces of past sensorimotor experiences. Thus, the difference between perception and memory is that, in the former, properties are perceptually present, whereas, in the latter, they are absent but reactivated.

This PhD research focused on the link between memory and perception and, more precisely, aims to provide arguments in favor of the similarity of memory and perceptual processes that result from the activation of components of same sensorimotor nature. We tested the hypothesis that perceptual effects should be observed with reactivated components in memory. We used well-known perceptual effects (such as masking effect or perceptual bias in visual illusion) to investigate the possibility to replicate these effects by replacing the sensorial present components by reactivated components in memory.

FINANCEMENTS ET LABORATOIRE DE RATTACHEMENT

Cette thèse a été financée par une allocation de recherche du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle a été réalisée au sein du laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3083) et de l'Ecole Doctorale Neurosciences et Cognition (NSCo).

REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur de thèse, Rémy Versace, pour avoir su me donner l'encadrement dont j'avais besoin, entre conseils et liberté, pendant ces cinq années depuis la première année de master. Merci pour votre disponibilité ainsi que votre expertise scientifique et méthodologique, tout en me laissant mener mon activité de psychologue à l'hôpital. Merci également de votre confiance lors de l'encadrement d'étudiants.

Un grand merci aux membres du jury, Nicolas Vermeulen, Denis Brouillet, Stéphane Rousset et Yann Coello, qui ont accepté d'évaluer ce travail de thèse. Je remercie également Tatjana Nazir et Christian Marendaz pour avoir pris le temps de regarder mon travail dans le cadre du comité de suivi de thèse.

Je remercie Olivier Koenig, directeur du laboratoire EMC, pour oeuvrer au bon déroulement du travail des doctorants. Je remercie également les membres du laboratoire EMC notamment Emmanuelle, François O., Gaën, Jordan pour leur gentillesse et leur bonne humeur, Hanna Chainay pour les retours sur un article, ainsi que Lionel L. pour son aide et pour les débats constructifs.

Merci aux étudiants de master avec lesquels j'ai pu travailler sur d'autres projets, notamment Kevin DC., Alexis, Adrien et Charlotte pour leur confiance. Un grand merci à tous les participants qui ont accepté de prendre part à mes expériences, les étudiants de l'Université Lyon 2 ainsi que les membres du CHU Saint-Etienne. Le travail de recherche serait impossible leur volontariat.

Mes remerciements se tournent également vers Dominique Muller, merci pour ton aide et tes précieux conseils. Avoir eu la chance de travailler avec toi sur l'écriture d'un article a été très enrichissant, le chemin est encore long mais j'ai appris beaucoup de choses à travers cette expérience. Je remercie également Alan Chauvin pour avoir eu la gentillesse de regarder certaines de mes données.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes "aînés thésards", notamment Benoit, Guillaume, Mathieu, Mélaine, Lionel B. et Stéphanie. Le travail d'un doctorant au sein d'une équipe aussi riche que celle-ci ne saurait exister sans le travail des anciens doctorants qui ont ouvert et arpenté un grand nombre de sentiers dans lesquels j'ai pu me faufiler. Je remercie plus particulièrement Benoit pour avoir joué un rôle important dans cette initiation à l'art de la recherche, merci pour les discussions toujours enrichissantes et pour avoir su me remotiver lorsque cela était nécessaire. Un immense merci à Guillaume pour tes nombreux conseils,

pour ta disponibilité et le partage de tes multiples compétences, merci de m'avoir montré que donner de son temps aux autres ne peut être qu'enrichissant. Enfin, merci à Mélaine, acolyte de rédaction, pour avoir accepté la mise en place du plan "rédaction" même si tu étais déjà autonome et bien avancée. Merci pour ta gentillesse et le temps que tu as pris pour répondre à mes questions (un clin d'oeil pour l'insight avec l'exemple des chats), tout cela a rendu la rédaction agréable et peut-être même amusante.

Je remercie également mes collègues de bureau qui n'ont pas été déjà cités pour avoir participé à ma découverte des proverbes et expressions désuettes ainsi que pour leur tolérance dans mes moments d'égarements : Marion, Jean-Baptiste et Nina.

Une attention particulière pour Kévin R. pour avoir affronté les différentes étapes de l'aventure de la thèse en même temps que moi, ce fut un plaisir de travailler avec toi à la fin de la thèse. Merci pour avoir été la force positive du duo et pour avoir "sabré" la première bouteille de champagne, je te souhaite d'en ouvrir beaucoup d'autres.

Je tiens à remercier ma famille et mes proches. Merci à mes frères et soeur, Thibault, Amaury et Anaëlle, à qui je souhaite d'aller le plus loin possible dans ce qu'ils aiment faire, merci pour votre aide sur des questions informatiques et graphiques. Merci à mes parents pour leur soutien sans faille et leur écoute, merci à mes grands-mères pour m'avoir appris puis rappeler ce qu'est l'essentiel.

Je remercie les âmes joviales de Lyon et d'ailleurs qui m'ont donné la possibilité de me changer les idées dans un univers de fêtes. Merci également à François S. pour ta disponibilité, pour les voyages interplanétaires et pour m'avoir rappelée qu'il faut rester soi-même quoi qu'il arrive. Merci aux "gens du haras", David, Olivier, Jeannine, Catherine, Solène et tous les autres pour leur confiance et leur bonne humeur dans cet univers apaisant au caractère désormais primordial. Merci à Rémi pour les leçons d'obstacles et les fous rires lors des balades en "autobus". Un grand merci à Pauline pour cette amitié que j'ai la chance de vivre depuis cette première partie de horseball. Merci pour ton énergie positive, pour les longues discussions et les aventures épiques qui ont été une source de liberté et de prise de recul considérable.

Pour finir, merci Sébastien. En grand guerrier tu m'as apportée optimisme et enthousiasme au quotidien depuis ton entrée dans cette aventure. Merci pour tout ce que tu es prêt à faire, mais surtout, merci de m'avoir fait comprendre qu'il est avant tout primordial de faire ce que l'on aime.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Table des matières | xiii |
| Liste des tableaux | xiv |
| Liste des figures | xviii |
| I Introduction générale | 1 |
| 0.1 Thématique : L’articulation des liens entre perception et mémoire | 2 |
| 0.2 Objectifs et organisation de la thèse | 4 |
| 1 Une histoire de liens entre perception et mémoire | 7 |
| 1.1 De l’information à la signification | 7 |
| 1.1.1 L’intégration des sensations | 7 |
| 1.1.2 La construction et l’organisation de la perception | 10 |
| 1.2 Une vision modulaire, hiérarchique et séquentielle | 12 |
| 1.2.1 L’approche computationnelle et le codage de l’information sensorielle . | 12 |
| 1.2.2 Les approches multisystèmes de la mémoire | 15 |
| 1.2.3 Processus bottom-up et top-down | 18 |
| 1.3 L’individu et la situation : la perception comme une connaissance émergente . | 19 |
| 1.3.1 La théorie écologique de la perception de Gibson | 19 |
| 1.3.2 Le rôle de l’individu dans l’activité perceptive : le New-Look | 22 |
| 2 L’émergence des connaissances | 28 |
| 2.1 De la récupération aux traces mnésiques | 28 |
| 2.1.1 Le contenu de la mémoire | 28 |
| 2.1.2 Des connaissances émergentes | 32 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.2 | L'apport du connexionnisme | 34 |
| 2.3 | Approches incarnée et située de la cognition | 37 |
| 2.3.1 | Une cognition incarnée et située : Généralités et illustrations | 37 |
| 2.3.2 | La mémoire dans une approche incarnée et située | 41 |
| 2.4 | Act-In : mécanismes impliqués dans l'émergence des connaissances | 43 |
| 2.4.1 | Mécanismes d'activation et d'intégration | 43 |
| 2.4.2 | Hypothèses sous-jacentes à Act-In | 47 |
| 3 | Une approche horizontale des liens perception/mémoire | 51 |
| 3.1 | Interaction dynamique entre perception et mémoire | 51 |
| 3.1.1 | Effet de la fluence perceptive sur la mémoire | 51 |
| 3.1.2 | Effet de suppression volontaire en mémoire sur la perception | 54 |
| 3.2 | Des connaissances issues de la perception : construction de la mémoire à partir de l'activité perceptive | 56 |
| 3.2.1 | Des co-activations communes | 56 |
| 3.2.2 | Modification de la perception par les dimensions mnésiques | 59 |
| 3.3 | Réactivation de traces sensorielles et motrices dans des tâches conceptuelles . . | 63 |
| 3.3.1 | Langage et activations sensori-motrices | 63 |
| 3.3.2 | Partage des ressources | 67 |
| 3.4 | Vers une vision horizontale des liens entre perception et mémoire | 69 |
| 3.4.1 | Répliquer des effets perceptifs avec l'intervention des dimensions mné- siques | 69 |
| 3.4.2 | Les illusions perceptives : quand les connaissances trompent la perception | 70 |
| II | Des composants de même nature sensorielle | 78 |
| 4 | Memory components act as perceptual components | 79 |
| 4.1 | Introduction | 81 |
| 4.2 | Experiment 1 : Sequential presentation (500 ms SOA) | 85 |
| 4.2.1 | Method | 85 |
| 4.2.2 | Results | 89 |
| 4.3 | Experiment 2 : Simultaneous presentation (0 ms SOA) | 92 |
| 4.3.1 | Method and procedure | 92 |

| | | |
|---|--|------------|
| 4.3.2 | Results and discussion | 92 |
| 4.4 | General discussion | 95 |
| References | | 99 |
| 5 | Shared access for perception and memory | 104 |
| 5.1 | Introduction | 106 |
| 5.2 | Experiment 1 | 109 |
| 5.2.1 | Method | 109 |
| 5.2.2 | Procedure and Design | 110 |
| 5.2.3 | Results | 111 |
| 5.3 | Experiment 2 | 113 |
| 5.3.1 | Method | 113 |
| 5.3.2 | Results | 114 |
| 5.4 | Discussion | 115 |
| References | | 119 |
| III Des mécanismes communs : répliquer des effets perceptifs | | 124 |
| 6 | The ghost mask | 125 |
| 6.1 | Introduction | 127 |
| 6.2 | Pretest of the mask | 129 |
| 6.2.1 | Materiel | 129 |
| 6.2.2 | Procedure and participants | 129 |
| 6.2.3 | Results | 130 |
| 6.3 | Experiment 1 | 131 |
| 6.3.1 | Method | 132 |
| 6.3.2 | Results and Discussion | 134 |
| 6.4 | Experiment 2 | 136 |
| 6.4.1 | Method | 136 |
| 6.4.2 | Results and Discussion | 137 |
| 6.5 | General Discussion | 138 |

References 141

7 Visual simulation of word access 145

| | | |
|-------|---|-----|
| 7.1 | Introduction | 147 |
| 7.2 | Method | 149 |
| 7.2.1 | Participants | 149 |
| 7.2.2 | Materials | 149 |
| 7.2.3 | Procedure | 150 |
| 7.2.4 | Statistic analyses | 151 |
| 7.3 | Results | 152 |
| 7.3.1 | Learning phase | 152 |
| 7.3.2 | Test phase | 152 |
| 7.3.3 | Word-evaluation task and correlation analysis | 153 |
| 7.4 | Discussion | 154 |

References 157

IV Une vision intégrée des illusions perceptives et mnésiques 161

8 Demonstration of an Ebbinghaus illusion at a memory level 162

| | | |
|-------|---|-----|
| 8.1 | Introduction | 164 |
| 8.2 | Experiment 1 : Ebbinghaus illusion induced by perceptual size | 167 |
| 8.2.1 | Method | 167 |
| 8.2.2 | Results | 169 |
| 8.3 | Experiment 2 : An Ebbinghaus illusion induced by a size difference reactivated in memory | 171 |
| 8.3.1 | Method | 171 |
| 8.3.2 | Results | 173 |
| 8.4 | Experiment 3 : Control experiment | 175 |
| 8.4.1 | Method | 175 |
| 8.4.2 | Results | 175 |
| 8.5 | Discussion | 176 |

| | |
|--|------------|
| References | 179 |
| 9 Memory is Deceiving in Ebbinghaus illusion | 183 |
| 9.1 Introduction | 185 |
| 9.2 Method | 187 |
| 9.2.1 Participants | 187 |
| 9.2.2 Stimuli and material | 187 |
| 9.2.3 Procedure and design | 189 |
| 9.3 Results | 189 |
| 9.4 Discussion | 191 |
| References | 193 |
| 10 Psychophysical measurement of a reactivated size effect | 198 |
| 10.1 Introduction | 200 |
| 10.2 Experiment 1 : Perceptual size of the inducers | 203 |
| 10.2.1 Method | 203 |
| 10.2.2 Results | 205 |
| 10.3 Experiment 2 : Reactivated size of the inducers | 207 |
| 10.3.1 Method | 207 |
| 10.3.2 Results | 208 |
| 10.4 Discussion | 208 |
| V Discussion Générale | 218 |
| 11 Synthèse des résultats expérimentaux | 219 |
| 11.1 Une même nature des composants impliqués dans les processus perceptifs et mnésiques | 220 |
| 11.2 Nature des connaissances et partage de mécanismes entre mémoire et perception | 222 |
| 11.2.1 De la nature sensorielle des connaissances... | 222 |
| 11.2.2 ... Vers des mécanismes communs | 224 |
| 11.2.3 Des mécanismes similaires entre processus perceptifs et mnésiques | 230 |
| 11.3 Questionnements et perspectives | 233 |

| | | |
|--|---|------------|
| 11.3.1 | Une vision horizontale des liens perception/mémoire | 233 |
| 11.3.2 | Cognition incarnée et mémoire : questions actuelles | 237 |
| 11.3.3 | Ouvertures | 244 |
| Bibliographie Générale | | 246 |
| VI Annexes | | 265 |
| A Matériel utilisé dans les études présentées dans les Chapitres 4 et 5 | | 266 |
| B Matériel utilisé dans l'étude présentée dans le Chapitre 6 | | 270 |
| C Matériel utilisé dans l'étude présentée dans le Chapitre 9 | | 273 |
| D Motor activation and task demand | | 275 |
| D.1 | Introduction | 277 |
| D.2 | Experiment 1 | 281 |
| D.2.1 | Method | 281 |
| D.2.2 | Results and discussion | 288 |
| D.3 | Experiment 2 | 290 |
| D.3.1 | Method | 290 |
| D.3.2 | Results and discussion | 291 |
| D.4 | Experiment 3 | 293 |
| D.4.1 | Method | 293 |
| D.4.2 | Results and discussion | 293 |
| D.5 | Discussion | 295 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.1 | Means and standard deviations for reaction times and correct responses (Experiment 1). | 91 |
| 4.2 | Means and standard deviations for reaction times and correct responses (Experiment 2). | 93 |
| 5.1 | Means and standard errors for the percentage of correct responses in Experiments 1 & 2. | 113 |
| 7.1 | Correlation table between the cognitive cost and different word characteristics. | 154 |
| 8.1 | Means and standard deviations for reaction times and errors rate for Experiment 1 (standard errors in parentheses). | 170 |
| 8.2 | Means and standard deviations for reaction times and errors rate for Experiment 2 (standard errors in parentheses). | 173 |
| 8.3 | Means and standard deviations for reaction times and errors rate for Experiment 3 (standard errors in parentheses). | 176 |
| D.1 | Means and confidence intervals of reaction (initiation) times for Experiments 1, 2 and 3 (between subjects standard errors in parenthesis). | 287 |

Table des figures

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Illustration du modèle de Marr (1982) | 13 |
| 1.2 | Illustration du modèle SPI de Tulving (1995) | 16 |
| 2.1 | Illustration du modèle MINERVA II de Hintzman (1986) | 32 |
| 2.2 | Illustration d'un modèle connexionniste (inspiré des perceptrons multicouches) | 35 |
| 2.3 | Matériel utilisé par Bhallaa & Proffitt (1999) et Renier et al (2011) avec (a) le dispositif permettant le jugement visuel et (b) le dispositif permettant le jugement haptique | 39 |
| 2.4 | Illustration du modèle Act-In (Versace et al., <i>in press</i>) | 44 |
| 3.1 | Illustration du matériel utilisé par Goldstone (1995) avec les groupes de lettres et de chiffres de couleurs différentes présentés dans la première phase (<i>à gauche</i>) et le protocole utilisé dans la phase de jugement (<i>à droite</i>). | 61 |
| 3.2 | Illustration du matériel utilisé par Riou et al (2011) : (a) un grand objet présenté plus grand parmi de grands distracteurs présentés petits, (b) un grand objet présenté plus grand parmi de grands distracteurs présentés petits, (c) un grand objet présenté plus petit parmi de grands distracteurs présentés grands, et (d) un grand objet présenté plus petit parmi de petits distracteurs présentés grands. | 62 |
| 3.3 | Images utilisées par Kaschak et al (2005) pour induire des mouvements de rapprochement et d'évitement (<i>à gauche</i>) et des mouvements vers le haut et vers le bas (<i>à droite</i>) | 66 |
| 3.4 | L'illusion de Müller-Lyer (1889) à gauche et l'illusion d'Ebbinghaus (1908) à droite | 72 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 3.5 | Figures présentées par Coren & Enns (1993) avec (a) l'illusion classique, (b) l'élément test et les inducteurs présentent une forme différente, (c) les éléments ont une même catégorie conceptuelle, (d) les éléments ont une catégorie conceptuelle proche, et (e) les éléments ont une catégorie conceptuelle éloignée | 73 |
| 4.1 | The four exemplars of each category of patterns (the first category with continuous elements and the second category with discontinuous elements which respectively correspond to categories 1 and B for the half of the participants and categories B and A for the other half of the participants). | 87 |
| 4.2 | Illustration of the experimental protocol in (a) the learning phase (common to both experiments) and (b) the test phase for Experiment 1. ITI = Inter Trial Interval; ISI = Inter Stimulus Interval. | 88 |
| 4.3 | Mean reaction time, in the successive presentation (500 ms SOA), as function of the prime ("sweet" or "unsweetened") and for each pattern type (associated with "sweet" property or not associated with "sweet" property). | 91 |
| 4.4 | Mean reaction time, in the simultaneous presentation (0ms SOA), as a function of the picture ("sweet" or "unsweetened") and for each pattern type (associated with "sweet" property or not associated with "sweet" property). | 94 |
| 5.1 | Figure 1. Means and 95% confidence intervals of reaction times for the interaction between prime conditions and target conditions in Experiment 1. | 112 |
| 5.2 | Figure 2. Means and 95% confidence intervals of reaction times for the interaction between prime conditions and target conditions in Experiment 2. | 115 |
| 6.1 | The mask and the no-mask used in the experiments of the present study | 130 |
| 6.2 | Illustration of the experimental protocol of Experiment 1. | 133 |
| 6.3 | Mean reaction times as function of the target type for each prime type for Experiment 1. Error bars represent standard errors. | 135 |
| 6.4 | Illustration of (a) the learning phase and (b) the test phase of Experiment 2. | 137 |
| 6.5 | Mean reaction times as function of the target type for each prime type for Experiment 2. Error bars represent standard errors. | 139 |

| | | |
|------|---|-----|
| 7.1 | Illustration of the (a) learning phase : a mask or control stimulus is associated with a tone to be categorized (high vs. low) and (b) the test phase : a word is simultaneously presented with one of the previous tones. Words are categorized as animal or artifact. | 151 |
| 7.2 | Results from the correlation analysis : scatter plot and best-fitting regression line showing relationship between interference-effect scores and visual mental imagery rate | 153 |
| 7.3 | Supplementary file. Complete list of the words with the corresponding number of letters, visual imagery value, concreteness value, subjective of objective frequency value. | 156 |
| 8.1 | Illustration of the experimental protocol with the stimuli for the (a) identical condition, (b) magnified condition, (c) decreased condition (Experiment 1). . . | 168 |
| 8.2 | Illustration of the experimental protocol with the stimuli for the (a) identical condition, (b) magnified condition, (c) decreased condition (Experiment 2), for the group trained with large red circle and small blue circle. | 172 |
| 9.1 | Illustration of the experimental protocol with one set of the stimuli for the (a) identical condition, (b) enhance condition, (c) decrease condition. | 189 |
| 10.1 | Illustration of the stimulus with the 11 th test circles the large inducers on the left and the reference circle on the right in (a) Experiment 1 and (b) Experiment 2. | 204 |
| 10.2 | Psychometric curves for indicating mean proportion of "test circle larger than reference circle" fitted responses plotted against the size difference (in px) between the test circles and the reference circle for the small and the large inducers in Experiment 1. | 206 |
| 10.3 | Psychometric curves for indicating mean proportion of "test circle larger than reference circle" fitted responses plotted against the size difference (in px) between the test circles and the reference circle for the small and the large inducers in Experiment 2. | 209 |
| 11.1 | Illustration d'une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire. | 235 |

| | |
|--|-----|
| 11.2 L'émergence des connaissances dans une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire selon le modèle Act-In. | 236 |
| 11.3 Illustration du protocole expérimentale proposé avec (a) la phase d'apprentissage et (b) la phase de test | 243 |
| A.1 Images de produits typiquement sucrés présentées dans les études des Chapitres 4 et 5 | 267 |
| A.2 Images de produits non sucrés présentées dans les études des Chapitres 4 et 5 . | 268 |
| A.3 Images de produits non comestibles présentées dans les études des Chapitres 4 et 5 | 269 |
| B.1 Stimuli utilisés comme cibles dans la catégorie "items fortement sensibles au masque" dans le paradigme de masquage du Chapitre 6 | 271 |
| B.2 Stimuli utilisés comme cibles dans la catégorie "items faiblement sensibles au masque" dans le paradigme de masquage du Chapitre 6 | 272 |
| C.1 Stimuli utilisés dans le paradigme inspiré de l'illusion d'Ebbinghaus présenté dans l'étude du Chapitre 4 | 274 |
| D.1 The tools presented in the three experiments. Grouped tools correspond to the couple created according to their gesture similarity of utilization. | 282 |
| D.2 Illustration of the perceptual and motor tasks in the three experiments. | 286 |

Première partie

Introduction générale

0.1 Thématique : L'articulation des liens entre perception et mémoire

Dans *Traité de la nature humaine*, David Hume, philosophe britannique du XVIII^{ème} siècle, écrit :

Je ne peux jamais, à aucun moment, me saisir moi-même sans une perception, et jamais je ne puis observer autre chose que la perception. Quand mes perceptions sont supprimées pour un temps, comme par un sommeil profond, aussi longtemps que je suis sans conscience de moi-même, on peut vraiment dire que je n'existe pas. Et si toutes mes perceptions étaient supprimées par la mort, et que je ne puisse ni penser, ni sentir, ni voir, ni aimer, ni haïr après la dissolution de mon corps, je serais entièrement annihilé, et je ne conçois pas ce qu'il faudrait de plus pour faire de moi une parfaite non-entité (Hume, 1739/1946, p. 242, Livre I : De l'entendement).

Dans ce texte, Hume traduit la nécessité de l'individu d'avoir recours aux perceptions pour exister dans le présent. Mais existe-t-il une perception entièrement dénuée de passé? Cette question alimente de nos jours de vifs débats scientifiques. Une réponse par l'affirmative serait difficilement concevable dans le contexte des recherches scientifiques actuelles. C'est pourquoi de nombreuses théories en psychologie et sciences cognitives tentent d'articuler l'activité perceptive et ses interactions avec ce que nous en retenons en mémoire.

Lors de chaque interaction avec l'environnement, nous activons de manière automatique les connaissances en mémoire portant sur les objets similaires à ceux présents dans la situation que nous avons déjà rencontrés dans le passé. Nous activons un concept, une représentation mentale se référant à une catégorie spécifique d'objets. Nous pouvons ainsi penser, imaginer, parler de ces objets en leur absence perceptive grâce à nos connaissances conceptuelles sur les objets. Les modèles structuralistes de la mémoire décrivent les liens entre perception et mémoire par une suite de traitements computationnels séquentiels et hiérarchisés dans une approche multisystèmes de la mémoire (Tulving, 1995 ; Squire, 2004). L'interaction entre ces deux processus s'effectuerait de manière "verticale" et permettrait de rendre compte de l'influence des connaissances en mémoire sur l'activité perceptive. Cette interaction est associée

à un codage de l'information sensorielle entrante. Les différentes formes de connaissances sont décrites comme amodales, autrement dit elles correspondent à des représentations abstraites de leur contexte d'apprentissage. En opposition à ces premiers modèles, les approches fonctionnalistes et incarnées de la cognition envisagent la mémoire comme un système unique dans lequel l'accès aux connaissances impliquent nécessairement la simulation des états sensoriels et moteurs similaires à ceux vécus lors des expériences passées (Glenberg, 1997; Barsalou, 2008; Versace et al., 2009). Cette approche postule que les connaissances conceptuelles ne seraient pas amodales et détachées de leur contexte d'apprentissage mais elles seraient, au contraire, ancrées dans les composants sensoriels et moteurs de la situation. Par conséquent, l'individu ne peut être pensé sans ses interactions passées et présentes avec l'environnement dans lequel il se situe.

Ce travail s'inscrit dans une approche fonctionnelle de la mémoire et abordera deux points centraux dans l'opposition entre l'approche structuraliste et l'approche fonctionnelle. Le premier point concerne la nature des connaissances et le second la question des interactions entre perception et mémoire. Riche des nombreuses études qui s'inscrivent dans le cadre des approches incarnées et situées de la cognition, le présent travail envisage l'interaction entre processus perceptifs et mnésiques comme un chevauchement entre perception et mémoire en l'absence de codage de l'information sensorielle (i.e. l'information sensorielle entrante dans le système n'est pas transformée en représentation abstraite). Cette vision fonctionnaliste sera détaillée et argumentée au moyen de paradigmes expérimentaux issus de la littérature mais aussi élaborés dans le cadre de ce travail.

"Je peux m'aventurer à affirmer du reste des hommes qu'ils ne sont rien qu'un ensemble, une collection de différentes perceptions [...]" (Hume, 1739/1946, p. 242). La vision "horizontale" des liens entre perception et mémoire qui sous-tend ce travail nous amène ainsi à considérer la perception comme une connaissance émergente au même titre que les connaissances issues de la mémoire.

0.2 Objectifs et organisation de la thèse

L'objectif de ce travail de recherche est double. Le premier objectif est d'apporter des arguments en faveur de la nature sensorielle des connaissances en mémoire qui sont directement issues de l'activité perceptive. Le second objectif s'inscrit dans la continuité du premier et concerne l'exploration de l'interaction entre perception et mémoire. L'approche fonctionnaliste de la mémoire suggère un renversement de la pensée structuraliste selon laquelle la perception et la mémoire seraient liées par une suite de traitements séquentiels et hiérarchisés. L'hypothèse sous-jacente à cette opposition est que la perception et la mémoire seraient basées sur des mécanismes communs mais partageraient également des unités communes. Cette hypothèse sera opérationnalisée en investiguant la possibilité de recréer des phénomènes typiquement perceptifs, tels que le masquage ou les biais perceptifs observés dans les illusions, en l'absence d'éléments perceptivement présents mais avec l'intervention des dimensions mnésiques.

La partie I sera consacrée à la présentation des différents courants théoriques et arguments dans la littérature qui permettent de mieux appréhender la question qui sous-tend ce travail de thèse : peut-on articuler les échanges entre mémoire et perception en termes de "vision horizontale" ? Du point de vue psychophysique au point de vue cognitiviste, la perception est étudiée sous différents angles, mais la notion d'intégration des informations sensorielles s'avère être commune. Cette notion est centrale car le percept résulte de l'intégration des multiples propriétés des objets. Par conséquent, dans le chapitre 1, nous aborderons la notion d'intégration des informations sensorielles perçues dans l'environnement par l'individu. Nous parlerons ensuite de la manière dont les informations sensorielles sont traitées intégrées ensemble dans les modèles computationnels de la perception mais également dans les modèles de la mémoire. Nous décrirons ainsi les modèles structuraux de la mémoire héritiers de la notion de modularité à la base du computationnalisme. La suite du chapitre sera consacrée à développer une argumentation proposant une alternative à l'approche structuraliste dominante de la mémoire. En passant par l'approche écologique de la perception qui envisage une place centrale de l'environnement et la situation dans l'activité perceptive, nous présenterons une approche dans laquelle les connaissances de l'individu font partie intégrante de l'activité perceptive. L'objectif sera de souligner l'importance du rôle de l'individu dans l'activité

perceptive et de présenter la perception comme un processus actif. Enfin nous aborderons la fluence perceptive afin d'illustrer l'interaction entre mémoire et perception d'un point de vue fonctionnaliste et non plus structuraliste.

Si les connaissances influencent la perception, plusieurs questions se posent : quelle est la nature de ces connaissances ? Que contiennent-elles ? Comment sont-elles récupérées ou comment émergent-elles ? Ces questions seront traitées dans le chapitre 2 dont l'objectif est de présenter les grandes notions issues de plusieurs approches théoriques de la mémoire utiles pour appréhender le modèle Act-In (Activation-Intégration) sur lequel se base le présent travail. Nous aborderons en premier lieu la notion de traces mnésiques dans les modèles à traces multiples. Nous décrirons ensuite les modèles connexionnistes défendant une conception système unique de la mémoire. Enfin, l'approche située et incarnée de la cognition sera présentée pour aboutir à la description du modèle Act-Int qui décrit la mémoire comme système unique contenant des traces multiples dans une approche située de la cognition.

Le chapitre 3 rapportera des éléments de la littérature en faveur d'une approche "horizontale" des liens entre perception et mémoire. Ces arguments font l'état d'activations neuronales communes dans des tâches perceptives et mnésiques (conceptuelles), de réactivations de traces sensorielles et motrices dans des tâches conceptuelles et démontrant un partage de ressources. Nous présenterons également dans ce chapitre l'intérêt d'utiliser des phénomènes perceptifs tels que le masquage ou les illusions sensoriels dans l'étude des liens perception-mémoire.

Les parties II, III et IV présenteront les études expérimentales menées au cours de ce travail de thèse. La partie II aura pour thème la nature sensorielle des connaissances en manipulant le caractère absent (chapitre 4) ou présent (chapitre 5) des composants en jeu dans les traitements dans des tâches de catégorisation. Forts des résultats observés, la partie III sera davantage centrée sur la réplication d'effets typiquement perceptifs avec l'intervention d'éléments réactivés en mémoire. L'objectif sera de montrer qu'un masque perceptif peut être efficace sur le traitement de cibles visuelles lorsqu'il est absent et réactivé en mémoire (chapitre 6) et que ce masque réactivé peut également perturber le traitement conceptuel (chapitre 7). Ces travaux nous ont amenés à faire l'hypothèse, dans la partie IV que les illusions perceptives devraient être sensibles à des variables mnésiques. Cette hypothèse sera

explorée lors de l'intervention d'éléments réactivés (chapitre 8) ou simulées (chapitre 9) en mémoire sur le biais perceptif.

Dans la partie V, nous discuterons des résultats obtenus dans les études réalisées et apporteront des éléments de conclusions. Pour finir, nous présenterons les derniers travaux effectués qui sont directement issus des résultats précédemment observés et apporterons des pistes d'ouverture.

Chapitre 1

Une histoire de liens entre perception et mémoire

1.1 De l'information à la signification

1.1.1 L'intégration des sensations

L'individu collecte seconde après seconde un très grand nombre d'informations sensorielles captées dans l'environnement. Cette capture des informations par les récepteurs sensoriels provoque une réaction de l'organisme communément appelée "sensation". Cette dernière correspond à la stimulation d'un organe sensoriel par un stimulus approprié, qui entraîne des modifications physiologiques ([Tiberghien, 1984](#)). La sensation est à la fois universelle, tous les individus perçoivent l'environnement par le biais de leurs sens, mais également relative, tous les individus ne ressentent pas toutes les stimulations sensorielles de la même manière (la température extérieure, par exemple, est un élément objectif pour lequel notre ressenti et nos interprétations diffèrent d'un individu à l'autre). Chaque récepteur sensoriel a son propre type de codage de l'information (e.g., vibration de l'air pour l'ouïe, réfléchissement des rayons lumineux sur les objets pour la vue, stimulation des corpuscules de Pacini pour le toucher...). Les informations sensorielles peuvent être de nature lumineuse (vue), chimique

(olfaction, gustation), sonores (audition), mécaniques (somesthésie)... Une même stimulation peut ainsi être captée par plusieurs systèmes sensoriels. Face à la diversité et la richesse de l'environnement en informations sensorielles, le système cognitif est sans cesse amené à traiter de très nombreuses informations (provenant de différentes modalités sensorielles) qu'il parvient à intégrer en une unité perceptive.

Pour illustrer ce phénomène, Kevin O'Regan ([O'Regan, 2011](#)) donne l'exemple du "Hand-in-the-Bag Game" (i.e. le jeu de la main dans le sac). Il propose de prendre un sac opaque contenant plusieurs objets familiers tels qu'un bouchon en liège, un canif, une pomme de terre et un harmonica. Il demande ensuite de s'imaginer plonger la main dans le sac sans avoir la possibilité de regarder à l'intérieur. Ne connaissant pas le contenu du sac, nous commençons à toucher les objets, à les palper, à les tourner... Diverses sensations peuvent être alors ressenties : la rugosité d'un premier objet, la forme d'un second, les reliefs d'un troisième... Toutes ces sensations sont déconnectées les unes des autres jusqu'à ce que se produise ce que Kevin O'Regan définit de la manière suivante : "le voile tombe". L'un des objets, qui jusque là était "ressenti", est identifié. Pourtant rien n'a changé, nos doigts effectuent les mêmes mouvements et nos récepteurs sensoriels reçoivent les mêmes informations. Et cependant, l'objet n'est plus perçu comme un ensemble de sensations fragmentées mais comme un objet entier dont les différentes sensations qu'il suscite ont été intégrées. L'exploration impliquée dans la reconnaissance de l'objet est un processus actif dirigé par les connaissances implicites individuelles sur cet objet (sa configuration, l'agencement de ses différentes parties, son utilisation...). Dans l'exemple précédent, cette exploration se traduit notamment par le fait de pouvoir bouger ses doigts sur l'objet. Cette connaissance implicite guide la recherche d'autres indices sur l'objet (i.e. "si je bouge les doigts de telle manière, je devrais sentir une cavité à cet endroit") et induit le sentiment d'unité et d'intégrité de l'objet.

La perception correspond à "l'activité au moyen de laquelle l'organisme prend connaissance de son environnement sur la base des informations prélevées par les sens" ([Houdé, Kayser, Koenig, Proust, & Rastier, 1998](#)). Le passage de la prise d'informations sensorielles à la signification suscite de nombreux débats en psychologie cognitive quant à la relation entre l'activité perceptive de prise d'informations et l'interprétation cognitive. L'un des points de vue de la psychophysiologie souligne le caractère analogique de la perception qui correspond

à l'articulation entre le stimulus, la réaction des récepteurs sensoriels et l'influx nerveux transmis aux zones somato-sensorielles dans le cortex. En effet, l'énergie chimique ou physique émise par un stimulus est traduite en énergie électrique. Ainsi, la durée et l'intensité de la stimulation sont fonction de l'amplitude et la durée du potentiel électrique transmis par le récepteur sensoriel au cortex. Ces éléments étayaient un modèle linéaire et passif de la perception (e.g., les ondes lumineuses reflétées par un objet dans son environnement sont transmises à l'oeil et transformées en un message interprétable par le système cognitif). Le système perceptif sera assimilable à un appareil photographique qui capterait une réalité objective. Cependant, d'autres éléments en psychophysiologie montrent que l'information transmise par les récepteurs sensoriels n'est pas uniquement le résultat d'un codage analogique des caractéristiques physiques du stimulus. En effet, les potentiels électriques captés à la sortie des récepteurs sensoriels et conduits par les premiers relais synaptiques peuvent être modulés voire supprimés par des mécanismes attentionnels ou émotionnels (Davis, 1964). De plus, la configuration particulière des cellules composant les récepteurs sensoriels peut dépasser l'image physique et séparer l'image de son fond (Gregory, 1970). La représentation perceptive émergerait de la confrontation entre l'individu et l'événement. Se pose alors la question de la position du sujet dans l'activité perceptive. Ces "représentations perceptives" pré-existeraient-elles au processus perceptif? La fonction des récepteurs sensoriels ne serait pas de transmettre une copie objective du stimulus traité mais au contraire de mettre en avant les éléments nouveaux du stimulus. Cette fonction met ainsi en avant la fonction adaptative de la perception plutôt qu'une simple fonction de réception des informations sensorielles de l'environnement.

Dans *Matière et mémoire*, Henri Bergson explique que les théories de la perception doivent rendre compte du lien mais également de l'écart entre la perception interne et l'objet externe (Bergson, 1896, p. 29). Il écrit que "le système nerveux n'a rien d'un appareil qui servirait à fabriquer ou même à préparer des représentations". Dans sa théorie sensorimotrice de la perception, il décrit une forte continuité entre les facultés perceptives et les facultés motrices. Il relie également les facultés motrices à la pensée tout en supposant une incompatibilité entre la perception et la pensée. La perception intervient comme une fonction pragmatique et discriminante de l'environnement par la prise d'informations précoces par des mécanismes sensorimoteurs. Il n'y a pas de construction de représentations internes, les éléments extérieurs

sont traités tels qu'ils entrent dans le système perceptif.

Cependant, les nombreuses interactions entre les différentes fonctions cognitives remettent en question la linéarité de cette description. Dans *The Unity of the Senses*, l'ethnomusicologue autrichien Erich von Hornbostel souligne que "ce qui est essentiel à la perception sensorielle n'est pas ce qui sépare les sens les uns des autres, mais ce qui les unit entre eux, à chacune de nos expériences internes (même non sensorielles) et à notre environnement" (Von Hornbostel, 1927). La perception correspond à l'intégration entre les multiples sensations entrantes et les connaissances et attentes formulées de manière plus ou moins consciente par l'individu.

Ces observations ont conduit à l'investigation de la notion de codage de l'information. De quelle manière la perception devient-elle signification de l'environnement ? Le courant de la Gestalt propose que les informations visuelles ne sont pas traitées comme une juxtaposition d'éléments mais comme un ensemble déjà structuré porteur de signification.

1.1.2 La construction et l'organisation de la perception

Au début des années 1910 en Allemagne, Max Wertheimer associé à Kurt Koffka et Wolfgang Köhler, propose la psychologie de la forme ou théorie de la Gestalt (qui signifie "forme" en allemand). Basés sur le "phénomène Phi", ils décrivent la perception comme une perception de totalités en opposition à l'associationnisme et la psychologie expérimentale de Wilhelm Maximilian Wundt qui considère la conscience comme la somme d'éléments perceptifs. Ils rejettent l'idée d'une correspondance totale entre le stimulus et ce que l'individu en perçoit. L'expérience visuelle est déjà structurée et le tout perceptif est différent de, et non réductible à, la somme de ses parties (Wertheimer, 1938).

En réaction au behaviorisme, les gestaltistes ont contribué à l'étude de la perception mais également aux domaines de l'éducation et de la psychologie sociale. Max Wertheimer, scientifique et musicien, remarque que lorsque l'on transpose une mélodie, l'ensemble de ces éléments changent et pourtant la mélodie est toujours reconnue comme telle. Une mélodie transposée reste la même mélodie dont les différents sons interagissent ensemble, la notion

d'interaction rejette la notion de simple somation des différentes parties. Cette approche s'oppose au structuralisme selon lequel le produit de la perception correspond à l'ajout des éléments qui le construit, par exemple une mélodie correspond à une séquence de différents sons qui s'associent. En 1912, il publie un article sur l'illusion visuelle appelée "apparent motion" (i.e. illusion de mouvement) (cf. [Wertheimer, 1944](#)). Cette illusion se produit lorsque des images statiques sont présentées de manière successive et rapide créant ainsi un effet de mouvement. Il souligne alors que l'ensemble des images statiques (les parties) est différent de la perception du mouvement lorsqu'elles sont présentées successivement (l'ensemble).

Une approche holistique de la perception

L'individu construit un ensemble cohérent à partir de toutes ses sensations. Les gestaltistes refusent la dualité entre sensation et perception. La perception est un ensemble organisé de formes globales, elle résulte d'une configuration comprenant un ensemble d'éléments sensoriels. Elle s'organise en formes dont chaque élément contribue à donner un sens au tout. La Gestalt postule un lien très direct entre l'expérience perceptive subjective et les activations neuronales impliquées, le champ visuel et le champ électrique cérébrale tendent vers une position d'équilibre. [Köhler \(1940\)](#) défend l'idée que la convergence de champs électriques dans le cerveau (les champs électriques sont considérés comme des corrélats cérébraux aux percepts) vers un état d'énergie minimal est à la base du mécanisme de "prägnanz". Les perceptions sont simplifiées quand les activations cérébrales sous-jacentes tendent vers un état d'équilibre.

La psychologie de la forme

L'un des grands principes de la Gestalt est celui de la prégnance de la bonne forme ("prägnanz" en allemand) qui consiste à organiser l'expérience perceptive de manière régulière, ordonnée, symétrique et simple. Cette organisation est dirigée par des lois qui prédisent l'interprétation des sensations. L'une des contributions majeures des gestaltistes réside dans l'idée que la perception d'objets séparés n'est pas permise uniquement par l'image sur la rétine. Les éléments perçus ont tendance à être regroupés s'ils sont spatialement proches, similaires les uns des autres, forment un contour fermé ou se déplacent dans la même direction ([Rock & Palmer, 1990](#)). Par conséquent, l'image rétinienne ne correspond qu'à un éventail de fréquences et d'intensité de lumière provenant des différentes parties d'un même objet.

L'habilité à percevoir les objets est due à une organisation qui s'effectue dans le système nerveux.

La Gestalt privilégie une approche holistique de la perception dans laquelle l'interprétation des informations sensorielles ne résulte pas de l'association progressive d'unités. Les phénomènes holistes et organisationnels décrits par la Gestalt, telles que les lois de groupement ou les relations figure-fond, sont robustes et à ce titre largement explorés par les modèles de la perception (voir [Palmer, 1999](#)). La question sous-jacente de ces modèles est de déterminer ce qui, dans le stimulus, permet de créer une structure globale émergente et cohérente. L'approche computationnelle de [Marr \(1982\)](#) tentera d'expliquer ces phénomènes en mettant en avant la notion de codage et de transformation de l'information sensorielle.

1.2 Une vision modulaire, hiérarchique et séquentielle

1.2.1 L'approche computationnelle et le codage de l'information sensorielle

[Marr \(1982\)](#) propose un modèle neuro-computationnel de la reconnaissance visuelle des objets dans lequel le cerveau est considéré comme un ordinateur appliquant des procédures (voir [Figure 1.1](#)). A partir des informations captées dans l'environnement, le système visuel permet la création d'une représentation interne décodable par les représentations stockées en mémoire.

Le codage de l'information

La reconnaissance de l'objet nécessiterait trois niveaux de traitement ([Marr & Nishihara, 1978](#)). Dans une première étape de bas-niveau, une ébauche primaire de l'objet (primal sketch) est construite en dégageant ses contours sur la base de différences de luminosité par groupement des zones de changement des gradients d'intensité lumineuse. Dans un second niveau intermédiaire, le système élabore une représentation en deux dimensions de l'objet à

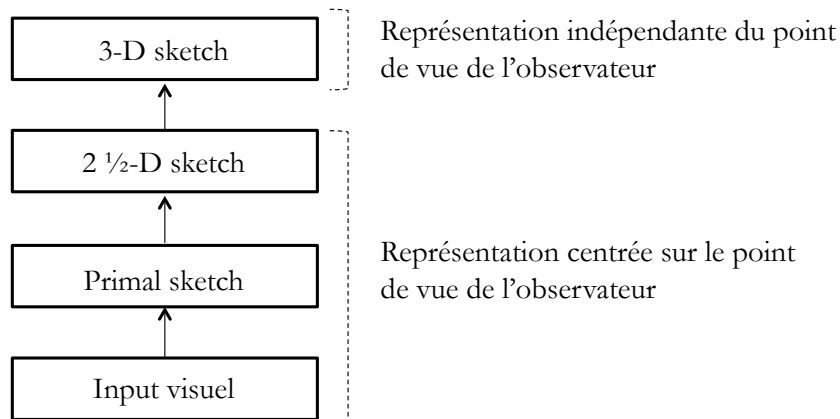


FIGURE 1.1 – Illustration du modèle de Marr (1982)

partir de l'orientation et de la profondeur de l'objet en fonction du point de vue de l'observateur ($2^{1/2}$ -D sketch). Enfin, la dernière étape, de haut niveau, correspond à la construction d'une représentation constante de l'objet en trois dimensions (3-D sketch), cette dernière est centrée sur l'objet et indépendante du point de vue de l'observateur et va être comparée aux patterns précédemment stockés en mémoire. Selon Marr, la perception est organisée en unités primitives (i.e. des formes volumétriques simples) qui permettent la *reconstruction* en trois dimensions d'une représentation visuelle. Ces représentations finales "structurales" sont codées sous forme de volumes organisés de manière hiérarchique, elles correspondent à une vue canonique/prototypique de l'objet. Cette modélisation repose sur la mise en oeuvre de traitements ascendants dans la reconnaissance d'objets et met l'accent sur la notion de codage des informations visuelles.

La modularité des traitements

La modularité des traitements, centrale dans le modèle de Marr, a été élaborée par Jerry Fodor (Fodor, 1975, 1983), qui en s'inspirant de la "métaphore de l'ordinateur", propose le computationnisme dans le but d'expliquer le fonctionnement cognitif. Dans cette approche, le fonctionnement du système cognitif est caractérisé par différents niveaux de traitements effectués par des modules indépendants. Dans un premier temps, les informations (percepts)

entrantes dans le système sont traitées à un niveau sensoriel par les systèmes périphériques. Les percepts sont alors modifiés par des transducteurs qui permettent de transformer les informations en un code lisible par les systèmes centraux. Par la suite, les systèmes centraux traitent les percepts codés qui sont dès lors considérés comme des représentations amodales, autrement dit détachées de leurs propriétés sensorielles. L'interprétation du monde (la perception) est alors rendue possible par des rétro-actions des systèmes centraux sur la sortie du système périphérique et non pas sur le système périphérique lui-même. Chaque module est indépendant des autres, il est domaine spécifique puisqu'il n'agit que sur certaines entrées spécifiques dans le système et possède une architecture neuronale propre, de telle manière que la notion de modules est indissociable de celle de code. Le fruit codé du processus perceptif est communément appelé "représentation". La notion de représentation implique une transformation de l'information en un code lisible par les systèmes centraux. Chaque module va traiter les informations selon un code spécifique ce qui conduit à des natures différentes des représentations en mémoire. Le code doit être compréhensible par les systèmes ultérieurs tels que la mémoire. Cela implique que les connaissances sont abstraites de leur contexte d'apprentissage, la perception va permettre de transformer l'information en un code lisible par la mémoire. Perception et mémoire sont alors en lien au travers de traitements séquentiels et hiérarchiques (i.e. vision verticale). D'abord percevoir, puis connaître. Dans cette approche, le codage est universel, chaque événement perceptif devrait être codé de la même manière chez tous les individus (sortie identique au niveau de la perception) mais interprété de manières différentes (en fonction des connaissances).

Cette vision du fonctionnement cognitif se retrouve dans les approches multisystèmes de la mémoire (e.g. [Tulving, 1995](#)) en alimentant dès les années 1960 les débats sur la nature des connaissances en mémoire et leur organisation ([Craik, 1979](#)). Directement issus du principe de modularité, les modèles multisystèmes de la mémoire s'imposeront dès les années 1960. Ces modèles seront présentés brièvement dans la partie suivante.

1.2.2 Les approches multisystèmes de la mémoire

Guidées par le désir et la nécessité de comprendre l'organisation et le fonctionnement de la mémoire, différentes approches ont été élaborées. Les approches structuralistes multisystèmes et les approches fonctionnalistes (ces dernières seront davantage présentées dans le chapitre 2) ont alors proposé des visions différentes sur l'organisation du système cognitif. Les premières s'intéressent aux systèmes et postulent l'existence de plusieurs systèmes mnésiques (Graf & Schacter, 1985) tandis que les secondes se concentrent davantage sur les processus en proposant un système unique de mémoire (Anderson, 1976; Hintzman, 1984; Whittlesea, 1987). Les multiples observations de dissociations observées en neuropsychologie clinique et en psychologie expérimentale ainsi que l'étude des déficits consécutifs à des atteintes cérébrales ont permis à l'approche structuraliste multisystèmes de s'imposer dès les années 1980. Cette approche s'attache à décrire le système cognitif comme un système recevant des données sensorielles et produisant des comportements. Elle permet d'expliquer les troubles mnésiques par l'altération d'un système de mémoire en particulier (Eustache & Desgranges, 2008) et d'élaborer des tests mnésiques spécifiques au système concerné.

C'est en 1890 qu'apparaît la notion de dissociation entre différentes formes de mémoire avec la distinction entre une mémoire primaire et une mémoire secondaire par Williams James (James, 1890). Peu de temps auparavant, le psychologue allemand Hermann Ebbinghaus (Ebbinghaus, 1885) présentait la notion de position sérielle illustrée par un effet de récence et un effet de primauté qui se traduisent par de meilleures performances en mémoire. Ces effets ont été attribués à des systèmes de mémoire distincts, l'effet de récence serait le résultat du passage des informations en mémoire à long-terme et l'effet de primauté serait attribué au maintien encore actif des informations en mémoire à court-terme (voir Jahnke, 1963).

Soucieux de modéliser la manière dont la mémoire serait organisée, Endel Tulving propose le modèle structuraliste de la mémoire *Serial, Parallel, Independent* (SPI, Tulving, 1995, 2001) dans lequel la mémoire est composée de différents sous-systèmes caractérisés notamment par la nature des informations qu'ils stockent (voir Figure 1.2). L'information est encodée de manière **sérielle** (un sous-système après l'autre), le stockage s'effectue en **parallèle** (ce qui ne veut pas dire de manière simultanée) dans les différents sous-systèmes et l'informa-

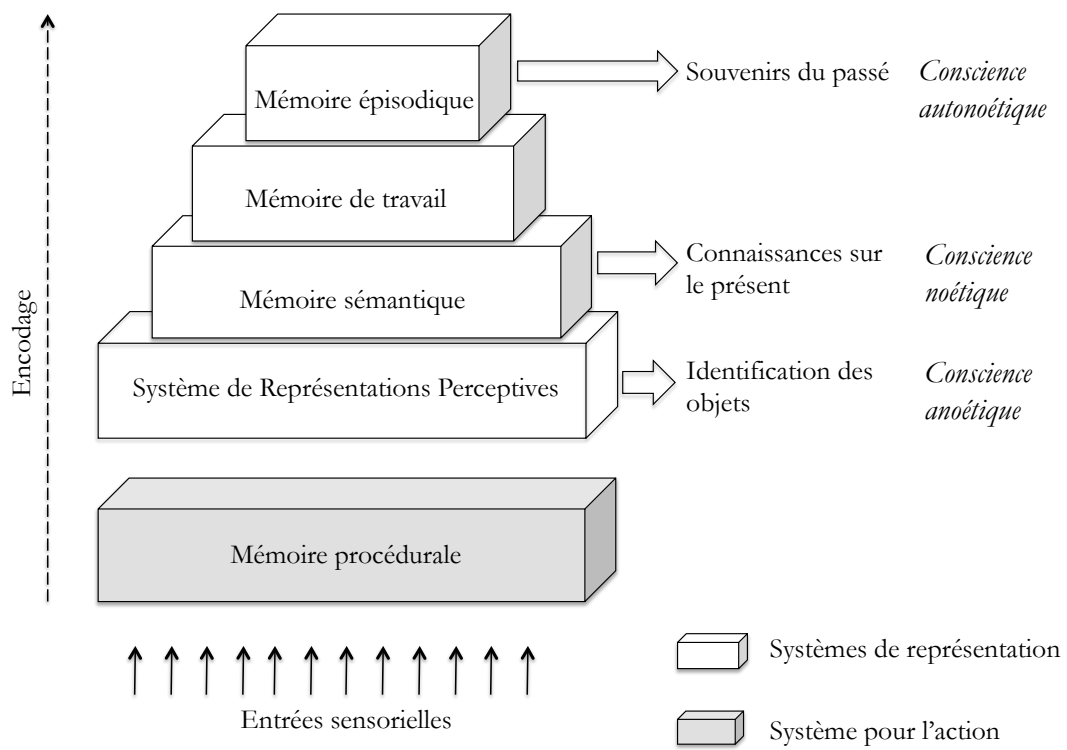


FIGURE 1.2 – Illustration du modèle SPI de Tulving (1995)

tion peut être récupérée de manière **indépendante** dans chaque sous-système. Par ailleurs, cinq sous-systèmes de mémoire sont décrits. Ils sont rattachés à des formes de représentations différentes et spécifiques qui interagissent de manière séquentielle et hiérarchique lors de l'encodage, du stockage et de la récupération d'une information. En premier lieu, les informations sont traitées par la *mémoire procédurale*, considérée comme la "mémoire des habitudes" et des habiletés motrices et cognitives. Elle intervient dans l'acquisition et l'utilisation automatique et rapide des savoir-faire, adaptés aux environnements. Puis les caractéristiques structurales des objets stockées dans le *Système de Représentation Perceptive* (PRS) sont extraites. C'est donc l'activité de l'individu, dépendante de la mémoire procédurale, qui déclencherait ces activations dans le PRS et donc la perception. La *mémoire sémantique* se baserait ensuite sur ces caractéristiques structurales afin de récupérer les représentations abstraites qui leur sont associées. Pendant ces différentes étapes, la *mémoire de travail* intervient dans la manipulation des informations pour une courte durée avec une capacité limitée. Enfin la création d'un souvenir daté dans le temps et situé dans l'espace est alors possible en *mémoire épisodique*. Dans cette approche, la mémoire sémantique correspond aux connaissances générales sur le monde (également associées aux objets), ces connaissances ne sont pas situées dans l'espace ni dans le temps, elles sont amodales c'est-à-dire abstraites de leur contexte d'encodage. La notion de codage prend donc une part primordiale dans l'accès aux connaissances sémantiques. En revanche, la mémoire épisodique correspond aux expériences vécues par un individu, autrement dit aux connaissances situées dans un contexte spatio-temporel.

Outre la spécificité du contenu et du rôle des différents sous-systèmes de mémoire et l'articulation entre leur contenu et l'activité perceptive, Tulving définit deux mécanismes de récupération des informations : soit implicite (ce qui serait toujours le cas pour la mémoire procédurale et le PRS et fréquemment pour la mémoire sémantique) soit explicite (pour la mémoire de travail et la mémoire épisodique). La récupération serait également associée à trois niveaux de conscience distincts caractéristiques des différents sous-systèmes. L'accès aux connaissances en mémoire procédurale est dite "anoétique", ce sous-système est caractérisé de "système inconscient" car il a la capacité de percevoir et réagir de manière automatique aux stimuli internes ou externes captés par le système. L'état "noétique" caractérise l'accès conscient aux informations en mémoire sémantique par introspection. Enfin, l'accès à la mémoire épisodique est dite "autonoétique", c'est-à-dire qu'il correspond à un accès conscient

aux informations stockées associé à un sentiment de reviviscence de l'événement.

L'élaboration, le stockage et la récupération des informations en mémoire est dépendante de l'activité perceptive. Ainsi, les auteurs ont décrit des processus de traitement entre les systèmes de bas-niveau (i.e. perceptifs) et de haut-niveau (i.e. mnésiques) dans ces modèles.

1.2.3 Processus bottom-up et top-down

Ulric Neisser ([Neisser, 1967](#)) a écrit que "la psychologie cognitive se réfère à tous les processus par lesquels l'input sensoriel est transformé, réduit, élaboré, stocké, rappelé et utilisé". L'input sensoriel est "transformé" car la représentation du monde ne correspond pas à une image passive de l'environnement. Cet input sensoriel est "réduit" car une grande partie des informations sensorielles n'est pas traitée. Il est "élaboré" par un processus de construction active : il est "stocké", "rappelé" et "utilisé" par l'intermédiaire des processus mnésiques. La mémoire prend donc une part entière dans l'activité perceptive, ce constat évoque ainsi la question de la nature de cette intervention mnésique sur la perception.

L'approche structurale distingue deux types de traitements : le traitement dirigé par les données de l'environnement (*bottom-up*) et le traitement dirigé par les connaissances (*top-down*). La mémoire étant envisagée comme la dernière entité du processus d'identification de l'objet, la relation entre perception et mémoire est articulée par l'intervention de ces traitements *bottom-up* et *top-down*. Les processus ascendants (*bottom-up*) interviennent lorsque les informations sensorielles ont été traitées par les processus perceptifs et parviennent en mémoire. Les processus descendants (*top-down*) correspondent à des rétroprojections de la mémoire sur l'activité perceptive permettant ainsi d'influencer les processus perceptifs, la mémoire étant considérée comme un traitement ultérieur à l'analyse perceptive. Ainsi, des effets descendants peuvent être observés sur la sortie du processus perceptif en soulignant notamment l'importance des traitements top-down en reconnaissance qui se basent sur les informations précoces sur l'objet. Ces traitements descendants peuvent modifier la perception de la situation présente, il est donc difficile de n'évoquer qu'un traitement séquentiel de type bottom-up partant des entrées perceptives aux mécanismes mnésiques permettant la

reconnaissance de l'objet (e.g., [Fenske, Aminoff, Gronau, & Bar, 2006](#)). L'influence top-down des mécanismes mnésiques module les informations perceptives entrantes par des mécanismes rétro-actifs de feedback qui sous-tendent les intégrations bottom-up entrantes et les attentes top-down (e.g., [Hansen, Olkkonen, Walter, & Gegenfurtner, 2006](#)).

Dans *Cognition et Réalité*, Ulrich Neisser, défenseur de l'approche computationnelle, reconnaît la faiblesse de la restriction des tâches expérimentales à des protocoles de laboratoire et souligne l'insuffisance de l'ancrage des individus dans leur environnement dans ces études. Critiquant l'approche phénoménale qui décrit l'information en référence à un observateur et non l'information elle-même (le phénomène) ainsi que les conditions de laboratoire dans lesquelles sont le plus souvent étudiées les processus cognitifs, l'approche écologique de la perception de James J. Gibson visuelle a suscité et suscite de nombreuses controverses. La théorie écologique de la perception attribue une signification immédiate à la perception, l'environnement est déjà structuré de manière signifiante pour l'individu.

1.3 L'individu et la situation : la perception comme une connaissance émergente

1.3.1 La théorie écologique de la perception de Gibson

Dans sa *théorie écologique de la perception*, James J. Gibson propose que l'évolution des sens dans l'adaptation à l'environnement permettrait une signification immédiate des stimuli de telle sorte que la perception n'implique que très peu les connaissances de l'individu ([Gibson, 1966](#)). Il rejette la notion de sensation, selon lui le dogme des sensations et celui des computations sont indissociables. Le rejet du premier induit aussi celui du second et amène Gibson à proposer une approche directe de la perception. Cette théorie a été élaborée en opposition au béhaviorisme ([Gibson, 1950](#)) et au cognitivisme ([Gibson, 1979](#)) qui envisagent la vision comme une construction du cerveau à partir d'informations sensorielles. Dans ce cadre théorique, la perception n'est pas construite par le sujet, elle ne s'envisage que dans la relation entre le sujet et son environnement et correspond au traitement direct d'indices

présents dans l'environnement. Gibson retrouve l'une des grandes notions de la psychologie de la forme (voir la Gestalt décrite précédemment) en rejetant la dualité entre sensation et perception.

La théorie écologique de James J. Gibson fait écho aux travaux pionniers de Jakob von Uexküll, biologiste et philosophe allemand. Ce dernier met ainsi l'accent sur la subjectivité du monde d'un organisme. Il élabore la notion de "Umwelt" (i.e. l'environnement sensoriel, propre) selon laquelle l'environnement est porteur d'éléments vitaux pour l'individu humain ou animal, chaque individu va recevoir les signaux en fonction des besoins biologiques de son espèce (Kull, 2001). Ainsi, les éléments sensoriels de l'environnement propres à l'individu comportent une signification intrinsèque. Il donne l'exemple de la pauvreté du monde d'un animal telle que la tique, dépourvue de vision, qui répond à des signaux olfactifs ou tactiles très simples. Par exemple, la perception d'acide butyrique dégagé par les follicules sébacés des mammifères lui permet de se diriger vers l'animal pour se nourrir et pondre ses oeufs. Parmi la multitude de sensations provoquées chez la tique par le mammifère, seul un nombre très réduit de sensations devient des excitations pour la tique correspondant à son *Umwelt*. Le partage d'un même environnement sensoriel ne signifie pas partager le même monde, le monde d'un individu est défini par ses expériences avec cet environnement. Le monde propre de l'individu correspond alors à la somme des expériences d'un individu impliquant les propriétés fonctionnelles des objets. Ainsi, l'action de l'objet est "reconnue" au même titre que ses propriétés visuelles : sa forme, sa couleur...

L'une des premières expérimentations apportant des éléments en faveur de cette approche souligne la capacité des individus à interagir très précocement de manière adaptée avec leur environnement. Il s'agit de l'expérience du "visual cliff" proposée par Eleanor Gibson et Richard Walk (Gibson & Walk, 1960). Ils ont utilisé un dispositif simple composé d'une table transparente divisée en deux parties. Un damier était placé soit directement sous la première partie de la table (condition "sans profondeur") soit environ 1m20 plus bas sous la deuxième partie de telle sorte que le damier disposé plus bas créait l'illusion de profondeur d'une falaise (condition "falaise visuelle"). 36 très jeunes enfants âgés de 6 à 14 mois étaient installés individuellement au centre de la table. Leurs mères les encourageaient à les rejoindre une fois du côté du damier sans profondeur et une fois du côté de la falaise visuelle. Parmi

ces enfants, 27 se sont déplacés en direction du côté sans profondeur mais seulement trois d'entre eux ont traversé la falaise visuelle. Les auteurs interprètent ces résultats en indiquant que les très jeunes enfants sont réticents à traverser la falaise visuelle même s'ils n'ont aucune connaissance sur le vide. La falaise visuelle suggérée par l'environnement aurait été la source de signification immédiate du danger permettant un comportement "adapté". Pour Gibson, la perception est étroitement liée à la locomotion. Il se base sur la notion de "perspective de mouvement" ("motion perspective") selon laquelle les lois régissant le flux optique (i.e. le mouvement entre l'observateur et la scène visuelle) sont modifiées en fonction du déplacement de l'animal ou du déplacement des objets qui l'entourent. La locomotion de l'animal n'est pas dépendante d'inférences cognitives ou de calcul de paramètres complexes, l'information est disponible et détectable de manière immédiate. Ce lien étroit entre perception et action a conduit Gibson à développer la notion d'affordance. Les individus percevraient les propriétés de l'environnement non pas en termes de propriétés sensorielles mais en fonction de leurs affordances (cf. "to afford" qui signifie donner la possibilité), autrement dit les caractéristiques fonctionnelles des objets ou la capacité d'un objet à suggérer sa propre utilisation (Gibson, 1979).

L'objet de l'action et celui de la perception ne forme qu'un seul et même objet. L'affordance permet à l'observateur de situer l'objet dans l'espace et permet donc de guider ses actions sur cet objet. Elle correspond à la qualité d'un objet permettant à un individu d'effectuer une action (Vingerhoets, Vandamme, & Vercammen, 2009). Les affordances sont possibles grâce aux invariances des objets correspondant à leurs propriétés constantes et donc indépendantes du point de vue de l'observateur. Par conséquent, elles ne sont pas créées lors de l'activité perceptive mais existent en elles-mêmes, indépendamment de la perception, qu'elles soient perçues ou non par l'individu. Toutes les affordances ne sont pas perçues, l'individu perçoit seulement celles qui sont pertinentes pour atteindre l'objectif qu'il s'est fixé (e.g., le matériau, la taille, la structure de l'objet...). Les affordances apparaissent donc comme les actions possibles "proposées" par l'environnement à l'individu (Norman, 1988). Contrairement au monde de la réalité physique, le monde de la réalité écologique n'est pas constitué d'éléments signifiants pour l'individu. L'environnement stimule nos perceptions et oriente nos actions.

En opposition au traitement de l'information selon un algorithme déterminé entre sensation et perception, la théorie écologique de Gibson, bien que controversée, a conduit au désancrage de la pensée computationnaliste de la perception et ainsi à davantage tenir compte de l'individu en tant qu'acteur dans son environnement. C'est ce rôle de l'individu dans la situation qui sera mis en avant dans la partie suivante dans une approche constructiviste de la perception.

1.3.2 Le rôle de l'individu dans l'activité perceptive : le New-Look

En réaction à la théorie écologique directe de Gibson et au computationnalisme, le sujet prend une dimension importante dans la perception dans les années 1960 dans une approche constructiviste de la perception. "Perceptual activity supplies the materials from which the individual constructs his own personally meaningful environment" ¹ (Blake & Ramsey, 1951). Cette approche se base sur l'observation qu'un grand nombre d'informations sensorielles captées dans l'environnement n'est pas exploité. Selon Richard L. Gregory (Gregory, 1970), environ 90% des informations visuelles ne seraient pas traitées par le cerveau ce qu'il considère comme plus difficilement explicable dans une approche directe dans laquelle la perception est auto-structurée. Cette approche propose que la perception est forgée par l'expérience, autrement dit par les rencontres passées avec l'environnement. Un exemple couramment évoqué est celui de chatons élevés dans une cage présentant des lignes verticales qui sont par la suite incapables de percevoir des lignes horizontales (e.g., Hubel & Wiesel, 1965). En effet, il leur est impossible de sauter d'une plateforme horizontale à une autre tandis qu'ils peuvent contourner des pieds de tables de par leur orientation verticale (Blakemore & Cooper, 1970). C'est dans l'articulation du rôle du langage dans la pensée, à partir de 1929 par l'anthropologue américain Edward Sapir puis son élève Benjamin Lee Whorf, que l'approche constructiviste prend racine. Tous deux linguistes et anthropologues américains, ils proposent l'hypothèse Sapir-Whorf (Sapir, 1921) qui prédit que les représentations mentales dépendent du langage et des catégories qu'il forme. L'hypothèse Sapir-Whorf correspond plus exactement à deux sous-hypothèses : tout d'abord, les différences structurelles entre les systèmes linguistiques

1. "L'activité perceptive fournit la matière à partir de laquelle l'individu construit sa propre signification de l'environnement."

seraient mis en parallèle avec les différences cognitives non linguistiques. De plus, la structure de la langue maternelle d'un individu influencerait fortement voire totalement la manière dont l'individu perçoit le monde (Kay & Kempton, 1984). Nous pouvons illustrer cette pensée à l'aide du ou des mots employés pour désigner la neige dans différentes cultures. L'un des premiers constats de l'emploi de différents mots pour désigner un même concept a été fait dans la langue Esquimau inuit par Franz Boas (Boas, 1911, p. 25), alors qu'un seul mot est utilisé en anglais ou en français (voir Martin, 1986). Par exemple, plusieurs mots (de quelques uns à des centaines selon les sources) seraient utilisés pour désigner la neige (e.g., "qana" fait référence à la neige qui tombe, "aput" pour la neige tombée sur le sol, "piqsirpoq" pour la neige poudreuse et "qimuqsuq" pour la neige formant des congères). Bien que cette hypothèse n'ait pas été davantage investiguée, elle présente l'un des premiers courants réfutant l'idée d'une perception universelle chez tous les individus.

Afin d'apporter des arguments en faveur de la perception comme processus actif, Bruner et Goodman (1947) ont proposé une expérience dans laquelle ont été recrutés vingt enfants dans un groupe expérimental et dix enfants dans un groupe contrôle (ils étaient en moyenne âgés de dix ans). Les enfants du groupe expérimental étaient soumis à deux tâches. Ils devaient estimer la taille de différentes pièces de 1 cent à 50 cents en ajustant la taille d'un cercle lumineux soit de mémoire (première tâche) soit en présence de ces pièces (seconde tâche). Les enfants du groupe contrôle devaient quant à eux estimer la taille de disque de carton neutre dont la taille correspondait à celle des pièces de monnaie utilisées dans le groupe expérimental. La différence entre la taille estimée et la taille réelle pour chaque élément (pièces de monnaie et disques de carton) était recueillie. Tandis que les enfants du groupe contrôle parvenaient à estimer de manière correcte la taille des disques de carton, les enfants du groupe expérimental surestimaient la taille des pièces de monnaie, cette surestimation étant fonction de la valeur monétaire des pièces. Ainsi, plus la valeur des pièces était élevée, plus les enfants surestimaient sa taille. La valeur de l'objet influencerait donc la perception que nous en avons. Les auteurs ont ensuite affiné l'expérience en divisant le groupe expérimental en deux parties selon l'appartenance sociale des enfants, ils ont ainsi obtenu un groupe d'enfants issus de familles aisées et un groupe d'enfants issus de familles pauvres. Une fois cette séparation effectuée, les résultats montraient que la valeur de la pièce influençait le jugement des enfants en fonction de leur appartenance sociale. Les enfants issus de familles pauvres

avaient tendance à davantage surestimer la taille des pièces que les enfants issus de familles riches. La motivation à obtenir quelque chose, le besoin d'obtenir l'objet influencerait donc la perception des choses.

A la suite de ces travaux, [Bruner et Goodman \(1947\)](#) ont mené une autre expérience dans laquelle 28 participants voyaient des suites de cinq cartes. Ces cartes étaient présentées pendant 10 ms, 30 ms, 50 ms, 70 ms, 100 ms, 150 ms, 200 ms, 300 ms, 400 ms, 450 ms ou 500 ms. La tâche des participants était d'identifier les cartes présentées. Une première carte était présentée d'abord pendant 10 ms, si le participant ne parvenait pas à la reconnaître, la carte était présentée à nouveau cette fois-ci pendant 30 ms, puis pendant 50 ms... et ainsi de suite jusqu'à ce que le participant l'identifie. Parmi ces cartes étaient présentées des cartes "congruentes" (la couleur correspond à l'enseigne, e.g., un as de coeur rouge) et des cartes "incongruentes" (la couleur ne correspond pas à l'enseigne, e.g., un as de coeur noir). Les résultats montraient que le seuil de reconnaissance des cartes était plus élevé pour les cartes incongruentes (en moyenne 114 ms) que pour les cartes congruentes (en moyenne 28 ms). Ainsi, l'incongruence entre l'objet présenté et les connaissances que les participants ont avec l'objet perturbe sa reconnaissance.

Le New-Look

C'est sur la base d'expérimentations de plus en plus nombreuses présentant l'individu comme actif dans les processus perceptifs que la théorie du *New Look* fut élaborée ([Bruner, 1957, 1992](#)). Cette théorie se veut constructiviste dans le sens où les expériences passées, la motivation, les attentes, les émotions... influencent la perception. La perception ne prend en compte que certains indices : "cette chose est ronde, sa surface n'est pas lisse, c'est de couleur orangée, de telle et telle dimension, c'est donc une orange..." ([Bruner, 1957](#), pp. 123). Lors de la perception d'un objet, une hypothèse perceptive est développée sur l'identité de cet objet pour laquelle l'individu se base sur ses connaissances antérieures, autrement dit sur ce que les auteurs nomment "l'attente perceptive". Les hypothèses développées sont correctes la plupart du temps. Néanmoins, elles peuvent parfois ne pas être confirmées par les éléments perçus. Ces événements d'occurrence plus ou moins probables se cristallisent dans des attentes perceptives plus ou moins fortes. Ainsi l'attente perceptive dépend de "ce que le sujet sait,

ou croit savoir, de ce qui peut se produire" (Bruner, 1957).

L'attente perceptive

Élément clé de la théorie du New Look, l'attente perceptive dépend de deux éléments. Premièrement, elle est caractérisée par une force qui dépend du nombre d'indices permettant de valider une hypothèse. Cette force se base sur le contexte de la situation, les facteurs motivationnels et les connaissances préalables de l'individu. Le sujet détermine la probabilité d'occurrence de tel ou tel événement grâce aux expériences passées des contextes et événements semblables. Deuxièmement, elle dépend aussi de ce que le sujet veut (ou ne veut pas) qu'il se produise (i.e. sa motivation dans une situation à un moment précis), elle est dépendante des processus de recherche ou d'évitement du stimulus. Sur la base de cette attente perceptive, l'individu peut être amené à effectuer différents types de recherche. Une **recherche ouverte** est effectuée lorsque la situation ou les motivations et attentes ne permettent pas à l'individu d'élaborer une hypothèse précise. L'individu effectue alors un maximum possible d'hypothèses afin de les comparer aux indices présents dans la situation. En revanche, il effectue un **filtrage perceptif** lorsque le contexte et/ou les motivations et attentes lui permettent d'élaborer une seule hypothèse forte sur la situation. Il va alors rechercher les indices suffisants pour permettre de confirmer l'hypothèse. Ainsi, le nombre nécessaire d'indices définit la force de l'attente perceptive dans le sens où une forte attente perceptive est définie par un nombre très réduit d'indices pour valider l'hypothèse. Lorsque l'individu se situe dans une situation intermédiaire, il va effectuer une **recherche sélective** en commençant par chercher les indices qui correspondent à une attente perceptive forte. Il cessera sa recherche lorsqu'il aura trouvé ces indices. Si l'hypothèse n'est pas confirmée, il continuera à chercher des indices en lien avec les hypothèses restantes (plus l'hypothèse est faible, plus il faudra d'indices pour la confirmer). Ce processus est supposé non conscient, l'individu n'aura conscience que de l'identification du stimulus ou de l'échec de ses hypothèses en cas de non identification ou d'identification partielle.

Ainsi, selon le New Look, la perception implique une série d'hypothèses qui sont testées par la recherche d'indices dans l'environnement. Peu d'éléments sont mentionnés quant à la manière dont sont organisés les éléments sensoriels. Cependant les indices perçus dans

l'environnement permettent de catégoriser le monde. Ainsi, l'acte perceptif n'est efficient que dans la confirmation de l'identité de l'objet par les connaissances. Cette interaction entre les processus perceptifs et mnésiques se traduit par de nombreux phénomènes tels que la fluence perceptive. Cette dernière sera présentée dans la partie suivante afin d'illustrer le lien étroit entre perception et mémoire.

Dans la suite des travaux de Bruner et collaborateurs évoqués précédemment (e.g., [Bruner & Goodman, 1947](#)), nous pouvons imaginer que le contenu de la mémoire devrait intervenir sur l'activité perceptive même. L'interaction dynamique entre l'activité perceptive et le recours aux expériences passées nous amène, dans ce travail, à considérer la perception comme une connaissance émergente au même titre que les connaissances en mémoire. L'expérience d'un individu, ses connaissances sur le monde, ses interactions avec l'environnement jouent un rôle non négligeable sur les manifestations comportementales découlant de la perception. Quelle est la nature de ce lien entre mémoire et perception ? Jusqu'où va la contribution des connaissances sur le produit perceptif ? Comment articuler perception et mémoire ? De quelle manière peut-on envisager la mémoire pour rendre compte de ce lien étroit avec l'activité perceptive ? En se consacrant davantage à la mémoire, le chapitre suivant tente de présenter le cheminement conduisant au cadre théorique dans lequel se situe ce travail de recherche.

Synthèse intermédiaire

L'objectif de ce chapitre était d'apporter des éléments qui remettent en question la vision hiérarchique et séquentielle des processus perceptifs et mnésiques proposée par les modèles computo-symboliques. Ces modèles s'intéressent à la perception et à la mémoire de manière relativement isolée et envisagent que leur interaction est définie par des processus ascendants (des informations sensorielles perceptives à la mémoire) et descendants (des connaissances en mémoire à la perception du monde environnant).

Dans la théorie écologique de la perception ([Gibson, 1979](#)), nous retrouvons une notion présente dans la psychologie de Gestalt selon laquelle l'environnement est déjà structuré de manière signifiante pour l'individu. Mais ce n'est qu'avec le mouvement du New-Look ([Bruner & Goodman, 1947](#)) que l'individu prend une place centrale dans la perception. L'individu développe des hypothèses perceptives sur le monde en se basant sur ses connaissances antérieures. La perception ne peut alors plus être considérée comme un acte indépendant des expériences antérieures et des connaissances de l'individu.

Le postulat selon lequel la perception est une connaissance émergente au même titre que les connaissances en mémoire induit la nécessité d'élaborer des modèles qui prennent en compte l'interaction dynamique entre processus perceptifs et mnésiques. Pour cela, les modèles de la mémoire se doivent de considérer les processus mnésiques comme une activité dépendante de la situation et des informations perceptives présentes. Le chapitre suivant abordera les différentes approches de la mémoire comme système unique à long-terme qui ont conduit à l'élaboration du modèle Act-In sur lequel se base ce travail de thèse.

Chapitre 2

L'émergence des connaissances

2.1 De la récupération aux traces mnésiques

Cette partie abordera deux questionnements centraux concernant la mémoire c'est-à-dire la nature de son contenu ainsi que la manière dont ce contenu est récupéré.

2.1.1 Le contenu de la mémoire

En dépit de leur caractère dominant en psychologie cognitive et en neuropsychologie pendant une grande partie du XX^{ème} siècle, les modèles structuraux computo-symboliques se heurtent à des questions qui ne sont pas encore résolues de nos jours (pour une revue, voir [Versace, Nevers, & Padovan, 2002](#)). En effet, ces modèles ont tendance à multiplier les systèmes (en décrivant des systèmes principaux et des sous-systèmes) et l'ajout de modules supplémentaires à l'infini demeure une facilité à laquelle les chercheurs peuvent céder.

Nature et organisation des connaissances

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, les modèles structuraux de la mémoire postulent l'existence de différents systèmes de mémoire à long-terme (cf. [Tulving](#),

1995). Ce postulat est sous-tendu par l'observation de dissociations, la plus souvent évoquée étant celle entre la mémoire dite épisodique et la mémoire dite sémantique. Une des principales caractéristiques des modèles structuraux est qu'ils défendent l'idée d'une nature amodale des connaissances conceptuelles, autrement dit les connaissances en mémoire sémantique sont totalement détachées de l'expérience vécue. Pourtant celles-ci semblent être issues de connaissances épisodiques, par exemple le concept "chat" vient des différentes expériences vécues dans lesquelles des chats ont été rencontrés. De plus, le mécanisme d'abstraction permettant le passage d'une connaissance épisodique à une connaissance sémantique n'est pas réellement décrit et il reste difficile de concevoir un stockage de connaissances de différentes natures dans un système neurobiologique.

L'organisation des connaissances fait figure de point central dans les débats entre les points de vue structuraliste et fonctionnaliste. Les modèles structuraux de la mémoire proposent que les connaissances autres que les souvenirs sont décontextualisées de la situation d'apprentissage (i.e. abstraites et amodales). Ces connaissances font référence à des concepts, autrement dit des représentations mentales qui correspondent aux traits communs des différents exemplaires de la catégorie mais en excluant le contexte associé aux exemplaires. Se pose alors la question de l'organisation de ces représentations mentales en mémoire et de la plausibilité biologique des modèles de la mémoire. Même si les représentations amodales sont issues de représentations perceptives, les modèles ne décrivent pas les mécanismes de transduction des informations sensorielles. De quelle manière les individus représentent-ils les concepts ?

Existence des représentations ?

La construction d'un percept global forme une représentation mentale. Mais qu'est-ce qu'une représentation ? Comment la création d'une représentation permet-elle de percevoir et de reconnaître l'objet ?

Afin de mieux appréhender la notion de « représentation », Kevin O'Regan fait l'analogie entre la représentation et un morceau de musique gravé sur un CD (O'Regan, 2011, p. 27). Le morceau n'existe pas en tant que tel, il ne produit pas de musique. Il a besoin d'être joué pour représenter la musique en utilisant un lecteur CD qui va lire le code spécial du

morceau numérique. Similairement, disposer de la représentation d'un objet ne permet pas de percevoir l'objet. Quelque chose en plus est nécessaire à sa lecture. Si tel est le cas, quel est ce lecteur ? L'utilisation du terme "représentation" est alors confrontée à un présupposé théorique de l'existence d'un lecteur. Pourtant les théories structuralistes de la mémoire ne se concentrent pas sur la description de ce lecteur.

O'Regan continue en écrivant que les informations sont disponibles constamment, il suffit de déplacer ses yeux pour les voir. Ce fait nous amène à croire que nous voyons la scène visuelle dans sa totalité alors que nous n'en captions qu'une infime partie. Cette impression de continuité n'est pas due à la construction d'une représentation interne, d'une image interne continue de la scène ; elle est due à la disponibilité immédiate des informations des objets que nous voyons. Cette impression ne requiert pas d'inputs sensoriels continus. Nous pouvons alors nous poser la question suivante : les représentations existent-elles ? Si nous prenons l'exemple de la vision, voir n'est pas causé par l'existence ou l'activation de représentations internes. Voir est causé par, ou plutôt constitué par, le fait d'être engagé dans l'utilisation des informations pour explorer/manipuler visuellement la scène (dirigé par la volonté d'extraire de l'information). Cette constatation permet de s'abstraire de la notion de "représentation". Voir quelque chose n'est plus considéré comme étant dépendant de l'activation de représentations internes, la récupération de photographies du monde. Au contraire, voir est une action qu'effectue l'individu et reflète le processus d'engagement dans l'activité d'exploration de l'environnement. Il n'y a plus de produit final. En considérant "The world as an outside memory" (i.e. le monde est considéré comme un mémoire externe), O'Regan spécifie que l'acte de se souvenir ne correspond pas à l'évocation d'une image ou d'une représentation qui permettrait de donner vie à la mémoire.

La notion de représentations a auparavant été remise en question par les modèles à traces multiples qui se sont attachés à décrire un autre format des connaissances.

La mémoire contient des traces : le modèle MINERVA II

Les modèles structuraux multisystèmes ont ainsi été remis en question avec l'élaboration des modèles à traces multiples ([Hintzman, 1986](#) ; [Logan, 1988](#) ; [Whittlesea, 1987](#)). Centrés autour de la notion de "traces", ces modèles non abstractifs décrivent un système de mémoire

unique à long-terme. Les traces, formées à partir de l'expérience perceptive, résultent d'un ensemble d'activation au sein du système. Elles sont épisodiques (i.e. spécifiques à des expériences en particulier), multidimensionnelles (i.e. reflètent toutes les dimensions sensorielles de l'expérience) et distribuées (i.e. conservées dans des structures réparties sur l'ensemble du cerveau).

Au coeur de cette approche, [Hintzman \(1986\)](#) propose le modèle épisodique à traces multiples MINERVA II afin de déterminer de quelle manière les connaissances abstraites sont issues de connaissances épisodiques (voir aussi [Hintzman, 1988](#)). Dans ce modèle, les traces d'un épisode (i.e. une expérience) sont conservées en mémoire et peuvent être activées lors de la récupération d'une connaissances. Les traces correspondent à un ensemble de propriétés "primitives" (traits sensoriels, émotionnels, spatiaux). Les traces activées lors de l'expérience partagent des propriétés de l'expérience présente, et renvoient donc un vecteur "écho" qui reflète le degré de similarité entre l'épisode (appelé « sonde ») et les traces en mémoire (pour une revue, voir [Rousset, 2000](#)). Hintzman schématise la mémoire par une matrice dans laquelle les lignes correspondent à une trace et les colonnes à une primitive, i.e. une composante sensorielle élémentaire (voir [Figure 2.1](#)). Une valeur est attribuée à chaque cellule (+1, 0 ou -1) en fonction du caractère présent, non pertinent pour la situation ou absent de la primitive.

Chaque exposition à une expérience conduit à la création de traces en mémoire correspondant à des patterns d'activations sensori-moteurs. Les connaissances vont alors "émerger" de l'interaction entre la situation présente et les expériences antérieures qui active les traces correspondantes en mémoire. Ainsi, les connaissances sont considérées comme des états d'activation du système mnésique, elles sont créées puis enrichies grâce aux interactions avec l'environnement. Elles ne peuvent pas être détachées de la situation dans laquelle elles ont été apprises ou utilisées.

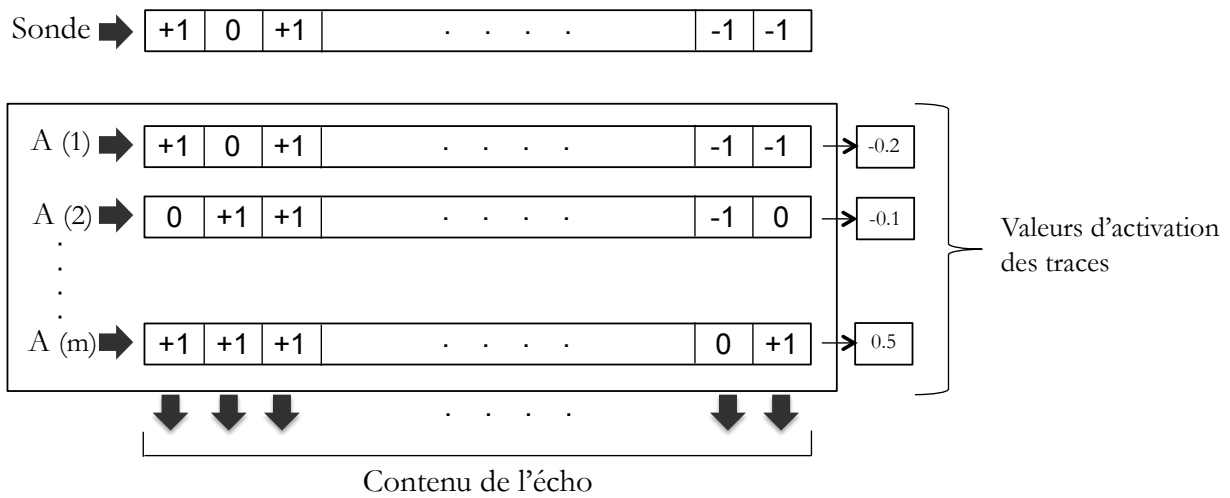


FIGURE 2.1 – Illustration du modèle MINERVA II de Hintzman (1986)

2.1.2 Des connaissances émergentes

Outre la question du format des connaissances, les modèles à traces multiples décrivent davantage le processus de récupération des connaissances. La notion de récupération de représentations est par ailleurs remplacée par celle d'émergence de connaissances, puisqu'il ne s'agit plus d'aller chercher une information en mémoire mais de la faire émerger d'un état d'activation spécifique produit par la situation présente. Cette question est fortement liée à la nature des connaissances, en effet la notion de récupérations de représentations décrite par les modèles abstractionnistes implique la notion de transformation des informations sensorielles qui entrent dans le système. En revanche, la notion d'émergence implique un seul type de connaissance de type épisodique.

Des modèles à traces multiples au connexionnisme

Dans les modèles à traces multiples, la notion d'émergence remplace celle de récupération, ces modèles insistent sur la correspondance entre la situation présente et les traces mnésiques.

Dans le modèle MINERVA II, la récupération des connaissances est dépendante de la valeur d'activation des traces (calculée en fonction de leur similarité avec la sonde) et du nouvel état résultant de ces activations. Ce nouvel état correspond à "l'écho" qui est calculé en fonction de l'activation et du contenu des traces. [Hintzman \(1986\)](#) propose que la récupération, ou plutôt l'émergence des connaissances consiste en deux étapes. Dans la première étape, les traces activées (qui correspondent à un ensemble de propriétés primitives) en fonction de leur similarité avec la sonde (l'épisode) conduisent à un calcul séparé de l'activation de chacune des traces. La seconde étape correspond au renvoi d'un vecteur écho par les traces activées, cet écho reflète la similarité entre la sonde et la trace en mémoire. L'écho correspond au reflet des traces les plus similaires à l'épisode présent ([Rousset, 2000](#)), il permet ainsi de compléter une trace à partir d'un élément présent dans l'épisode. Outre la récupération d'un épisode en particulier, ce modèle rend compte également de l'émergence de connaissances sémantiques. Dans ce modèle, la description de sous-systèmes de mémoire n'est pas nécessaire, il n'y a pas de stockage de différentes formes de connaissances sémantiques ou épisodiques. La distinction entre les connaissances "épisodiques" et "sémantiques" est expliquée par la quantité de traces réactivées par la situation présente. Une connaissance épisodique correspond à l'activation d'une trace spécifique (ou d'une quantité très limitée de traces activées) tandis qu'une connaissance sémantique émerge de l'activation d'un grand nombre de traces ([Whittlesea, 1989](#)).

[Allport \(1985\)](#) a proposé un modèle de la mémoire dans laquelle les connaissances sont distribuées. Il propose deux possibilités sur la manière dont les connaissances sont implémentées dans le cerveau. La première correspond au fait qu'une connaissance correspond à un ensemble de neurones spécifiques qui serait consacré à cette connaissance en particulier. Dans la seconde possibilité, il propose qu'une connaissance corresponde à un pattern spécifique d'activations d'un ensemble de neurones. Un même ensemble de neurones peut ainsi supporter l'émergence de plusieurs connaissances selon son pattern d'activations. Cette dernière proposition correspond au postulat défendu par les modèles connexionnistes de la mémoire. Tandis que l'approche *computo-symbolique* définit les représentations comme des connaissances stockées sous formes d'entités abstraites détachées de leurs propriétés sensorielles et motrices, les approches connexionnistes considèrent que les représentations sont fonction de l'état global du système, elles sont dynamiques et émergent de l'activation de

connaissances épisodiques.

2.2 L'apport du connexionnisme

La mémoire et le fonctionnement neurobiologique du cerveau

Afin qu'une modélisation du fonctionnement mnésique soit pertinente, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes biologiques du système dans lequel il est implémenté. Une modélisation se doit de tenir compte de la diversité des propriétés du fonctionnement mnésique telles que sa plasticité dont découle son adaptabilité aux contraintes environnementales. Les capacités d'adaptation du système sont issues de l'interaction entre l'environnement et le système lui-même, le système se modifie en fonction de la situation et des expériences antérieures. En effet, les réseaux neuronaux se modifient au fil des expériences. Le cerveau présente une grande plasticité permettant ainsi une modification constante du système en fonction des expériences (Frégnac, 1996). Etant donné que les apprentissages et la mémoire sont basés sur la plasticité neuronale (e.g. Kandel, Schwartz, & Jessell, 2000 ; Bliss & Lomo, 1973 ; Martin, Grimwood, & Morris, 2003 ; Laroche, 2001), il est difficile de considérer que différentes zones cérébrales sont attribuées aux processus mnésiques et aux processus perceptifs.

Le cognitivisme utilise le niveau symbolique pour expliquer les processus mentaux mais n'explique pas de quelle manière le système interprète les représentations. Or l'organisation et le fonctionnement des réseaux de neurones dans le système rendent difficile l'implémentation des explications à un niveau symbolique. A l'inverse du modularisme de Fodor (1975) qui s'inspire du fonctionnement de l'ordinateur, le connexionnisme vise à élaborer des réseaux de neurones artificiels en s'inspirant du fonctionnement biologique du cerveau (McClelland & Rumelhart, 1986) et conteste le caractère symbolique des représentations décrites dans l'approche cognitive. Nous retrouvons dans le connexionnisme la notion d'émergence dynamique : les connaissances ne reflèteraient pas la réalité objective mais seraient dépendantes du système dans lequel elles sont créées.

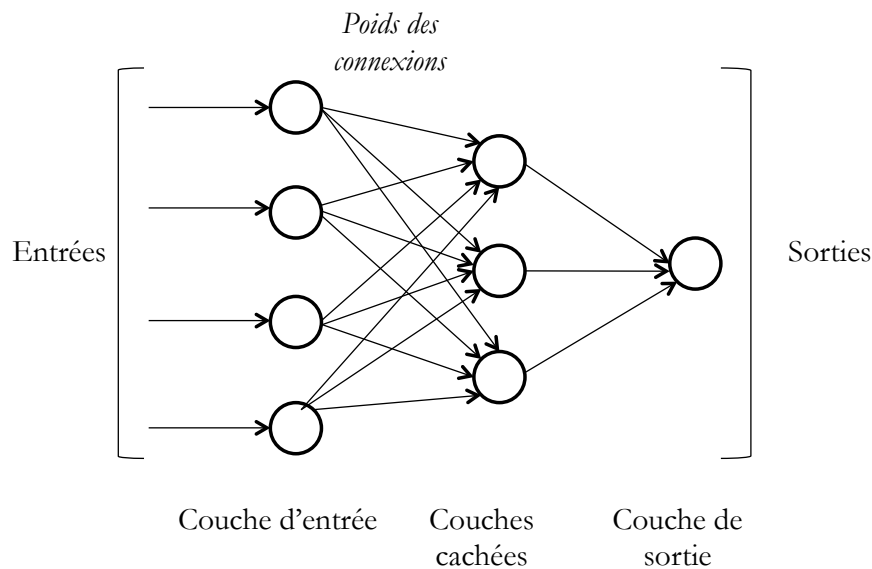


FIGURE 2.2 – Illustration d'un modèle connexionniste (inspiré des perceptrons multicouches)

L'objectif du connexionnisme est de modéliser le fonctionnement cognitif, et notamment mnésique, en simulant des réseaux d'unités élémentaires de traitement partiellement ou totalement interconnectés. Un réseau connexionniste est composé d'unités (neurones formels) reliées par des connexions. Dans les réseaux unidirectionnels multicouches (ou perceptrons multicouches), l'activité se propage de la couche d'entrée à la couche de sortie (voir Figure 2.2). Ces réseaux sont utilisés pour simuler des tâches de reconnaissance ou de catégorisation. Dans les réseaux récurrents, les connexions forment des boucles dans un système dynamique (Hopfield, 1984). Les liens entre les unités sont bidirectionnels et l'activité des unités se modifie jusqu'à l'obtention d'un état d'équilibre global. Ces réseaux ont été implémentés dans des modèles de mémoire.

McClelland et Rumelhart (1986) propose un modèle connexionniste de la mémoire dans lequel les informations mémorisées ne sont pas stockées de manière localisée mais elles sont distribuées dans l'ensemble du système. Il s'agit d'un modèle de réseaux récurrents où les relations entre les unités sont soumises à la règle de Hebb (1949), l'activité simultanée et répétée de deux neurones adjacents entraîne une baisse de la résistance synaptique entre ces deux neurones. La répétition des connexions entre les unités définit le poids des connexions. Une

fois le seuil atteint pour une unité, les activations se propagent aux autres unités connectées. Les unités de traitement du système (ou neurones formels) sont représentées par des neurones schématiques (neuromimes) dont les connexions correspondent aux synapses. L'activité de chaque unité est comprise entre -1 et +1. Les connexions entre ces unités sont caractérisées par un poids de la connexion compris entre ∞ et $-\infty$. Les états mentaux sont représentés par un pattern d'activités des unités, autrement dit une diffusion d'activations entre les différentes unités du système (McClelland & Rumelhart, 1985). La mémorisation correspond aux modifications des valeurs des poids entre les unités. Ainsi le rappel est fonction du retour à un même pattern d'activité. L'analogie avec le fonctionnement neurobiologique des neurones interconnectés est simple, l'activité de chaque neurone dépend de la somme pondérée des activités des neurones dont il reçoit un signal. Ces modèles rendent ainsi compte des capacités d'apprentissage et d'adaptation du système. Ce système d'implémentation suppose un chevauchement entre les différentes fonctions cognitives (i.e., mémoire, perception, attention, langage). Les représentations correspondent à un état spécifique du système. Les différentes activations de groupes de neurones permettent que les informations soient distribuées au sein du système.

Traitement parallèle et distribué : l'activité cognitive émerge de l'état d'activation du système

Les connaissances correspondent à des activations temporaires d'un réseau en constante transformation (Hinton, McClelland, & Rumelhart, 1986). Elles sont élaborées à partir des connexions établies entre les différentes unités du système. Le lien entre les unités va "créer" la mémoire. Chaque nouvel événement modifie le poids des connexions entre les unités au sein du réseau (voir Hintzman, 1990). L'événement et son contexte définissent donc l'état du système. Les modèles connexionnistes rendent compte des mécanismes d'apprentissage et d'adaptation qui caractérisent le système. L'apprentissage va définir l'ajustement des poids des connexions entre les unités.

Les modèles connexionnistes ont montré que ces réseaux étaient capables de mémoriser des éléments et apportent des arguments en faveur d'un fonctionnement distribué de la mémoire. Le réseau est dépendant de l'interaction réciproque entre le système et l'environnement.

Cette dépendance entre le système et l'environnement prend une place primordiale dans des approches plus récentes telles que les approches situées et incarnées de la cognition qui sont décrites dans la partie suivante.

2.3 Approches incarnée et située de la cognition

2.3.1 Une cognition incarnée et située : Généralités et illustrations

Dans les modèles connexionnistes, différents patterns d'activation mettent en jeu une même propriété pour l'activation de différents concepts. Cette idée se retrouve dans les modèles de la cognition incarnée et située dans lesquels les connaissances correspondraient à des patterns d'activations des systèmes neuronaux associés à des expériences sensori-motrices. La cognition incarnée et située intéresse de nombreux domaines. Dans le champ de la philosophie, [Shapiro \(2011\)](#) présente trois hypothèses qui découlent de la cognition incarnée. La première hypothèse, "conceptualization hypothesis", suggère que les propriétés du corps déterminent notre conception du monde et les concepts que nous en extrayons, autrement dit la manière dont nous interprétons le monde dépend de notre corps (e.g., [Varela, Thompson, & Rosch, 1993](#)). La seconde hypothèse, "replacement hypothesis", évoque que la cognition est un système dynamique dépendant du corps et du monde externe. La troisième hypothèse, "constitution hypothesis", stipule que l'esprit n'est pas localisé uniquement dans le cerveau mais est étendu à travers le cerveau et le corps entier.

En psychologie cognitive et en neurosciences, les théories incarnées ("Embodied cognition") et situées ("Grounded cognition") proposent que la cognition est ancrée dans les expériences vécues par l'individu ([Glenberg, 1997](#); [Pulvermüller, 1999](#)) et doit ainsi être envisagée dans les interactions entre l'individu et le monde environnant ([Barsalou, 2008](#); [Wilson, 2002](#)). Ces approches postulent un lien très fort entre la mémoire, la perception et l'action. En effet, le système cognitif a évolué pour aboutir à un système dont l'activité cognitive est basée sur des interactions immédiates et continues avec l'environnement. Sans l'intermédiaire du corps, aucun input sensoriel provenant de l'environnement ni aucun input moteur généré par

l'individu ne serait possible (Ayedede & Robbins, 2009). Les connaissances sont "*grounded*", c'est-à-dire ancrées dans leurs propriétés sensorielles et motrices. La manière dont les individus se représentent et comprennent le monde est directement liée aux activités perceptives et motrices (Pecher & Zwaan, 2005). Les informations motrices sont activées de manière automatique suite à l'entrée d'informations visuelles mais aussi lors de l'activation de concepts (Borghi, 2005).

La cognition est située, elle n'est pas une activité de l'esprit uniquement mais elle est distribuée parmi les multiples interactions entre le corps et l'environnement (Clark, 1997, 1998). Les connaissances sont rattachées aux expériences perceptives et émergent d'un profil d'activations du système. Les représentations sont construites à partir des interactions sensori-motrices et donc par les contraintes physiques du corps en jeu dans ces interactions. L'embodiment est une conséquence du filtrage des propriétés par nos systèmes sensori-moteurs. Ainsi, la représentation d'un concept est dépendante de la situation (Barsalou, 2003; Yeh & Barsalou, 2006). Les individus vont simuler les actions possibles avec l'objet (e.g., s'asseoir sur une chaise) (Yeh & Barsalou, 2006). Cette simulation va être dépendante de la situation, par exemple, la chaise peut-être utiliser pour s'asseoir ou pour monter dessus afin d'attraper quelque chose en hauteur (voir Anderson, 2003).

Illustrations expérimentales

La perception de l'environnement est influencée par notre capacité à évoluer physiquement dans cet environnement. Riener, Stefanucci, Proffitt, et Clore (2011) ont fait l'hypothèse que l'état émotionnel et la motivation ont une influence sur la perception. Dans une première expérience, ils ont induit par des musiques tristes ou joyeuses (voir Niedenthal & Setterlund, 1994) soit une humeur triste pour la moitié des participants soit une humeur joyeuse pour l'autre moitié des participants. Après cinq minutes d'écoute, les participants étaient conduits face à un dispositif correspondant à une pente inclinée à cinq degrés. Tandis qu'ils écoutaient toujours la musique, ils devaient indiquer le degré de cette pente entre 0 (aucune pente) et 90 (pente verticale) soit de manière verbale (ils regardaient la pente et donnaient une réponse orale), soit de manière visuelle (en ajustant l'angle de la pente sur un disque), soit de manière haptique en ajustant l'inclinaison d'une petite plateforme sur laquelle il plaçait

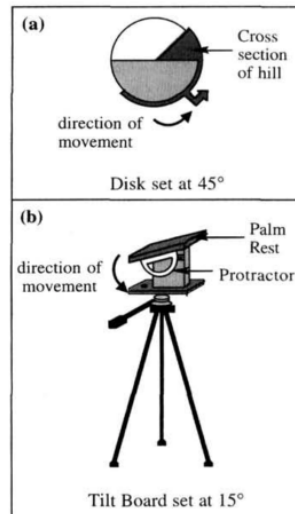


FIGURE 2.3 – Matériel utilisé par Bhallaa & Proffitt (1999) et Renier et al (2011) avec (a) le dispositif permettant le jugement visuel et (b) le dispositif permettant le jugement haptique

la paume de leur main (voir Figure 2.3). Les résultats indiquent que les participants de la condition "humeur triste" estimaient visuellement la pente comme étant plus inclinée que les participants de la condition "humeur joyeuse", alors qu'une simple tendance était observée pour le jugement verbal, et qu'aucune différence n'était observée pour le jugement haptique. L'influence de l'émotion se retrouve uniquement lors de mesure explicite de l'évaluation de la pente (visuelle et verbale). En effet, la réponse motrice dans le jugement haptique impliquerait un mécanisme différent de celui engagé dans les jugements explicites verbaux et visuels (Proffitt, 2006). Ainsi, l'humeur influencerait la perception de l'effort physique à fournir et donc l'estimation de la pente. Ce résultat a été confirmé dans une seconde expérience, dans laquelle, avant d'estimer la pente, les participants devaient rédiger un souvenir personnel à contenu émotionnel positif ou négatif en pensant qu'ils seraient jugés sur la qualité de leur écrit. Les résultats montrent une surestimation de la pente lors de jugements visuels et verbaux pour le groupe ayant rédigé une histoire à contenu émotionnel négatif par rapport au groupe ayant rédigé une histoire à contenu émotionnel positif.

L'une des interprétations proposées par les auteurs seraient que l'humeur négative nécessiterait une consommation plus importante de glucose qu'une humeur positive (cf. Galliot et al., 2011). Or les ressources énergétiques des individus influenceraient leur perception de l'environnement, ceci notamment lorsqu'ils doivent fournir un effort comme dans le fran-

chissement d'une pente. L'importance des ressources énergétiques a été confirmée dans une étude de [Schnall, Zadra, et Proffitt \(2010\)](#) qui ont montré également que la perception était influencée par des facteurs corporels bioénergétiques dont le sujet n'a pas nécessairement conscience. En effet, le corps a besoin d'énergie (engendrant une consommation de glucose) pour fonctionner et évoluer dans l'environnement. La perception de l'environnement devrait ainsi être influencée par les ressources en glucose disponibles dans le corps. Afin d'opérationnaliser cette hypothèse, ils ont manipulé le taux de glucose dans le sang des participants en faisant consommer à deux groupes de participants des boissons différentes. Dans la première partie de l'expérience, le premier groupe consommait une boisson sucrée calorique (environ 30 grammes de sucre pour 250 ml soient 127 calories) tandis que le second groupe consommait une boisson sucrée placebo peu calorique (environ 1.3 grammes de sucre pour 250 ml soient 7.5 calories), les participants avaient ainsi l'impression de consommer une boisson sucrée et n'étaient pas informés de la manipulation de la boisson. Immédiatement après avoir consommé la boisson, les participants étaient soumis à une tâche de Stroop dans laquelle ils devaient nommer des mots de couleur écrit avec une encre de couleur différente (e.g., le mot ROUGE écrit avec une encre bleue). L'administration de cette tâche avait pour objectif de faire consommer du glucose aux participants. Ainsi, une dizaine de minutes plus tard, les participants ayant consommé la boisson calorique avaient un niveau de glucose dans le sang plus élevé que le groupe ayant consommé la boisson placebo. Dans la seconde partie de l'expérience, les participants étaient munis de sacs à dos lestés. En effet, un sac à dos lourds entraîne une surestimation du niveau de la pente ([Bhalla & Proffitt, 1999](#)). Les participants marchaient sur la pente avec le sac à dos et revenaient au pied de la pente. Ils devaient alors évaluer le degré d'inclinaison de la pente en effectuant un jugement verbal, visuel et haptique de la même manière que dans l'expérience décrite précédemment. Les résultats indiquent que les participants ayant consommé la boisson sucrée estimaient la pente comme étant moins inclinée que les participants ayant consommé la boisson placebo lors des jugements verbaux et visuels. En revanche, aucune différence n'était observée pour les jugements haptiques. En dépit du fait que les participants ignoraient leur taux de glucose dans le sang, leur perception de l'environnement a été influencée par cette variable.

Ces résultats apportent des arguments en faveur d'une approche incarnée de la cognition. La perception est influencée par des facteurs biologiques internes accordant ainsi une place

centrale au corps, au sein de la cognition Proffitt (2013). Outre le corps de l'individu, ses interactions avec la situation en cours semblent avoir un rôle primordial dans l'activité cognitive. Le champ de la cognition située se consacre à l'étude des interactions entre l'individu et son environnement.

2.3.2 La mémoire dans une approche incarnée et située

La "PSS theory" de Barsalou

Dans le champ de la psychologie, Barsalou (1999) propose la théorie *Perceptual Symbol System* dans laquelle les connaissances émergent de la simulation des états sensoriels et moteurs d'expériences passées. Les connaissances ne sont pas figées ou stockées en mémoire, elles sont construites à partir de la réactivation de traces mnésiques lors de l'interaction entre un individu et son environnement, les informations se recréent à partir de l'activité des mêmes patterns neuronaux initialement sollicités grâce à la simulation sensori-motrice des concepts (Barsalou, 2005). L'individu simule mentalement la présence d'un objet afin de rechercher les propriétés qui lui sont associées en activant toutes les dimensions sensori-motrices rattachées à ce concept (Wu & Barsalou, 2009). D'après Lawrence W. Barsalou, les symboles perceptifs se modifient au fil des expériences ce qui fait écho aux réseaux connexionnistes décrits précédemment. La confrontation avec l'environnement induit des activations neuronales dans les aires sensorielles. L'ensemble des activations distribuées au sein des systèmes sensoriels correspond à une représentation modale de l'objet. Les zones associatives s'activent simultanément aux aires sensorielles et capturent les configurations de patterns neuronaux correspondant. Les relations réciproques entre aires sensorielles et zones associatives permettent la réactivation de composants sensorielles associés. Ainsi, la représentation unifiée d'un objet est définie par la combinaison d'un ensemble de symboles perceptifs (i.e. la simulation des symboles). Les relations réciproques entre les aires sensorielles et les zones associatives permettent la réactivation du pattern en l'absence de l'objet qui l'a activé lors d'une précédente expérience. La simulation correspond à la réactivation des états perceptivo-moteurs activés dans les expériences passées. Les symboles perceptifs vont s'enrichir lors des réactivations. L'individu simule mentalement la présence de l'objet afin de générer une propriété associée à un concept.

Nous retrouvons la notion de simulation chez [Rubin \(2006\)](#) qui reprend la critique de Gibson en écrivant que les approches traditionnelles de la mémoire sont limitées à l'explication de phénomènes observés en laboratoire. Il propose la *Basic System Theory* selon laquelle la mémoire contient de nombreux composants sensoriels dont la récupération implique la simulation interactive de ces multiples composants sensoriels.

Simulations sensori-motrices

La situation peut améliorer les performances en augmentant la détection perceptive ou la sensibilité mnésique ([Green & Swets, 1966](#)). La possibilité de réinstaurer la situation d'apprentissage permet de meilleures performances grâce aux informations situationnelles ([Tulving & Thomson, 1973](#); [Godden & Baddeley, 1975](#)). De plus, lorsque les individus perçoivent un objet dans une situation congruente avec son utilisation, cet objet est catégorisé plus rapidement ([Mandler & Stein, 1974](#); [Mandler & Parker, 1976](#)). Ces effets sont également observés avec des mots, par exemple, les individus sont plus rapides à reconnaître des mots cibles isolés présentés dans des phrases lorsqu'ils sont précédés par des mots amorces appartenant à une même situation plutôt qu'à une situation différente ([McNamara & Diwadkar, 1966](#)). [Wu et Barsalou \(2005\)](#) ont demandé à des participants de générer des propriétés à partir de concepts (e.g., pomme). Outre les autres concepts voisins liés aux concepts cibles (e.g., fruits, banane pour le concept "pomme"), les participants ont énoncé trois catégories de propriétés : des propriétés constituantes de l'objet (propriétés qui décrivent les composants de l'objet, e.g., rouge, lisse), des propriétés situationnelles (contexte dans lequel l'objet peut se trouver, e.g., panier, épicerie), et des propriétés introspectives (avis subjectif, e.g., délicieuse). Parmi toutes les propriétés générées sur quatre études différentes, 26% à 50% d'entre elles étaient situationnelles ou introspectives (dont 2/3 d'entre elles étaient de type situationnel). Par conséquent, les individus ne se représentent pas uniquement des objets isolés, la présentation d'un concept active son contexte situationnel.

Le cadre de la cognition incarnée et située souffrait de ne proposer de modèle spécifique expliquant les processus mnésiques. Un tel modèle devrait prendre en compte la nature sensorielle des connaissances ainsi que la dynamique de leur émergence. Basé sur les modèles à traces multiples et les postulats de la cognition située, le modèle Act-In présenté par [Versace](#)

[et al. \(2014\)](#) propose de décrire les mécanismes impliqués dans le traitement mnésique en lien avec la situation perceptive en cours.

2.4 Act-In : mécanismes impliqués dans l'émergence des connaissances

Issu des modèles à traces multiples et inséré dans la perspective actuelle de la cognition située, le modèle Act-In s'attache à décrire les mécanismes mnésiques impliqués dans l'émergence des connaissances. Il se base sur quatre hypothèses principales : a) les traces en mémoire reflètent tous les composants issus des expériences passés et, plus spécifiquement, les propriétés sensorielles captés par nos récepteurs sensoriels, les actions effectuées dans l'environnement ainsi que les états émotionnels et motivationnels de l'individu qui déterminent en partie ses actions ; b) les connaissances sont créées par, puis émergent du couplage entre la situation présente et les expériences passées ; c) le cerveau est envisagé comme un système de catégorisation qui se développe en accumulant les expériences et produit la connaissance catégorielle ; et d) l'émergence des connaissances spécifiques (connaissances épisodiques) nécessite des mécanismes simples qui se produisent lors de l'intégration des composants à l'apprentissage ou lors de la récupération (activations multimodales).

2.4.1 Mécanismes d'activation et d'intégration

[Versace et al. \(2014\)](#) proposent de détailler les mécanismes d'activations et d'intégrations qui sont impliqués dans la construction des traces mnésiques (l'intégration) et l'émergence des connaissances (l'activation et l'interaction). Ce modèle répond notamment aux critiques faites aux modèles à traces multiples concernant l'indépendance entre les traces en mémoire.

Dans la suite du modèle à traces multiples MINERVA ([Hintzman, 1986](#)), le modèle Act-In ([Versace et al., 2014](#)) présente une organisation de la mémoire en matrice (voir [Figure 2.4](#)). Dans cette matrice, chaque ligne représente une trace correspondant à une expérience

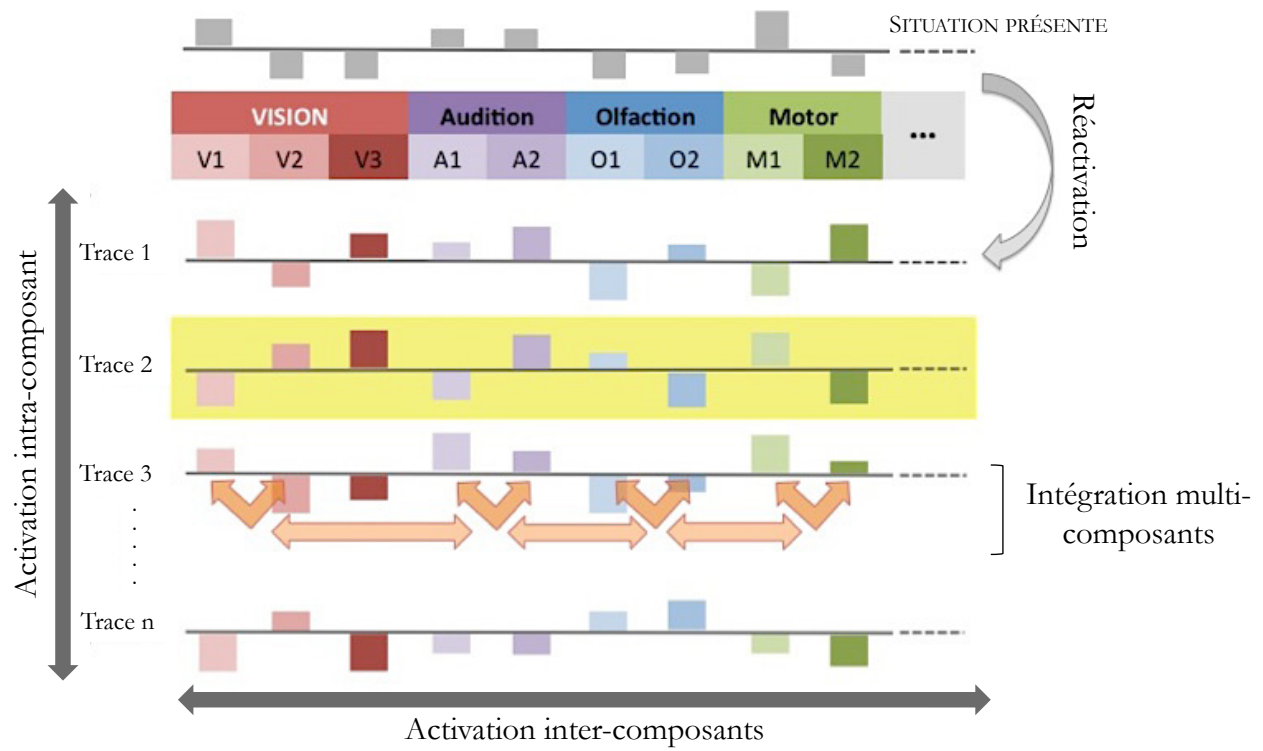


FIGURE 2.4 – Illustration du modèle Act-In (Versace et al., *in press*)

(l'expérience actuelle est en haut de la matrice et les expériences vécues dans le passé sont présentées en dessous de celle-ci). Chacune des traces de la matrice est de nature épisodique et reflète l'ensemble des composants sensoriels et moteurs de l'expérience perceptive, les colonnes correspondent donc aux composants sensoriels et moteurs qui les composent. Dans ce modèle, l'émergence des traces est dépendante de l'activation inter-traces et de l'intégration multi-composants.

Activation inter-traces et intégration multi-composants

L'interaction avec l'environnement induit un pattern d'activation du système c'est-à-dire une activation de composants sensoriels et moteurs présents dans la situation. **L'activation inter-traces** est le résultat de la réactivation de traces d'expériences passées par la situation présente (Nairne, 2006) et dépend de deux mécanismes. Tout d'abord l'activation initiale de composants présents va être diffusée aux traces similaires d'expériences passées par *activation intra-composant* (i.e. verticale dans la matrice). En parallèle s'effectue la réactivation de composants sensoriels et moteurs non présents dans la situation mais associés dans la trace par *activation inter-composants* (i.e. horizontale dans la matrice). Cette réactivation de composants associés est possible grâce à **l'intégration multi-composants**.

Voici un exemple pour illustrer ces mécanismes d'activation inter-trace et d'intégration multi-composants :

La perception visuelle d'une orange active dans le système des composants visuels et olfactifs présents dans la situation. La diffusion d'activation inter-traces permet la réactivation de traces d'expériences passées similaires (i.e. traces créées dans des situations où une orange était présente) grâce à la diffusion intra-composants ainsi que l'activation de composants associés au sein des traces réactivées grâce à la propagation d'activation inter-composants. L'activation inter-composants et l'intégration multi-composants permettent l'activation des composants gustatifs et moteurs associés non présents dans la situation en cours et donne ainsi accès aux connaissances sur l'objet.

D'un point de vue expérimental, Labeye, Oker, Badard, et Versace (2008) ont étudié les mécanismes d'activation et d'intégration dans un paradigme d'amorçage à court-terme. Ils

ont utilisé des images d'outils et d'ustensiles de cuisine sur lesquelles les participants devaient effectuer une tâche de catégorisation. Un premier objet était présenté en amorce, suivi d'un second objet cible. Les auteurs ont fait varier la catégorie (l'amorce et la cible pouvaient être de la même catégorie ou de catégorie différente) ainsi que la similarité du geste (l'amorce et la cible pouvaient impliquer une même utilisation ou des utilisations différentes). Le délai entre le début de la présentation de l'amorce et le début de la présentation de la cible était manipulé. Ce délai, ou SOA (Stimulus Onset Asynchrony) pouvait être de 100 ms ou de 300 ms. Avec un SOA de 100 ms, les résultats montrent un effet principal de la similarité du geste (les participants catégorisaient plus rapidement des objets présentant un geste d'utilisation identique plutôt que différent) et un effet principal de la catégorie (les participants catégorisaient plus rapidement des objets appartenant à une même catégorie plutôt qu'une catégorie différente). En revanche, avec un SOA de 500 ms, les résultats montrent une interaction entre la similarité du geste et la catégorie. Les participants étaient plus rapides à catégoriser les images lorsque l'amorce et la cible appartenaient à la même catégorie et présentaient un geste d'utilisation similaire. La manipulation du SOA met en évidence une intégration à 300 ms qui n'a pas pu être effectuée avec un délai de 100 ms. Cette étude apporte des arguments en faveur de l'intervention de l'activation puis de l'intégration des traces dans l'émergence des connaissances. Ainsi, l'intégration multi-composants est un mécanisme indispensable à l'émergence de connaissances élaborées et unitaires. En termes de dynamique d'émergence des connaissances, le temps d'exposition de l'amorce le plus long a permis l'intégration des ses différents composants évitant l'expression indépendante de chacun d'entre eux.

Types de connaissances : activités discriminantes et activités catégorielles

Outre la description des mécanismes permettant l'émergence des connaissances, le modèle Act-In prend en compte la distinction entre connaissances épisodiques et sémantiques. Il reprend ainsi l'explication proposée par les modèles à traces multiples en termes de quantité de traces activées. Les connaissances épisodiques émergent suite à la réactivation d'une trace spécifique en mémoire par la situation présente. En effet, une activité discriminante permettant la récupération d'une connaissance épisodique est caractérisée par la probabilité de récupérer une trace spécifique en mémoire. Dans l'illustration du modèle, la ligne jaune représente la distinctivité d'une trace. La distinctivité de la trace est liée à l'attention

et/ou aux attentes de l'individu, elle permet l'isolation de composants et améliore l'accès à une trace spécifique (Brunel, Oker, Riou, & Versace, 2010). Elle influencerait fortement l'intégration multi-composants dans l'émergence de connaissances spécifiques permettant ainsi la diffusion d'activation inter-composants au sein d'une trace en particulier. En revanche, les connaissances sémantiques et conceptuelles émergent grâce à la réactivation d'un grand nombre de traces. La diffusion inter-traces est plus importante dans les activités catégorielles afin de permettre l'émergence d'une connaissance sémantique.

Les connaissances épisodiques et sémantiques ne sont plus décrites en termes de natures différentes mais de quantité de traces réactivées en mémoire, ceci en fonction du poids relatif des mécanismes d'activation et d'intégration sous-jacents. Cette proposition nous permet de formuler l'hypothèse selon laquelle ces deux types de connaissances seraient basées sur une même nature. Cette hypothèse est l'une des deux hypothèses explorées dans ce travail de thèse qui sont décrites dans la partie suivante.

2.4.2 Hypothèses sous-jacentes à Act-In

Le cadre posé par le modèle Act-In permet de formuler des hypothèses sur les liens entre perception et mémoire. En effet, les mécanismes décrits par Act-In permettent à l'individu d'adopter un comportement adapté à la situation en fonction de l'interaction entre l'activité et des buts de l'individu et la situation présente. Il est important de noter que la situation jouent un rôle primordial dans les mécanismes décrits précédemment. La réactivation automatique d'un grand nombre de traces permet l'émergence d'une connaissance catégorielle (e.g., ce fruit est une orange). Cette réactivation s'effectue particulièrement à un niveau d'activation intra-composant couplé à l'intégration multi-composants. Autrement dit, les composants réactivés sont les composants plus couramment rencontrés dans les traces activés et qui sont caractéristiques de la catégorie. A l'inverse, si l'individu a un objectif précis dans la situation présente, cela va aboutir à la réactivation de traces spécifiques (e.g., cette orange est l'orange que j'ai acheté hier pour le petit déjeuner). Dans ce cas, l'activation inter-traces est limitée et c'est plus précisément l'intégration multi-composants qui permet l'activation de traces isolées.

Le présent travail a pour objectif d'apporter des arguments en faveur des deux points suivants. Premièrement, la mémoire et la perception mettraient en jeu des composants de même nature sensori-motrice issus de la situation dans laquelle les connaissances (épisodiques ou sémantiques) ont été créées. Le modèle Act-In accorde une place centrale à la situation dans laquelle se trouve l'individu. Lors de la perception de propriétés perceptivement présentes dans l'environnement, les composants associés en mémoire sont réactivés. Nous pouvons ainsi faire l'hypothèse que des composants réactivés peuvent jouer le même rôle que des composants perceptivement présents. Deuxièmement, si la mémoire est de nature sensori-motrice, la mémoire et la perception seraient basées sur des mécanismes similaires ou très proches et impliqueraient des co-activations simultanées. La réactivation des composants en mémoire serait ainsi tributaire de l'activité perceptive. Il apparaît donc difficile de séparer les processus perceptifs et mnésiques si ce n'est par la présence ou l'absence des composants en jeu dans les traitements en cours. Nous faisons donc l'hypothèse que des effets perceptifs devraient être observés en remplaçant l'intervention des dimensions perceptives induisant ces effets par des dimensions mnésiques.

Synthèse intermédiaire

L'évolution des modèles de la mémoire nous amène, dans le cadre de ce travail de thèse, à la considérer comme un système unique à long-terme contenant des traces épisodiques distribuées au sein du système. Les connaissances sémantiques et épisodiques ne sont plus dissociées en termes de systèmes mnésiques distincts mais elles correspondent à des quantités différentes de traces activées en mémoire. La cognition est située, l'activité cognitive dépend de la situation en cours et des interactions de l'individu avec son environnement. Afin de générer des connaissances conceptuelles, l'individu simule mentalement les propriétés sensorielles qui lui sont liées de manière semble-t-il automatique (e.g., Solomon & Barsalou, 2004; Wu & Barsalou, 2009). La simulation correspond à la réactivation des états perceptivo-moteurs qui ont été activés lors des expériences antérieures.

Issu des modèles à traces multiples et inséré dans une perspective située de la cognition, le cadre du modèle Act-In permet de formuler des hypothèses plus spécifiques aux liens entre perception et mémoire.

La mémoire et la perception mettraient en jeu des composants de même nature sensori-motrice : La première hypothèse concerne la nature des composants en jeu dans les processus perceptifs et mnésiques. En effet, la nature épisodique des traces postulée par Act-In permet de supposer que les composants mnésiques sont sensori-moteurs au même titre que les informations perceptives entrantes. Or, une même nature des composants va dans le sens d'une absence de codage de l'information sensorielle en un concept abstrait détaché de ses propriétés d'encodage.

La mémoire et la perception seraient basées sur des mécanismes similaires et impliqueraient des co-activations simultanées : En l'absence de codage de l'information perceptive en mémoire, il devient possible d'envisager une vision horizontale des liens entre perception et mémoire. Cette proposition suppose également des mécanismes communs entre processus perceptifs et mnésiques. Les mécanismes d'activation et d'intégration décrits

par Act-In permettent d'expliquer la manière dont les connaissances se forment à partir des propriétés sensori-motrices de l'environnement puis émergent.

L'objectif du chapitre suivant sera de rapporter des arguments de la littérature qui mettent en évidence la simultanéité des activations perceptives et mnésiques ainsi que des arguments en faveur de la nature modale des connaissances.

.....

Chapitre 3

Une approche horizontale des liens perception/mémoire

3.1 Interaction dynamique entre perception et mémoire

3.1.1 Effet de la fluence perceptive sur la mémoire

La mémoire est-elle un accès direct au passé ou une interprétation basée sur le présent ? L'interaction dynamique entre mémoire et perception peut se traduire par une modification de ce qu'on appelle la fluence perceptive. Cette dernière correspond au sentiment subjectif de facilité et de rapidité dans le traitement perceptif d'une information ([Jacoby & Dallas, 1981](#) ; [Reber, Wurtz, & Zimmermann, 2004](#)), elle induirait le sentiment de "déjà-vu" d'une information en donnant l'impression de se souvenir. Selon [Jacoby, Kelley, et Dywan \(1989\)](#), le souvenir est la conséquence d'une attribution sur la cause de la réponse par l'individu. Cette attribution serait dépendante du sentiment de familiarité basé sur la fluence perceptive, elle pourrait ainsi conduire à des erreurs d'interprétation. La fluence se traduirait par une facilité de traitement au niveau du jugement perceptif de la situation présente, mais également au niveau des souvenirs. Par conséquent, la situation présente peut biaiser l'expérience subjective du passé, ce qui conduit à des illusions de mémoire (i.e., impression de déjà vu d'un stimulus).

Gêner la fluence perceptive modifie les processus mnésiques

Il a été démontré que la fluence perceptive d'un item influence les jugements mnésiques tels que la typicalité d'un exemplaire d'une catégorie ou l'appartenance d'une propriété à un exemplaire. [Oppenheimer et Frank \(2007\)](#) ont conduit une série d'expériences afin de démontrer que la fluence perceptive semble être utilisée comme un indice important dans les tâches de catégorisation. Dans une première expérience, ils ont présenté des mots correspondants à des exemplaires de différentes catégories (i.e., oiseaux, mammifères, véhicules, nourritures). Ces mots étaient présentés sur une feuille avec soit une police classique (condition contrôle) soit une police difficilement lisible (condition peu fluente). Les participants devaient indiquer dans quelle mesure l'exemplaire présenté était typique (représentatif) de sa catégorie sur une échelle de 1 à 9 (de peu typique à très typique). Les résultats montrent que les exemplaires ont été jugés en moyenne comme étant moins typiques de leur catégorie respective dans la condition peu fluente par rapport à la condition contrôle. La diminution de la fluence perceptive affecte les jugements de typicalité d'un exemplaire. Une seconde expérience reprenait ce protocole, les participants devaient estimer la probabilité qu'une caractéristique donnée appartienne à un exemplaire de la catégorie sur une échelle de 1 à 9 (du moins probable au plus probable), (e.g., "Quelle est la probabilité qu'un poisson possède des nageoires?"). Les mots étaient présentés dans la condition peu fluente ou la condition contrôle. Les résultats montrent que les propriétés présentées dans la condition peu fluente étaient jugées comme étant moins probables pour leur exemplaire respectif que les propriétés présentées dans la condition contrôle. Ceci indique que la diminution de la fluence perceptive affecte les jugements de typicalité d'un exemplaire en mémoire. Une seconde expérience reprenait ce protocole, les participants devaient estimer la probabilité qu'une caractéristique donnée appartienne à un exemplaire de la catégorie sur une échelle de 1 à 9 (du moins probable au plus probable), (e.g., "Quelle est la probabilité qu'un poisson possède des nageoires?"). Les mots étaient présentés dans la condition peu fluente ou la condition contrôle. Les résultats montrent que les propriétés présentées dans la condition peu fluente étaient jugées comme étant moins probables pour leur exemplaire respectif que les propriétés présentées dans la condition contrôle. Ainsi, la diminution de la fluence perceptive affecte les jugements de probabilité d'appartenance d'une caractéristique à un exemplaire. Cette observation conduit à la conclusion que les jugements mnésiques (tels que la catégorisation ou l'estimation qu'une pro-

priété appartienne à un exemplaire d'une catégorie) se basent sur les propriétés perceptives de l'environnement.

La fluence du traitement moteur modifie les processus mnésiques

Outre l'effet de la fluence perceptive sur les jugements de catégorisation, d'autres études ont mis en évidence un effet de la fluence motrice sur la mémoire. [Yang, Gallo, et Beilock \(2009\)](#) ont présenté à des dactylographes experts seize couples de lettres dans une première phase. Ces couples de lettres étaient sélectionnés de manière à être préférentiellement tapés sur un ordinateur soit avec le même doigt (e.g., *F* et *V*) soit avec deux doigts différents (e.g., *J* et *C*). Les lettres tapées avec des doigts différents impliquent une programmation simultanée, ce qui augmente la fluence motrice. En revanche, les lettres tapées avec le même doigt engendrent un traitement plus sériel et une interférence, ce qui diminue la fluence motrice. Afin de s'assurer que les participants prennent connaissance des couples de lettres, ils devaient effectuer un jugement de préférence (i.e. ils devaient indiquer s'ils appréciaient les lettres présentées). Dans une seconde phase, une tâche de reconnaissance leur était proposée dans laquelle les participants devaient répondre à l'oral soit "nouveau", soit "ancien", soit "sentiment de familiarité". Les résultats montrent que ces participants (qui sont habitués à saisir des textes sur ordinateur) faisaient plus de fausses reconnaissances pour les couples de lettres les plus fluents par rapport aux couples de lettres peu fluents. Les auteurs interprètent ces résultats en termes d'influence de la mémoire par des activations d'actions motrices associées aux couples de lettres, et ceci même sans intervention motrice.

Dépendance des processus perceptifs et mnésiques

Ces études montrent que la modification du sentiment de facilité et de rapidité du traitement perceptif et moteur peut modifier non seulement des jugements mais également des performances de type mnésique. L'approche structurale de la mémoire explique cette interaction en termes d'influences de type bottom-up et top-down par l'approche structurale de la mémoire. Cependant, ces effets peuvent renforcer l'idée que la mémoire se construit à partir – et se base ensuite sur – des unités perceptives similaires à celles traitées par les processus perceptifs. Le fait de réduire la fluence perceptive diminue les performances mnésiques. Si la perception et la mémoire sont étroitement liées, l'hypothèse inverse peut être formulée. Ainsi,

bloquer volontairement l'accès en mémoire à un item influencerait son traitement perceptif ultérieur. Cette hypothèse est abordée dans la partie suivante.

3.1.2 Effet de suppression volontaire en mémoire sur la perception

L'étude de [Kim et Yi \(2013\)](#) suggère un lien étroit entre les opérations cognitives conceptuelles dites "de haut niveau" et les processus perceptifs en démontrant un effet de la suppression mnésique sur le traitement perceptif subséquent d'objets visuels. La *première expérience* consistait en quatre phases. La première phase correspondait à une tâche d'identification d'objets, un pré-entraînement dans lequel les participants voyaient des dessins présentés brièvement (33 ms) et devaient les identifier en notant leur nom sur une feuille. Dans la seconde phase, la phase d'association, deux items d'une paire étaient présentés simultanément pendant 5 secondes. Les participants devaient mémoriser chaque paire d'items. A la fin de la présentation de toutes les paires, les participants devaient rappeler quel était l'item associé avec l'item présenté à l'écran en le nommant. La troisième phase correspondait à un entraînement inspiré du protocole "think/no-think" ([Anderson & Green, 2001](#)). Dans la condition "think" (indiquée par un voyant vert), les participants devaient penser à une image quand le mot apparaissait. Dans la condition "no-think" (indiquée par un voyant rouge), les participants ne devaient pas penser à l'image associée au mot présenté à l'écran. Dix items étaient présentés dans la condition "think", dix items étaient présentés dans la condition "no-think" et vingt items étaient présentés sans consigne dans une condition "baseline". La dernière phase correspondait à une tâche d'identification d'objets de type post-training, les participants devant identifier les objets présentés individuellement. Les résultats montrent que le pourcentage d'images correctement identifiées dans la condition "no-think" était inférieur à la condition "baseline". En revanche, aucune différence n'était observée entre les conditions "think" et "baseline". Ces résultats suggèrent que la suppression de l'accès conscient à des objets visuels empêche l'identification subséquente de ces objets lorsqu'ils sont présentés brièvement. La *seconde expérience* était composée de la phase d'association, suivie de l'entraînement "think/no-think" puis de la phase d'identification d'objets post-training. Dans cette expérience, les images étaient présentées avec un bruit visuel d'opacité 100% dans la phase d'identification. Les participants devaient réduire le bruit en appuyant sur un bouton jusqu'à

ce qu'il puisse identifier l'objet. Les résultats indiquent que le niveau moyen maximal du bruit était plus faible dans la condition "no-think" par rapport à la condition "baseline". En revanche, aucun effet n'était observé entre les conditions "think" et "baseline". La *troisième expérience* cherchait à déterminer si l'effet était causé par l'inhibition des représentations perceptives ou des représentations mnésiques. Dans cette expérience, les images étaient présentées en miroir dans la tâche d'identification. Les auteurs faisaient les deux hypothèses suivantes : si la détérioration observée est principalement due à l'inhibition des représentations conceptuelles, alors ils devraient obtenir les mêmes résultats que dans l'expérience 2 ; en revanche, si la détérioration observée est due à l'inhibition des représentations perceptives, ils ne devraient plus retrouver les effets de la suppression mnésique. Aucun effet de la condition n'a été observé, la suppression observée dans les expériences précédentes est perceptive plutôt que conceptuelle. L'effet de suppression en mémoire est directement lié à l'inhibition des représentations perceptives.

Dans cette étude, les auteurs parlent d'opérations mnésiques de haut niveau influençant des traitements perceptifs de bas niveau. Toutefois, ces résultats sont tout à fait interprétables dans une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire. En effet, empêcher consciemment l'accès à une connaissance en mémoire réduirait la diffusion d'activation au sein des propriétés sensorielles de la trace qui lui correspond. L'accès ultérieur à cette trace, ou à ce nombre réduit de traces, serait ainsi plus difficile en comparaison aux traces qui ont été activées de manière volontaire dans la phase d'entraînement.

La partie suivante présentera des observations expérimentales de la littérature qu'il est difficile d'expliquer en termes d'activations verticales entre processus perceptifs et mnésiques. Ces observations rendent compte de co-activations dans des tâches perceptives et mnésiques ainsi que d'un partage de ressources entre mémoire et perception.

3.2 Des connaissances issues de la perception : construction de la mémoire à partir de l'activité perceptive

3.2.1 Des co-activations communes

Arguments en neurosciences

Un nombre croissant d'études en neurosciences témoignent d'activations cérébrales communes lors de tâches perceptives et de tâches conceptuelles (Martin & Chao, 2001 ; Tyler et al., 2003).

Wheeler, Peterson, et Buckner (2000) ont démontré que la récupération d'informations visuelles ou auditives impliquent l'activation des aires/régions sensorielles qui sont activées lors de la perception de ces items. Dans une *première phase* de leur expérience, les participants devaient mémoriser des images et des sons présentés avec le label correspondant (e.g., l'image ou le son d'un chien présenté avec le mot "chien"). La *seconde phase*, qui se déroulait trois jours plus tard, consistait en un enregistrement des activations cérébrale par IRMf (Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle) au cours de deux tâche différentes. L'objectif de la première tâche était de définir quelles étaient les régions activées lors du traitement perceptif des items. Les participants effectuaient une tâche perceptive en indiquant si l'item était présenté dans la modalité visuelle ou auditive. Ces items correspondaient aux items présentés dans la phase précédente, chacun était présenté dans sa modalité correspondante (visuelle ou auditive). La seconde tâche consistait en une tâche de rappel dans laquelle les participants voyaient les labels (mots) correspondant aux items qu'ils avaient vu dans la première phase. Ils devaient alors essayer d'indiquer dans quelle modalité (visuelle ou auditive) ces items avaient été présentés dans la première phase. Les résultats indiquent que les régions cérébrales activées lors de la tâche perceptive étaient également impliquées lors de la tâche de rappel (pour les images dans la tâche de rappel, le gyrus fusiforme gauche et les régions visuelles dorsales extrastriées étaient activées tandis que pour les sons, ils observaient des activations bilatérales du gyrus temporal supérieur).

Ces observations ne s'appliquent pas uniquement aux modalités visuelles et auditives les plus étudiées. En effet, [Simmons, Martin, et Barsalou \(2005\)](#) ont mis en évidence des activations de l'insula de l'hémisphère droit et du cortex orbitofrontal gauche qui correspondent à des aires gustatives lors de la présentation d'images de nourriture (les participants voyaient des images de nourriture ou de bâtiments et devaient indiquer si l'image présentée était identique ou différente de la précédente). Ces activations de zones cérébrales similaires impliquées dans les activités gustatives lors de tâches visuelles joueraient un rôle dans la production d'inférences conceptuelles relatives au goût de l'objet. Concernant la modalité olfactive, [Gottfried, Smith, Rugg, et Dolan \(2004\)](#) ont effectué une étude en IRMf dans laquelle ils ont présenté des objets arbitrairement associés à des odeurs dans une phase d'apprentissage. Les participants avaient pour consigne d'imaginer un lien entre l'objet et l'odeur. Dans la phase de test, les participants effectuaient une tâche de reconnaissance des objets présentés sans les odeurs. Les auteurs ont observé des activations dans les régions sous-tendant le traitement des informations olfactives lors de la présentation d'objets qui ont été associés à une odeur lors de la phase d'encodage.

Dans une perspective incarnée de la cognition, l'émergence des connaissances sémantiques sur des objets "moteurs", tels que les outils, devrait impliquer l'activation de zones cérébrales motrices proches de celles activées lors de l'utilisation de ces objets. Basée sur l'observation d'une dissociation entre des patients qui présentent des difficultés sélectives à identifier des items vivants (e.g. animaux) ou à identifier des items non vivants (e.g. outils), l'étude de [Martin, Wiggs, Ungerleider, et Haxby \(1996\)](#) démontre que les activations cérébrales sont liées aux propriétés intrinsèques des objets vivants ou non-vivants. Les auteurs ont demandé à des individus sans déficit de nommer les objets vivants ou non-vivants présentés à l'écran lors d'un enregistrement par Tomographie par Emission de Positons (PET Scan, *Positron Emission Tomography*). Les résultats montrent une activation du lobe occipital médian gauche, région impliquée dans les premières étapes du traitement visuel, lorsque les participants nommaient les animaux. En revanche, lorsque les participants nommaient les outils, les activations observées correspondaient à l'aire pré-motrice gauche (généralement activé lorsque nous imaginons effectuer un mouvement de la main) ainsi que du gyrus temporal moyen gauche (activé lors de la génération de mots liés à l'action). Ces résultats suggèrent que les connaissances sémantiques liées aux animaux et aux objets impliquent l'activation de réseaux distribués qui

sont globalement impliqués dans des tâches perceptives ou motrices.

Arguments issus d'études comportementales

Ces observations ont conduit les chercheurs à étudier la dynamique des activations de composants perceptifs et de composants réactivés en mémoire dans des études comportementales. Brunel, Lesourd, Labeye, et Versace (2010) ont mis en évidence des effets facilitateurs ou perturbateurs de l'activation de composants sensoriels dans une tâche de catégorisation. L'objectif était de montrer que les connaissances conceptuelles sont de nature perceptive. La première phase devait permettre de créer une association en mémoire entre deux composants. Pour cela, ils ont présenté deux formes géométriques (un carré ou un cercle) dont l'une d'entre elles était systématiquement associée à un bruit blanc pendant une durée de 500 ms (la forme associée était contrebalancée entre les participants). Par la suite, dans un paradigme d'amorçage à court-terme, ils ont présenté les formes seules (amorce) suivies de l'image d'un objet (cible). La présentation de l'une des deux formes était censée induire la réactivation du bruit blanc précédemment associé. Les participants devaient effectuer une tâche de catégorisation de taille des objets présentés en images en répondant "petit" ou "grand". Parmi les cibles de petite taille, la moitié des objets pouvaient être soit typiquement sonores (e.g., un mixeur) soit non sonores (e.g., un vase). Le SOA (*Stimulus Onset Asynchrony* qui correspond au délai entre le début de la présentation de l'amorce et le début de présentation de la cible) était manipulé et pouvait être soit identique à la phase d'apprentissage (500ms) soit plus court (100ms). L'hypothèse sous-jacente à la manipulation du SOA était que la réactivation d'un composant auditif (i.e. le bruit blanc réactivé par la forme associée) allait influencer le traitement d'un composant de nature auditif réactivé par l'objet. Lorsque le SOA était de 500 ms, les résultats montrent que les participants catégorisaient plus rapidement les objets typiquement sonores par rapport aux objets non sonores. Les auteurs interprètent ces résultats de la manière suivante : la pré-activation des aires auditives par la présentation de la forme associée au son a facilité le traitement d'une cible induisant une activation de composants de modalité auditive (i.e. les cibles typiquement sonores). En revanche, lorsque le SOA était de 100 ms, les participants catégorisaient moins rapidement les objets typiquement sonores par rapport aux objets non sonores. Dans ce cas-là, la co-activation des aires auditives a induit un effet perturbateur se traduisant par des temps de réponses plus long pour catégoriser les

cibles typiquement sonores.

L'effet perturbateur observé lors de la réactivation d'un composant auditif sur une tâche de catégorisation d'un item réactivant les dimensions auditives est difficilement interprétable en termes d'activations de représentations amodales. Néanmoins, il est en faveur d'un partage de composants entre processus perceptifs et mnésiques. Ainsi, les co-activations de composants sensoriels dans des tâches perceptives et mnésiques se traduisent également par une modification de la perception par les processus mnésiques.

3.2.2 Modification de la perception par les dimensions mnésiques

L'étude de l'interaction entre les processus mnésiques et perceptifs dans la littérature concernait tout d'abord les connaissances d'une manière très générale (e.g., les connaissances sur le monde sont liées à l'appartenance sociale, [Bruner & Goodman, 1947](#)). Les chercheurs ont ensuite affiné leurs hypothèses en s'intéressant à l'influence des connaissances sur les propriétés des objets telles que la couleur ou la taille. Pour cela, ils formulaient l'hypothèse selon laquelle l'émergence de ces connaissances influence la perception on-line (i.e., des réactivations mnésiques modifient le traitement perceptif en cours).

Perception de la couleur

L'une des propriétés d'objets les plus étudiées dans la littérature sur les liens entre processus perceptif et mnésique est la couleur. [Hansen et al. \(2006\)](#) ont cherché à déterminer si la couleur typique d'un objet en mémoire peut influencer la perception de sa couleur. Une image d'un objet était présentée dans sa couleur typique, autrement dit sa couleur originale (e.g., une banane jaune) sur un fond gris. Les participants pouvaient manipuler la couleur de la banane grâce à une échelle interactive sur laquelle ils déplaçaient le curseur. Ils avaient pour consigne d'ajuster la couleur de l'objet jusqu'à ce qu'il se fonde dans la couleur grise du fond. Les auteurs mesuraient le point le plus éloigné de la couleur typique vers lequel les participants allaient (e.g., la couleur bleue opposée à la couleur jaune de la banane). Les résultats montrent que les participants déplaçaient la couleur de l'objet vers sa couleur opposée

au delà de la couleur pour laquelle l'objet disparaissait dans le fond gris (e.g., ils donnaient une teinte légèrement bleutée à la banane). A l'inverse, lorsque l'objet était présenté de la couleur du fond gris, les participants allaient au delà de la teinte typique de l'objet (e.g., ils rendaient la banane plus jaune qu'elle ne l'est réellement). La perception de la couleur n'est pas uniquement déterminée par les informations perceptives extraites de l'environnement, elle est également dépendante des informations présentes en mémoire sur l'objet.

Afin d'investiguer davantage l'influence des connaissances catégorielles sur la perception, [Goldstone \(1995\)](#) a mené une expérience dans laquelle des groupes de lettres (e.g., T, E, L) et de chiffres (e.g., 8, 9, 6) présentaient une graduation du rouge au violet de telle sorte que la catégorie des lettres étaient majoritairement de couleur rouge tandis que la catégorie des chiffres étaient majoritairement de couleur violette (voir [Figure 3.1](#)). Pour chacun des groupes, l'un des éléments avait la couleur intermédiaire entre le rouge et le violet (e.g., le "L" et le "8" dans la figure). Un par un, les trois symboles alphabétiques et les trois symboles numériques étaient présentés à l'écran de la manière suivante : un symbole de couleur (e.g., le "T" dans la couleur rouge) était présenté en haut à droite de l'écran et le même symbole, mais cette fois-ci noir était présenté à sa gauche. Les participants devaient ajuster la couleur du symbole noir afin qu'elle corresponde à celle du symbole de couleur en cliquant sur une ligne noire dont les extrémités étaient labélisées par le mot "rouge" à gauche et le mot "violet" à droite. Les résultats montrent que les participants plaçaient le curseur davantage vers le bord labélisé "violet" sur la ligne lorsque les symboles appartenaient à la catégorie "rouge" et, inversement, ils plaçaient le curseur davantage vers le bord labélisé "rouge" lorsque les symboles appartenaient à la catégorie "violet". L'appartenance catégorielle des symboles a influencé la perception de la couleur d'éléments présents à l'écran.

Perception de la taille

Plus que l'influence d'une propriété typique en mémoire sur le jugement perceptif, [Riou, Lesourd, Brunel, et Versace \(2011\)](#) ont étudié les effets de l'ajout de différences perceptives et mnésiques. Ils se sont intéressés à l'effet de l'ajout d'une taille typique (mnésique) à une différence de taille perceptive (physiquement présente). Dans leur étude, la différence de taille perceptive et la différence de taille mnésique étaient soit congruentes (expérience 1) soit in-

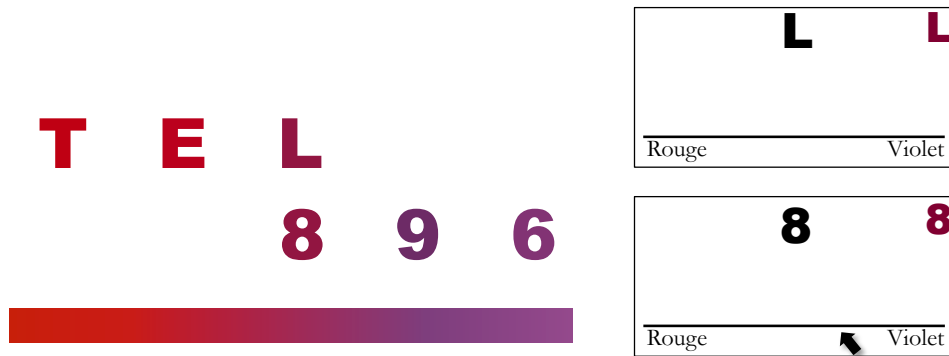


FIGURE 3.1 – Illustration du matériel utilisé par Goldstone (1995) avec les groupes de lettres et de chiffres de couleurs différentes présentés dans la première phase (*à gauche*) et le protocole utilisé dans la phase de jugement (*à droite*).

congruentes (expérience 2). Les auteurs ont présenté 2, 6 ou 10 images d'objets simultanément à l'écran. Parmi ces objets, l'un d'entre eux étaient la cible et le ou les autres objets constituaient les distracteurs. Dans la *première expérience*, les participants devaient indiquer si l'un des objet était affiché plus grand perceptivement que les autres (les distracteurs étaient tous de petite taille perceptive indépendamment de leur taille mnésique). Les résultats montrent que les participants détectaient plus facilement une différence de taille perceptive lorsque la différence de taille mnésique était congruente. En effet, ils étaient plus rapides à détecter la présence d'une différence de taille perceptive lorsqu'il y avait également une différence de taille mnésique, par exemple la condition dans laquelle un grand (grande taille perceptive) bureau (grande taille mnésique) était présenté parmi de petits objets (petite taille perceptive et mnésique) plutôt que de grands objets (ce qui correspond à la condition (b) par rapport à la condition (a) sur la Figure 3.2). Dans la *seconde expérience*, les participants devaient cette fois-ci indiquer si l'un des objets étaient présentés plus petit à l'écran (les distracteurs étaient toujours de grande taille perceptive indépendamment de leur taille mnésique). Les temps de réponse pour indiquer si un objet était affiché plus petit à l'écran étaient ralentis par la différence de taille mnésique entre la cible et les distracteurs. Ils étaient plus lents à détecter la différence de taille perceptive lorsque la cible était un grand objet présenté petit parmi de petits distracteurs présentés grands (ils étaient plus lents dans la condition (d) par rapport à la condition (c)). Les auteurs proposent que le calcul de différence perceptif pour réaliser la tâche est influencé par une différence de taille mnésique et parlent ainsi de

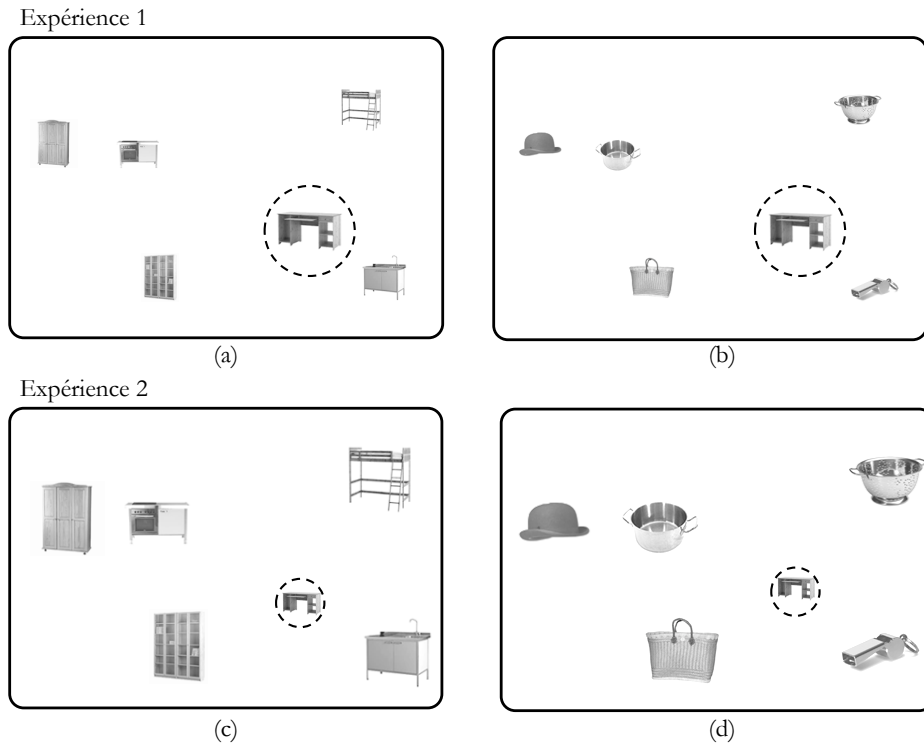


FIGURE 3.2 – Illustration du matériel utilisé par Riou et al (2011) : (a) un grand objet présenté plus grand parmi de grands distracteurs présentés petits, (b) un grand objet présenté plus grand parmi de grands distracteurs présentés petits, (c) un grand objet présenté plus petit parmi de grands distracteurs présentés grands, et (d) un grand objet présenté plus petit parmi de petits distracteurs présentés grands.

processus perceptivo-mnésiques dans le calcul de la taille.

Un lien étroit entre les dimensions conceptuelles et perceptives se retrouve dans les études s'intéressant aux valeurs numériques et à la taille physique (Tzelgov, Meyer, & Henik, 1992; Schwarz & Heinze, 1998). Dans l'étude de Henik et Tzelgov (1982), deux chiffres étaient présentés à l'écran, les participants devaient soit indiquer quel était le chiffre le plus grand physiquement à l'écran (jugement perceptif) soit indiquer quel était le chiffre le plus grand numériquement (jugement conceptuel). La taille perceptive et la taille conceptuelle pouvaient être soit congruentes (e.g., le chiffre « 1 » écrit en petit et le chiffre « 8 » écrit en grand) soit incongruentes (e.g., le chiffre « 1 » écrit en grand et le chiffre « 8 » écrit en petit). Les résultats indiquaient des temps de réponse plus courts dans la condition congruente par rapport à la condition incongruente. Gabay, Leibovitch, Henik, et Gronau (2013) ont ainsi étudié l'influence d'une taille conceptuelle (typique) sur la perception de chiffres. Ils

ont présenté l'image d'un animal de grande taille ou de petite taille en amorce (toutes les images étaient présentées avec une même taille perceptive à l'écran) suivie d'un chiffre entier entre 1 et 9 en cible. Les participants devaient indiquer si le chiffre présenté était pair ou impair. Les résultats montrent que les participants répondaient plus rapidement lorsque la taille typique de l'animal présenté à l'écran et la valeur numérique du chiffre était congruentes plutôt qu'incongruentes. Le traitement d'un chiffre est influencé par la taille conceptuelle d'un objet présenté juste avant.

Même s'il est plus généralement admis par les approches amodales de la mémoire que les connaissances de type épisodique (concernant par exemple les objets qui nous entourent) sont liées à leurs propriétés sensorielles et motrices, il n'en est rien pour les connaissances de type sémantique. La partie suivante présentera des arguments démontrant l'implication des processus sensori-moteurs dans les traitements conceptuels.

3.3 Réactivation de traces sensorielles et motrices dans des tâches conceptuelles

Bien que les théories amodales et modales de la mémoire soient d'accord pour dire que les informations sensorielles sont la porte qui permet la création des connaissances, aucun consensus n'a été établi concernant la nature de ces connaissances et des concepts qu'elles contiennent. Pour [Locke \(1690/1970\)](#), les concepts sont le résultat de l'expérience et sont donc basés sur les informations perceptives ([Prinz, 2002](#)). Cependant, une question reste entière quant à la nécessité d'avoir accès aux informations sensorielles lors de l'émergence d'une connaissance, notamment d'une connaissance sémantique (conceptuelle).

3.3.1 Langage et activations sensori-motrices

Les défenseurs d'une conception amodale de la mémoire reprochent aux approches incarnées de la cognition la difficulté d'expliquer l'émergence des connaissances conceptuelles

(sémantiques). Pourtant, de plus en plus d'études explorent la nature des connaissances conceptuelles et s'interrogent sur le fait que leur émergence nécessite l'intervention de processus sensori-moteurs. Les explications proposées partent de la notion de simulation comme support aux représentations cognitives (Barsalou, 1999; Jeannerod, 2001; Hessel, 2002; Gallese & Lakoff, 2005). Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre 2, la simulation induit l'activation des mêmes systèmes sensori-moteurs que ceux engagés dans les réelles interactions avec le monde. Les théories incarnées proposent que le contenu sémantique est atteint en "re-crédant" (à une moindre mesure) les informations sensorielles et motrices produites lorsqu'un mot ou une phrase sont réellement vécus. Ainsi, les mots faisant référence à un mouvement ou une action sont supposés recruter les systèmes sensoriels impliqués dans la perception de mouvements ainsi que les systèmes moteurs impliqués dans l'action.

Simulations sensori-motrices dans le langage

Barbey et Patterson (2011) ont observé que le cortex préfrontal extrait des régularités statistiques au cours des expériences à partir desquelles sont construites les règles abstraites. Les connaissances conceptuelles impliquent l'activation de réseaux neuronaux distribués entre les aires modalité-spécifique et associatives. Même lorsque le stimulus n'est pas présent, la simulation permettrait l'activation de ces réseaux pour permettre l'émergence de connaissances abstraites.

Un nombre croissant de travaux sur le langage ont apporté des arguments en faveur de l'activation des aires sensorielles et motrices dans le traitement conceptuel. Par exemple, la lecture d'un verbe d'action (e.g., courir) induit l'activation des aires motrices (Pulvermüller, Härle, & Hummel, 2000; Pulvermüller, 2001; Boulenger et al., 2006). Zwaan, Stanfield, et Yaxley (2002) ont apporté des arguments en faveur de l'activation de "symboles perceptifs" pendant la compréhension du langage. Ils ont demandé à des participants de lire des phrases décrivant un animal ou un objet dans une certaine position. Ces phrases induisaient une forme visuelle de l'animal ou de l'objet différente en fonction de sa position (e.g., "l'aigle est dans le nid" vs. "l'aigle est dans le ciel"). Après avoir lu une phrase, les participants voyaient une image et devaient indiquer si l'animal ou l'objet présenté sur cet image était mentionné dans la phrase précédemment lue (Expérience 1) ou devait nommer l'animal ou l'objet représenté sur

l'image (Expérience 2). Les résultats montrent que les réponses étaient plus rapides lorsque la forme de l'objet induite par la phrase et la forme de l'objet sur l'image étaient congruentes plutôt qu'incongruentes. La compréhension du langage implique l'activation automatique de symboles perceptifs (voir aussi [Stanfield & Zwaan, 2001](#); [Zwaan & Yaxley, 2004](#)).

Dans les études concernant l'activation de composants moteurs, les participants sont généralement confrontés à des verbes d'actions impliquant une action de la bouche (e.g., mâcher), de la jambe (e.g., frapper du pied) ou de la main (e.g., saisir) qu'ils écoutent passivement ([Tettamanti et al., 2005](#)) ou sur lesquels ils effectuent une tâche de décision lexicale ([Pulvermüller, 2001](#)). Ces études mettent en évidence l'activation du cortex moteur et du cortex pré-moteur associés à des parties spécifiques du corps (e.g., la main, la jambe...) dans le traitement du langage faisant référence à des parties spécifiques du corps (voir aussi [Hauk, Johnsrude, & Pulvermüller, 2004](#)). L'implication des composants moteurs lors de la lecture de phrase a été étudiée par [Kaschak et al. \(2005\)](#). Les auteurs ont mené une expérience dans laquelle les participants entendaient des phrases décrivant un mouvement spécifique (e.g., un mouvement de rapprochement : "La voiture s'approche de vous", un mouvement d'éloignement : "L'écureuil s'enfuit au loin", un mouvement vers le haut : "La fusée a décollé", ou un mouvement vers le bas : "Les feuilles tombent de l'arbre") et devaient effectuer un jugement de sens (Expérience 1) ou un jugement grammatical sur ces phrases (Expérience 2). Pendant qu'ils effectuaient la tâche, les participants voyaient sur un écran des images dynamiques (des spirales ou des barres horizontales) induisant la perception soit d'un mouvement de rapprochement, soit d'un mouvement d'éloignement, soit d'un mouvement vers le haut, soit d'un mouvement vers le bas (voir Figure 3.3). Les résultats montrent que la congruence des mouvements entre l'image dynamique et le mouvement induit dans les phrases conduisait à des temps de réponse plus longs dans la tâche de jugement de sens ou de jugement grammatical (qui n'implique pas de jugement direct sur la sémantique de la phrase). La perception d'un mouvement dans une direction implique l'activation de groupes de neurones qui répondent préférentiellement aux mouvements dans cette direction (cf. [Lloyd-Jones & Vernon, 2003](#)). La simulation du mouvement pendant la compréhension du langage nécessite l'activation de zones engagées dans le traitement perceptif des mouvements. Les auteurs interprètent les résultats comme un conflit entre les processus perceptifs engagés dans le traitement de l'image dynamique et les processus de simulation impliqués dans la compréhension du langage.

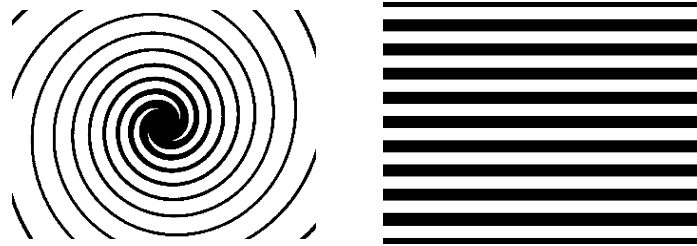


FIGURE 3.3 – Images utilisées par Kaschak et al (2005) pour induire des mouvements de rapprochement et d'évitement (*à gauche*) et des mouvements vers le haut et vers le bas (*à droite*)

Ces résultats sont congruents avec les études démontrant que l'écoute passive de phrases contenant des composants sémantiques visuels perturbe les processus visuels de manière sélective. Par exemple, après l'écoute d'une phrase induisant un mouvement visuel vers le haut (e.g., "la fourmi grimpe") ou vers le bas (e.g., "la fourmi tombe"), les participants mettent plus de temps à effectuer une tâche de catégorisation visuelle d'un stimulus présenté en haut de l'écran (pour "la fourmi grimpe") ou en bas de l'écran (pour "la fourmi tombe") lorsqu'ils doivent décider si la forme correspond à un cercle ou un carré (Richardson, Spivey, Barsalou, & McRae, 2003 ; Bergen, Lindsay, Matlock, & Narayanan, 2007). Les auteurs de ces études en concluent une implication automatique des systèmes perceptivo-moteurs pendant les processus langagiers.

Bien que les questions portant sur l'automatisme des activations sensori-motrices lors du traitement du langage ne sont pas entièrement résolues, les démonstrations d'activations sensorielles et motrices communes entre traitement perceptif et traitement conceptuel ont conduit les chercheurs à investiguer l'hypothèse d'un partage de ressources entre perception et mémoire.

3.3.2 Partage des ressources

Les processus en jeu dans la mémoire et ceux en jeu dans la perception partageraient des ressources communes. [Pecher, Zeelenberg, et Barsalou \(2003\)](#) ont montré que le changement de modalité au sein d'une tâche conceptuelle induit un coût cognitif. En effet, les vérifications de propriété étaient plus longues et moins précises lorsque la paire concept-propriété était précédée par une paire concept-propriété de modalité différente plutôt que de modalité identique (pour cet effet dans des tâches perceptives, voir [Spence, Nicholls, & Driver, 2001](#)).

Le changement de modalité se manifeste également d'une tâche perceptive sur une tâche conceptuelle. [van Dantzig, Pecher, Zeelenberg, et Barsalou \(2008\)](#) ont étudié les effets du changement de modalité entre une tâche perceptive et une tâche conceptuelle. Les participants effectuaient une tâche purement perceptive dans laquelle ils devaient indiquer de quel côté apparaissait la stimulation sensorielle (auditive, visuelle ou tactile) en appuyant avec les pieds sur la pédale correspondant au côté de la stimulation. Nous pouvons noter que dans cette tâche perceptive, la modalité sensorielle n'est pas pertinente pour indiquer si le stimulus apparaît à gauche ou à droite. Les participants effectuaient ensuite une tâche de vérification de propriété associée ou non à un concept en répondant par "vrai" ou "faux" sur les pédales correspondantes. La modalité de la propriété pouvait être identique à la modalité de la stimulation perceptive ou différente. Les résultats indiquent des temps de réponse plus longs pour la vérification de propriété lorsque la stimulation perceptive était d'une modalité différente plutôt qu'identique (pour un coût du changement de modalités pour des stimuli perceptifs, voir [Spence et al., 2001](#)). Les auteurs indiquent qu'un traitement perceptif de bas-niveau influence l'activation de connaissances conceptuelles, ces dernières étant basées sur un même système sensoriel que le traitement des stimuli perceptifs.

L'effet perturbateur induit par le partage de ressource est parfois caractérisé par le *switching-cost* qui est de plus en plus étudié dans la littérature. C'est ainsi que [Vermeulen, Corneille, et Niedenthal \(2008\)](#) ont étudié le partage de ressources entre les processus perceptifs et mnésiques en utilisant une tâche de mémoire à court-terme et une tâche de vérification de propriétés. Les essais étaient composés de la manière suivante : tout d'abord, les participants devaient mémoriser un premier stimulus correspondant soit à un item (condition de

faible charge mnésique) soit à trois items (condition de forte charge mnésique). Les items correspondaient à des images (modalité visuelle) ou des sons (modalité auditive). Pendant le maintien de l'information en mémoire, les participants effectuaient une tâche de vérification de propriétés dans les modalités visuelle ou auditive en indiquant si la propriété présentée appartient au concept proposé (i.e. CONCEPT peut être *propriété*, par exemple dans la modalité visuelle : CITRON peut être *jaune*) en répondant par "vrai" ou "faux". Après chaque réponse, un écran blanc apparaissait suivi par un second stimulus composé de un ou trois items (de la même modalité que celle du premier stimulus), les participants devaient alors indiquer si le premier et le second stimulus étaient "identiques" ou "différents". Concernant la tâche de mémoire, les réponses indiquant si le premier et le second stimulus étaient identiques ou différents étaient plus longs lorsque la modalité des items était la même que la modalité de la tâche de vérification de propriété. Concernant la tâche de vérification de propriété, la vérification de propriétés était moins rapide lorsque la charge mnésique et la propriété étaient de même modalité plutôt que de modalité différente dans la condition de forte charge mnésique. Lorsque la charge sensorielle mnésique est élevée, le traitement d'une propriété dans la même modalité est ralenti. Les processus perceptifs et conceptuels partagent des ressources, ce partage s'avère être coûteux lorsque les ressources attribuées pour une modalité donnée sont requises dans des demandes élevées. Dans la même lignée de travaux, il a été démontré que la mémorisation de mots reliés à une modalité visuelle (e.g., lumière) ou auditive (e.g., chanson) est plus affectée par une interférence sensorielle dans une même modalité que dans une modalité différente (Vermeulen, Chang, Mermillod, Pleyers, & Corneille, 2013). Les performances à une tâche de vérification de propriété de concepts sont moins précises lorsque la modalité du concept est présentée dans une modalité visuelle identique (e.g., "CITRON-jaune" présenté de manière visuelle, "MIXEUR-bruyant" présenté de manière auditive) plutôt que différente (Vermeulen, Chang, Corneille, Pleyers, & Mermillod, 2013).

Basé sur ces observations de partage de ressources entre traitements perceptif et conceptuel, l'objectif de ce travail de thèse est d'explorer les liens entre processus perceptifs et processus mnésiques. Au regard des différentes démonstrations dans la littérature présentées précédemment, nous proposons d'envisager le lien entre perception et mémoire de manière horizontale. La partie suivante présente les études et hypothèses sur lesquelles se base les travaux présentés dans ce travail de thèse.

3.4 Vers une vision horizontale des liens entre perception et mémoire

3.4.1 Répliquer des effets perceptifs avec l'intervention des dimensions mnésiques

Afin de démontrer une certaine similarité entre les processus perceptifs et conceptuels, il est nécessaire de démontrer que la mémoire se base sur des composants sensori-moteurs et donc que des effets mnésiques sont supportés par des processus perceptifs. [Vallet, Brunel, et Versace \(2010\)](#) ont utilisé un paradigme de masquage perceptif associé à un paradigme d'amorçage inter-modal. Dans la phase d'apprentissage de la *première expérience*, les participants devaient catégoriser des amorces auditives (vivant vs. non-vivant). Dans la phase de test proposée cinq minutes plus tard, une tâche de catégorisation vivant/non-vivant leur était à nouveau proposée sur des cibles visuelles qui correspondait soit aux cibles sonores présentées dans la phase précédente (items anciens) soit à des items non présentés dans la phase précédente (nouveau items). Afin de démontrer que l'effet d'amorçage intermodal résulte de l'activation de représentations modalité-spécifiques, la moitié des cibles auditives étaient présentés avec un masque visuel (items anciens masqués) lors de la phase d'apprentissage. Dans la *deuxième expérience*, ce sont des amorces visuelles qui étaient présentées dans la phase d'apprentissage dont la moitié était associée à un masque auditif (un bruit blanc). Dans la phase de test, les participants devaient catégoriser des sons cibles qui pouvaient être soit anciens-masqués, soit anciens-non masqués, soit nouveaux. Dans les deux expériences, l'hypothèse était que, dans la phase de test, le masque sera réactivé lors de la présentation des anciens items masqués et interfèrera avec son traitement. Les résultats montrent que les temps de réponses étaient significativement plus rapide pour les anciens items non masqués par rapport aux items nouveaux et au items anciens masqués. Cette étude a démontré pour la première fois un effet de masquage intermodal à long-terme entre les modalités visuelles et auditives (pour un paradigme à court-terme, voir [Schneider, Engel, & Debener, 2008](#)). L'interprétation en termes de codage amodal commun aux entrées visuelles et auditives ne peut expliquer les effets de masquage intermodal, ces effets sont davantage en faveur d'une

nature sensorielle des connaissances.

En apportant des arguments en faveur de la similarité du contenu des dimensions mnésiques et sensorielles, cette étude présente l'intérêt d'avoir combiné un effet perceptif (l'effet de masquage) et un effet mnésique (l'effet d'amorçage mnésique). C'est cette idée qui sera reprise dans le présent travail en manipulant l'effet perceptif de masquage. L'effet de masquage visuel correspond à la réduction de la visibilité d'un élément visuel par la présentation d'un masque (Enns & Di Lollo, 2000 ; Breitmeyer & Ogmen, 2006). La réduction de la visibilité dépend de différents facteurs tels que la forme, la couleur, le contraste par chevauchement entre le masque et l'élément visuel. Si la mémoire contient des composants sensoriels, un masque perceptif devrait pouvoir être réactivé en mémoire et ainsi recréer le chevauchement entre les propriétés visuelles des différents éléments. Nous explorerons ainsi la possibilité de répliquer cet effet de masquage avec l'intervention directe des dimensions mnésiques dans la partie III.

Outre l'utilisation du masquage perceptif, nous nous intéresserons également à un autre phénomène perceptif, les illusions visuelles. Le biais perceptif créé dans les illusions visuelles est influencé par des dimensions perceptives. La partie suivante présente les différents arguments démontrant une influence d'autres dimensions que les dimensions perceptives dans les illusions visuelles. Basés sur ces arguments, nous explorerons l'hypothèse selon laquelle ces dimensions perceptives devraient pouvoir être remplacées par les dimensions mnésiques.

3.4.2 Les illusions perceptives : quand les connaissances trompent la perception

"Le monde extérieur constitue en quelque sorte une mémoire externe à laquelle il est possible d'accéder instantanément en fixant les yeux (ou l'attention) sur un endroit précis. Dans cette perspective, l'apparence de la présence du monde visuel et son extrême richesse sont une sorte d'illusion créée par la possibilité d'accéder sur-le-champ à l'information contenue dans cette mémoire externe." (O'Regan, 1992).

L'activité perceptive ne découle pas toujours sur la reconnaissance d'un objet entier, cohérent et identifié de manière universelle. Dès l'Antiquité, il a été constaté qu'un même élément perceptif n'est pas perçu de la même manière par un individu en fonction du moment de l'observation. L'une des principales illustrations de ce constat est "l'illusion de la lune". Cette dernière semble changer de taille, elle semble plus grande lorsqu'elle se trouve proche de l'horizon que lorsqu'elle est au zénith, et pourtant sa taille réelle ne change pas. L'apparente mise en échec de l'activité perceptive témoigne de la complexité des mécanismes nécessaires à l'interprétation des informations sensorielles. Cette mise en échec se retrouve notamment dans les illusions perceptives/sensorielles¹. Les illusions perceptives correspondent à une distorsion systématique de la perception par rapport à l'objet réel. Deux types d'illusions sont distinguées : les illusions primaires et les illusions secondaires pour lesquelles interviennent les connaissances des individus. Les connaissances étant acquises au cours de la vie de l'individu, ces illusions sont sensibles à l'âge : l'effet des illusions primaires diminue avec l'âge tandis que l'effet des illusions secondaires augmente (voir [Binet, 1884](#) ; [Piaget & Osterrieth, 1953](#)).

L'une des premières démonstrations expérimentales a été proposée par [Flournoy \(1894\)](#). Pour cela il a utilisé dix objets pesant chacun 112 grammes mais de formes et de volumes différents. Une tige en métal terminée par une boucle était fixée sur ces objets afin que les participants puissent introduire leur doigt à l'intérieur pour les soupeser. Les 50 participants devaient classer ces objets en fonction de leur poids. Il a observé que 49 des participants avaient classé les objets en fonction de leur volume, les petits étant considérés comme les plus lourds. A la fin de l'expérience, lorsqu'il leur révélait l'égalité entre les objets, les participants présentaient des difficultés à constater que les objets avaient tous le même poids. Des résultats similaires étaient observés lorsque les participants estimaient le poids des objets uniquement en les regardant. Même si ces objets impliquent la même dépense motrice, l'évaluation de leur poids est biaisée par leur volume. Suite à leurs interactions répétées avec des objets de différents poids et de différents volumes, les adultes en déduisent implicitement un poids "attendu" de l'objet. Lorsque l'objet possède un grand volume, les participants se préparent musculairement à soulever un objet lourd. Si l'objet s'avère être plus léger que prévu (i.e. il le soulève très facilement), le participant aura l'impression que celui-ci est plus léger qu'un

1. La dichotomie ou l'absence de dichotomie entre sensation et perception dans les différents courants théoriques pouvant être sujet à confusion, le terme "d'illusion perceptive" sera utilisé ici. Il regroupe les illusions dites perceptives et les illusions dites sensorielles.

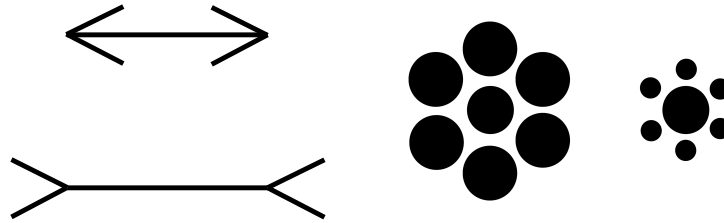


FIGURE 3.4 – L’illusion de Müller-Lyer (1889) à gauche et l’illusion d’Ebbinghaus (1908) à droite

objet moins volumineux pour lequel il aura mis moins de force dans le geste pour le soulever. En parallèle, [Dresslar \(1894\)](#) a repris la même illusion chez 173 enfants en montrant huit tubes métalliques de hauteur différente mais de poids similaire. Lorsque les enfants devaient ordonner les objets en fonction de leur poids, le plus petit tube était considéré comme le plus léger et le plus grand tube comme le plus lourd. Ainsi, à l’inverse des adultes, les enfants ont classé les objets en fonction de leur taille. L’explication la plus probable de cette différence entre enfants et adultes réside dans l’acquisition de connaissances sur le lien entre le poids des objets et leur volume par les adultes mais pas encore, ou du moins pas totalement, chez les jeunes enfants.

Au regard de ces observations, [Binet \(1895\)](#) a utilisé l’âge comme prédicteur de la sensibilité aux illusions visuelles. Pour cela, il a présenté l’illusion de Müller-Lyer (présentée par le sociologue allemand Franz Carl Müller-Lyer en 1889, voir [Figure 3.4](#)) à des enfants et des adultes en faisant l’hypothèse que ces deux populations devraient avoir une évaluation différente dans les illusions de contraste. Les résultats montraient que le biais provoqué par l’illusion décline avec l’âge : les enfants, qui détiennent peu de connaissances géométriques, sont plus susceptibles à l’illusion que les adultes ([Wohlwill, 1960](#) ; [Predebon, 1985](#)).

En se basant sur le constat que les illusions perceptives sont sensibles à des facteurs autres que perceptifs, nous pouvons faire l’hypothèse que les illusions perceptives devraient pouvoir être directement créées par des variables mnésiques. Pour cela, nous pouvons nous baser sur l’une des illusions les plus étudiées dans la littérature, l’illusion d’Ebbinghaus (ou

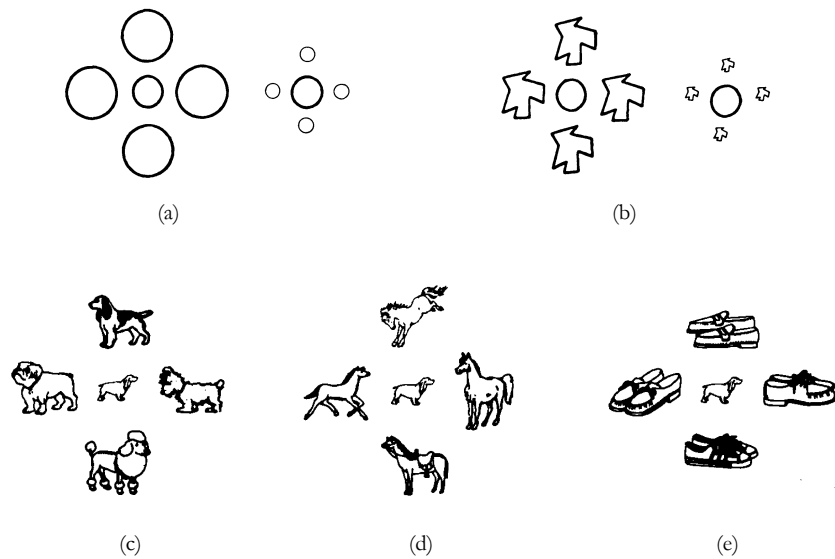


FIGURE 3.5 – Figures présentées par Coren & Enns (1993) avec (a) l’illusion classique, (b) l’élément test et les inducteurs présentent une forme différente, (c) les éléments ont une même catégorie conceptuelle, (d) les éléments ont une catégorie conceptuelle proche, et (e) les éléments ont une catégorie conceptuelle éloignée

illusion de Titchener) décrite par [Ebbinghaus \(1908\)](#). Dans cette illusion, la taille des cercles périphériques (inducteurs) induit un biais dans la perception de la taille des cercles centraux. L’amplitude de l’illusion dépend de différents facteurs tels que la taille et le nombre d’inducteurs, la distance entre les inducteurs et les éléments centraux et la taille du cercle central (voir [Massaro & Anderson, 1971](#)). Il a également été démontré que l’amplitude de l’illusion est fonction de la similarité entre les inducteurs et les éléments centraux, plus les inducteurs et l’élément central ont une forme similaire, plus l’amplitude de l’illusion est élevée ([Coren & Miller, 1974](#)). Cette illusion est sensible à d’autres facteurs que les facteurs perceptifs évoqués précédemment. En effet, il a été démontré que l’effet de contraste est plus faible chez les individus du peuple Himba (peuple vivant au nord de la Namibie) qui n’ont pas de mots pour désigner les formes géométriques par rapport aux individus ayant eu un apprentissage de la géométrie ([de Fockert, Davidoff, Fagot, Parron, & Goldstein, 2007](#)). Les connaissances géométriques semblent donc avoir une influence sur l’effet de contraste dans cette illusion.

Coren et Enns (1993) ont fait varier la similarité conceptuelle entre les inducteurs et l'élément test dans l'illusion d'Ebbinghaus. Afin de mesurer l'amplitude de l'effet de contraste, ils ont utilisé la "graded series method". Dans cette méthode, les participants doivent indiquer parmi quinze éléments de taille croissante celui qui est identique en taille à l'élément test (expérience 1). Ils ont également utilisé la méthode de reproduction dans laquelle les participants indiquaient sur une ligne horizontale la longueur du diamètre de l'élément test (expérience 2). Ils ont fait varier la similarité conceptuelle entre l'élément test et les inducteurs (voir Figure 3.5). Les éléments pouvaient être soit de *même catégorie conceptuelle* (e.g., un chien comme élément test entouré d'autres chiens comme inducteurs), soit de *catégorie conceptuelle proche* (e.g., un chien comme élément test entouré d'autres animaux inducteurs tels que des chevaux), soit de *catégorie conceptuelle différente* (e.g., un chien comme élément test entouré d'objets inducteurs de différente catégorie conceptuelle tels que des chaussures). Ils ont observé un effet de contraste plus élevé dans les conditions de *même catégorie conceptuelle* et de *catégorie conceptuelle proche* par rapport à la condition de *catégorie conceptuelle différente* ce qui démontre une influence de variables mnésiques sur l'effet perceptif de contraste. L'effet de contraste est ainsi influencé par la similarité conceptuelle entre l'élément test et les inducteurs.

Basée sur la littérature ayant étudié les effets des catégories conceptuelles sur le biais perceptif induit par les illusions perceptives, la partie IV abordera la possibilité de recréer le biais perceptif de l'illusion d'Ebbinghaus avec l'intervention de variables mnésiques. En effet, si les illusions sont sensibles à des variables conceptuelles, nous devrions pouvoir remplacer les éléments perceptifs (qui induisent le biais) par des éléments réactivant en mémoire la dimension induisant le biais (e.g., la taille des inducteurs pour l'illusion d'Ebbinghaus). De plus, lorsque nous nous intéressons à la littérature, les études ayant utilisé l'illusion d'Ebbinghaus présentent une très grande diversité quant au choix du matériel. En effet, certaines études restent relativement proches de la version originale de l'illusion en gardant deux éléments centraux entourés de petits et de grands inducteurs (e.g., Massaro & Anderson, 1971 ; de Fockert et al., 2007 ; Schwarzkopf, Song, & Rees, 2011) tandis que d'autres études n'ont fait figurer qu'un stimulus à la fois comprenant un élément central entouré de plusieurs inducteurs (e.g., Coren & Miller, 1974 ; Coren & Enns, 1993 ; Rose & Bressan, 2002). Ces études diffèrent également dans le choix des méthodes employées pour quantifier les biais observés (ce point

sera abordé dans le chapitre 10). Il semble donc nécessaire d'utiliser des protocoles similaires afin de pouvoir comparer plus directement les effets de variables perceptives et mnésiques. Les études présentées dans la partie IV prendront soin de répliquer les effets induits par les variables perceptives avant d'essayer de recréer ces effets avec des variables mnésiques.

Synthèse intermédiaire

La mémoire se base sur les propriétés sensorielles et motrices de l'environnement comme en attestent les effets mnésiques induits par la modification de la fluence perceptive ou motrice. La situation présente et la fluence du traitement de cette situation peut biaiser l'expérience subjective du passé et conduire à des illusions de mémoire (e.g., la présentation d'un mot en dessous du seuil de conscience juste avant sa présentation pour une tâche de reconnaissance augmente la probabilité de juger le mot comme ayant déjà été présenté). A l'inverse, la perception est fortement liée aux activités passées de l'individu. Elle peut ainsi être modifiée par les connaissances de l'individu. De plus en plus d'arguments dans la littérature montrent des co-activations communes et un partage de ressources entre activités perceptive et mnésique, notamment avec des effets des activations sensori-motrices sur le traitement conceptuel.

Les études présentées dans la partie II se basent sur les travaux de Brunel et collaborateurs (2009, 2010) qui ont montré l'effet d'un composant sensoriel réactivé (i.e. un bruit blanc) sur une tâche de discrimination perceptive de son (i.e. ce son est-il aigu ou grave ?) ou une tâche de catégorisation d'objets en fonction de leur taille typique (i.e. cet objet correspond-t-il à un objet de petite taille ou de grande taille dans la vie quotidienne selon un référentiel de 50 cm ?). Parmi les objets, la moitié était des objets typiquement sonores, c'est-à-dire que leur présentation induisait la réactivation des composants auditifs qui leur sont associés. Le bruit blanc était réactivé grâce à son association préalable avec une forme géométrique sans signification. Lors des tâches de discrimination perceptive ou de catégorisation, la forme était présentée avant les sons ou les images d'objets avec un temps de présentation qui créait soit une séquentialité entre la réactivation du son en mémoire par la forme et la présentation du stimulus test, soit un chevauchement entre la réactivation du son et la présentation du stimulus test. Les résultats ont montré un effet facilitateur lorsque le composant réactivé et les composants présents (sons) ou réactivés (objets typiquement sonores) étaient présentés de manière séquentielle due à la préactivation des dimensions sonores. En revanche, un effet perturbateur était observé lorsque la présentation des composants réactivés et des composants présents était simultanée.

Lors de la phase d'association, les deux stimuli présentés étaient perceptivement présents (la forme était présenté à l'écran et le son était présenté auditivement). Si les connaissances sont ancrées dans leurs propriétés sensori-motrices alors le système cognitif devrait être capable d'associer un élément présent à un élément absent. En effet, si la présentation d'un objet induit la réactivation automatique des propriétés sensorielles qui lui sont associées, alors la présentation de plusieurs objets d'une même catégorie devrait permettre l'extraction de leurs propriétés sensorielles communes. Cette hypothèse sera testée dans le chapitre 4.

Les études de Brunel et collaborateurs présentent l'intérêt d'avoir observer des effets de facilitation et d'interférence sur une tâche perceptive (Brunel, Labeye, Lesourd, & Versace, 2009) ainsi que sur une tâche mnésique (Brunel et al., 2010). Dans le chapitre 5, nous ferons l'hypothèse inverse, mais complémentaire, selon laquelle un composant présent devrait influencer les performances dans une tâche mnésique.

.....

Deuxième partie

Des composants de même nature sensorielle

Chapitre 4

Memory components act as perceptual components

**When Memory Components act as Perceptual Components :
Facilitatory and Interference Effects in a Visual Categorization Task**

Amandine E. Rey¹, Benoit Riou^{1,2}, Méline Cherdieu¹ & Rémy Versace¹

¹ EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

² ADN Marketing Science, Clermont-Ferrand (France)

Article publié dans *Journal of Cognitive Psychology* - 2014
L'ensemble du matériel utilisé dans cette étude est présenté en Annexe [A](#).

Abstract

When they live through an experience, individuals both perceive sensorimotor components in the environment (perception) and reactivate properties associated with the experience that are not perceptually present (memory). According to embodiment theory, memory consists of sensorimotor traces that are reactivated during the experience. The aim of this study was to demonstrate that a memory property which is not perceptually present (i.e. which is reactivated) can influence the processing of a stimulus that shares this memory property even if the property itself is not perceptually present. In these experiments, the participants had to categorise pictures of products which were typically sweet or unsweetened (they were asked if the products were edible or inedible). These pictures were preceded by (Experiment 1) or presented simultaneously with (Experiment 2) either a visual pattern that had been associated with the property of sweetness during an first phase or a visual pattern which was not associated with this property. The results revealed that the presentation of the pattern previously associated with the property of sweetness had a facilitatory effect (Experiment 1) or an interference effect (Experiment 2) on the categorization of the pictures of sweet products. We propose an interpretation in terms of reciprocal influences between memory and perceptual mechanisms that involve the same sensorimotor properties.

Keywords: Memory processes; Perceptual processes; Embodied cognition; Visual categorization

4.1 Introduction

For many years, models focused on describing memory and those designed to explain perceptual mechanisms have evolved independently of one another. Perception and memory have therefore been described in terms of distinct processes that are both dependent on sequential processing (e.g., Fodor, 1983). In this view, our representations are not based on the perceptual experience itself but are considered to be abstract and independent of this experience (amodal). Nevertheless, many studies have demonstrated that knowledge is constructed from the reactivation of memory traces during interaction with the environment, that is to say in parallel with the perceptual processes that make these memory reactivations possible (e.g., Barsalou, 1999, 2003, 2005; Versace et al., 2009).

Within the perspective of embodiment theory, memory is regarded as a single system consisting of episodic and multidimensional traces in which knowledge emerges from the activity of the same neuronal structures as are involved in perceptuo-motor activities (for a review, see, Barsalou, 2008). According to Barsalou's theory of the Perceptual Symbol System (1999, 2008), knowledge emerges from the activity of the same neuronal structures as are involved in perceptuo-motor activities (e.g., Barsalou, 2008). According to Barsalou's theory of the Perceptual Symbol Theory (Barsalou, 1999, 2008), knowledge emerges from the "re-evocation" or "simulation" of past perceptuo-motor experiences (Decety & Grèzes, 2006). To identify the properties associated with an object, individuals therefore simulate its presence by activating all the sensorimotor dimensions relating to the corresponding concept (Gallese & Lakoff, 2005; Pecher, Zeelenberg, & Barsalou, 2004). This results in the reactivation of the same sensorimotor components as those encoded during past experiences involving the object irrespective of the sensory modality in which it was perceived. Several behavioral studies have demonstrated the presence of facilitation or interference effects resulting from the activation of visual properties (Kaschak et al., 2005), auditory properties (Meyer, Baumann, Marchina, & Jancke, 2007), emotional properties (Neal & Chartrand, 2011; Niedenthal, 2007; Vermeulen, Niedenthal, & Luminet, 2007), or motor properties (Edwards, 2003; Glenberg & Kaschak, 2002; Tucker & Ellis, 1998).

A large body of neuroimaging studies has demonstrated the activation of the sensorimotor

areas in a wide range of cognitive activities (e.g., [Jääskeläinen, Ahveninen, Belliveau, Raij, & Sams, 2007](#); [Slotnick, 2004](#); [Weinberger, 2004](#)). For instance, [Gottfried et al. \(2004\)](#) observed that the same areas were activated in both a perceptual task and a memory task. In a first phase, the participants had to imagine the link between an odor and an object. In the test phase, which consisted of an object recognition task (using objects presented without odors), the authors observed the activation of brain areas responsible for the processing of olfactory information in response to the presentation of objects that had previously been associated with an odor in the encoding phase even though the objects were presented without odor during the test phase. The perception of an object seems to activate all the sensory properties that are associated with this object even if they are not perceptually present. In their study, [Wheeler et al. \(2000\)](#) demonstrated that the association between a word and an image or a sound allowed the future activation of visual or auditory cerebral areas according to the sensory modality involved in a recall task while the words were presented alone. Another example was provided by [Simmons et al. \(2005\)](#) who found that certain brain areas involved in gustatory activities were activated during the presentation of pictures of food or food-related words.

Perceptual and memory processing seem to share the same distributed system ([Riou et al., 2011](#); [van Dantzig, Pecher, Zeelenberg, & Barsalou, 2008](#); [Vermeulen, Mermillod, Godefroid, & Corneille, 2009](#)). Every experience requires the activation of multiple brain areas, in particular sensorimotor areas (cf. timelock multiregional retroactivation, [Damasio, 1989](#)). In order to simulate the future experiences, the system has to extract and combine the sensorial components of past experiences (e.g., see the constructive episodic simulation hypothesis, [Schacter, Addis, & Buckner, 2007](#)). In the same way, in order to respond appropriately to the situation, the individual needs to integrate the past components in memory and the present components in the environment of the current situation (e.g., [Versace et al., 2009](#)). Thus, during perception, individuals perceive the components that are perceptually present in the environment and simulate the memory components that are not perceptually present but reactivated. For example, when an individual sees an alarm clock, he perceives the visual properties of this alarm clock (e.g., its form, colour, etc.) and reactivates the absent multimodal properties that are associated with the activated visual properties (e.g., the auditory and motor properties that are associated with an alarm clock).

The main theoretical aim of the present study was to demonstrate the functional equivalence of perceptually present and perceptually absent (and reactivated) components by showing that memory traces contain both the perceptually present components of the experience and the perceptual components that are reactivated during the experiment. Brunel et al. (2010) demonstrated that memory traces contain the perceptual components that are present during an experience, and that the later presentation of one of these components permits the reactivation of the second component in a way that is able to influence performance in a memory task. These authors used a short-term priming paradigm with two distinct phases. The learning phase consisted of learning a systematic association between a geometrical shape and a white noise. The test phase consisted of a short-term priming paradigm in which the prime was a shape which had either been or not been associated with a sound in the first phase. The target was a picture of an object that the participants had to categorise as representing a small or a large object. The objects were chosen in such a way that their principal function was either typically associated with noise (e.g. a blender) or was not associated with noise (e.g. screwdriver). The Stimulus Onset Asynchrony (SOA) between the prime and the target was 100 or 500 ms. The authors observed a facilitatory effect on the noisy targets only after the presentation of the geometrical shape that had previously been associated with a sound in the 500 ms SOA condition. The processing of the "noisy" targets was facilitated by the reactivation of the sound property through the presentation of the associated shape. In contrast, with a 100 ms SOA, the authors observed an interference effect which they interpreted as an overlap between the noise component reactivated by the prime and those activated by the typically noisy target.

In Brunel et al.'s study, the shape – white noise association was created between two dimensions (the visual shape and the white noise) that were both perceptually present. The aim of the present study, in contrast, was to create an association between a perceptually present visual stimulus (a pattern) and a gustatory component that was perceptually absent (sweetness of typically sweet products represented in pictures). If perceptual mechanisms and memory mechanisms overlap, a memory component (that is not perceptually present and therefore has to be reactivated) should influence the processing of a stimulus that shares this memory component in the same way as a perceptually present component would.

In the present study, we tried to demonstrate that the activation of the property of sweetness can facilitate or disrupt the processing of a target picture of a typically sweet product in a short-term priming paradigm. Consequently, we wanted the sensory component of the prime (sweetness) to be perceptually absent in the prime itself but to be reactivated by a visual component. To achieve this in the learning phase of both experiments, we created an arbitrary association between a perceptually present visual stimulus (a pattern) and a perceptually absent gustatory component (sweetness of typically sweet products represented in pictures). The participants were asked to imagine the taste of edible products depicted in pictures which were presented simultaneously with a visual pattern. According to the Perceptual Symbol System theory (Barsalou, 1999, 2003), participants should simulate the gustatory properties of the products when performing this task. Consequently, they should create a pattern – sweetness association between a perceptually present visual stimulus (a pattern) and a gustatory component (sweetness of the typically sweet pictured products) that is not perceptually present. The test phase consisted of a short-term priming paradigm in which the prime was a pattern (either associated or not with the property of sweetness) and the target a picture that the participant had to categorise as representing an edible or inedible product. The edible products could be typically sweet or not typically sweet. The SOA between the prime and the target was modified in such a way that the prime and the target were presented either sequentially or simultaneously. According to Brunel et al. (2010), when the prime and the target are presented in succession, the preactivation of the sweet property by a pattern associated with this property (which was not perceptually present in our study) should facilitate the processing of a picture of a typically sweet product (“sweet target”). In the present study, the Experiment 1 corresponded to a sequential presentation, a facilitative effect was expected for the processing of targets which shared the same property as the prime (i.e., the result of the pre-activation of the sweet property by the prime). On the other hand, the simultaneous presentation of a prime and a target which share the property of sweetness should induce a temporal overlap between the reactivation of the sweet property by the pattern and the activation of this property by the target. Vermeulen et al. (2008) asked participants to memorise one or three items (pictures or sounds) in a low-load condition or a high-load condition, respectively. These participants completed a property verification task in one of two modalities (visual or auditory) and then had to perform a task in which they were required to categorise the stimuli that were to be memorized. The authors found that

their participants took longer to perform the property verification task only in the high-load condition when the same modality was involved. They showed that processing is slower when a sensory modality is overloaded and concluded that the conceptual representation involves the reactivation of sensorimotor properties. They suggested that these effects were due to the overloading of a shared sensory space. If this is the case, then, in our next experiment (Experiment 2), the overlap between the activations of the same property by the target and the prime should have disrupted processing by slowing down the categorisation of the sweet pictures.

In both cases (sequential and simultaneous presentations), since the pictures of products that do not activate the sweet property did share any properties (“unsweetened targets”), the processing of these pictures should not have been influenced by the pre-activation or the simultaneous presentation of the prime.

4.2 Experiment 1: Sequential presentation (500 ms SOA)

4.2.1 Method

Stimuli and material

In the learning phase, two types of visual stimulus were used, namely patterns and pictures of edible products. The patterns were grouped into two categories (a first category composed of continuous elements and a second category composed of discontinuous elements). Each category consisted of four different exemplars (see Figure 4.1). The size of the pattern was fixed at 800 pixels in width by 600 pixels in height, with a resolution of 72 pixels per inch. One of 16 coloured pictures of edible products was presented in the centre of each pattern. The pictures were divided into two groups, namely eight pictures of edible products which are typically associated with the property of sweetness (e.g., candy floss, crystallised fruits, ice cream, strawberry jam, etc.) and eight pictures of edible products not typically associated with sugar (e.g., hamburger, peanut, hotdog, ham, etc.). The items in each group were

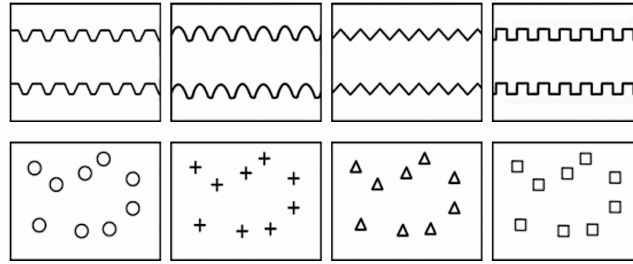


Figure 4.1: The four exemplars of each category of patterns (the first category with continuous elements and the second category with discontinuous elements which respectively correspond to categories 1 and B for the half of the participants and categories B and A for the other half of the participants).

chosen to correspond to equivalent levels of pleasure (according to a questionnaire completed by 12 volunteers).

The four exemplars of each category of patterns were systematically presented with four of the eight pictures of sweet or unsweetened edible products. For half of the participants, the patterns in category A were associated with pictures of sweet products and the patterns in category B were associated with pictures of unsweetened products, while the opposite organisation was adopted for the other half of the participants.

In the test phase, 16 other pictures of edible products were selected (eight pictures of typically sweet products and eight pictures of unsweetened products). Sixteen coloured pictures of inedible products were added for the categorisation task (edible-inedible categorisation). Since the inedible products did not necessarily activate a gustatory property, the 16 pictures of inedible products were only used as distractors. All the pictures in the test phase were presented alone and had the same format (250×250 pixels with a resolution of 72×72 dots per inch).

The sixteen pictures of edible products (eight sweet products and eight unsweetened products) that were presented to half of the participants in the learning phase were presented to the other half of the participants in the test phase and vice versa. The experiment was conducted on a Macintosh IMac. PsyScope software X B57 (Cohen, MacWhinney, Flatt, & Provost, 1993) was used to set up and manage the experiment.

Procedure and design

Each participant was tested individually during a session that lasted approximately 15 minutes. The experiment consisted of two phases.

In the *learning phase* (first phase), the combination of two tasks was designed to permit (block 1) and strengthen (block 2) the creation of a non-explicit association between a category of patterns and the property of sweetness by systematically presenting one of the two pattern categories together with pictures of sweet products. In the first block of 32 trials, the participants had to say if they could easily imagine the taste of the products represented in the pictures. They indicated their responses on a subjective scale of one to four where "one" corresponded to "hard to imagine" and "four" to "easy to imagine". They then had to categorise the patterns (as category A or category B). In order to strengthen the association, a second block of 16 trials was added during which the participants simply had to categorise the patterns presented alone. Immediately after the participants had given their answer, a picture of a sweet or unsweetened product appeared in the center of the screen. The eight exemplars of the patterns were presented twice.

The participants indicated their responses using the appropriate key on a button response box which had six buttons on the top and one button on either side. They used the four central buttons to indicate if they could easily imagine the taste of the object (from "hard to imagine" for the first button on the left to "easy to imagine" for the last button on the right) and the two side buttons to indicate the pattern category (A or B).

The *test phase* (second phase) consisted of a short-term priming paradigm. After a fixation point had been presented for 500 ms, an exemplar of the patterns previously associated with the sweet property ("sweet prime") or not associated with this property ("unsweetened prime") was presented for 500 ms. The prime was immediately followed by a target picture (Inter Stimulus Interval = 0 ms) that could represent an edible (sweet or unsweetened) or an inedible product. The target was displayed until the participant responded. The eight sweet products and the eight unsweetened products were presented twice after each pattern exemplar and the sixteen inedible products were also presented twice after each pattern ex-

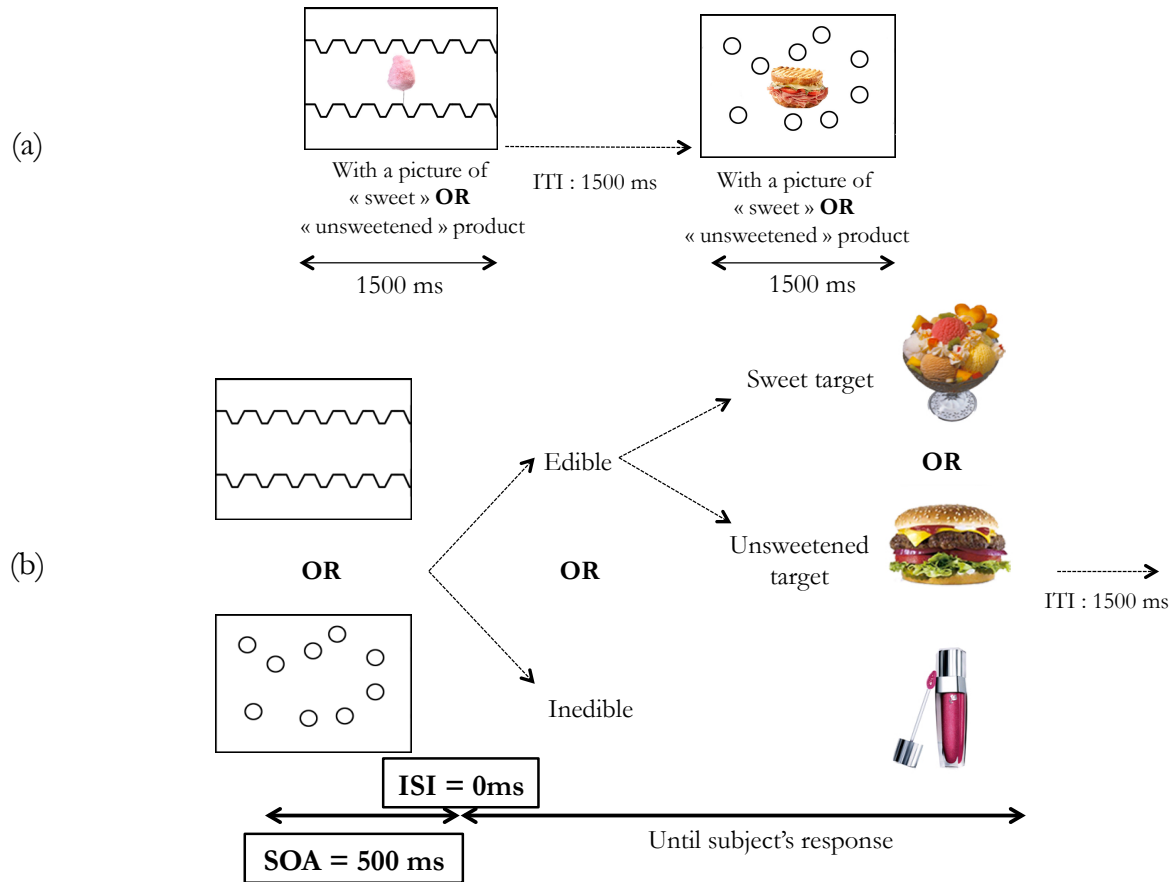


Figure 4.2: Illustration of the experimental protocol in (a) the learning phase (common to both experiments) and (b) the test phase for Experiment 1. ITI = Inter Trial Interval; ISI = Inter Stimulus Interval.

emphar over a total of 64 trials. The participants had to judge as quickly and accurately as possible whether the target represented an edible or an inedible product. They indicated their choice by pressing the appropriate buttons on the sides of the button response box. Half of the participants used their right hand for “edible” responses and their left hand for “inedible” responses, while the button assignment was counterbalanced for the other half of the participants. The response keys in the learning phase and the test phase were also counterbalanced. The inter-trial interval was 1500 ms (see Figure 4.2).

4.2.2 Results

Learning phase

The overall correct response rate of 93% for the pattern category indicates that the participants performed the task accurately.

Test phase

The mean correct response latencies and the mean percentages of correct responses were calculated across participants for each experimental condition. Latencies that differed by more than three standard deviations from the individual means (less than 2% of the data). Separate analyses of variance were performed on the latencies and percentages of correct responses, with subjects as random variables and prime type (pattern associated or not associated with the sweet property in the learning phase) and target type (sweet or unsweetened) as within-subjects factors. The data analyses were performed using STATISTICA (version 8.0, StatSoft, Inc.).

The first intriguing result of this experiment is the observation that sweet targets ($M = 5983$ ms, $SE = 14.43$ ms) were categorised less rapidly than unsweetened targets ($M = 573$ ms, $SE = 11.52$ ms), $F(1, 31) = 14.08$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .31$. This result is consistent with the results of an additional experiment in which 10 other participants had to categorise the same pictures as “edible” or “inedible” products in the absence of a prime and which revealed that “sweet” stimuli ($M = 605$ ms, $SE = 18.48$ ms) were categorised slower than the “inedible” stimuli ($M = 573$ ms, $SE = 15.09$ ms) than the “unsweetened” stimuli ($M = 554$ ms, $SE = 12.86$ ms), $F(1, 9) = 8.72$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .62$. It is possible that our pictures of sweet products were more difficult to categorise.

More interestingly, the analyses revealed a significant interaction between Prime type and Target type, $F(1, 31) = 5.04$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .14$. This interaction is depicted in Figure 4.3. As expected, the responses to the sweet targets were significantly faster after the presentation of

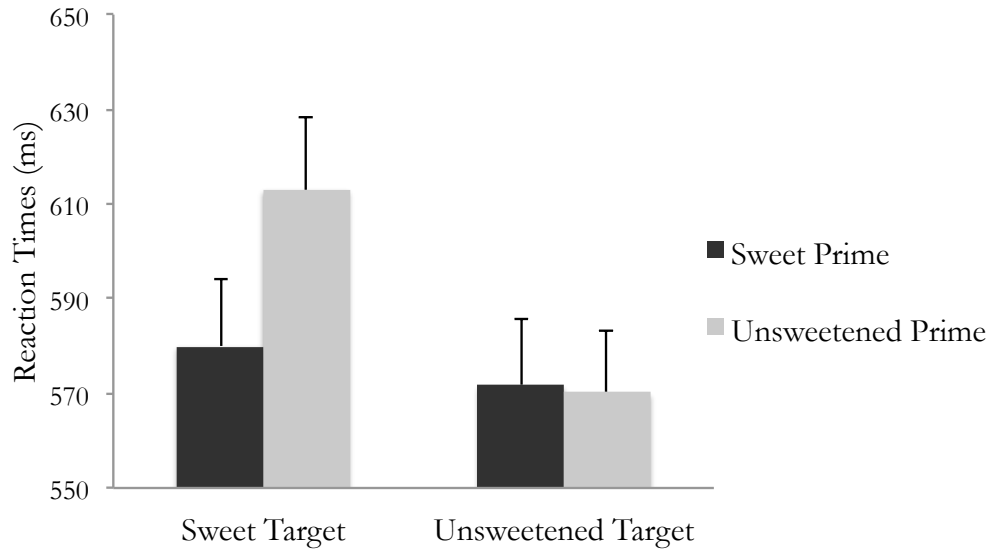
a prime that had been associated with the “sweet” property during the learning phase (sweet prime, $M = 580$ ms, $SE = 14.32$ ms) than after a prime that had not been associated with this property during the learning phase (unsweetened prime, $M = 613$ ms, $SE = 15.54$ ms), $F(1, 31) = 10.68$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .26$ (see Table 4.1). At the same time, no significant effect of prime type was observed for the unsweetened targets [$F(1, 31) < 1$].

Separate analyses of variance performed on the correct response latencies for the inedible pictures revealed no significant main effect. There was no significant difference between the categorisation of the inedible pictures after a sweet prime ($M = 596$ ms, $SE = 12.11$ ms) or an unsweetened prime ($M = 590$ ms, $SE = 12.85$ ms), $F(1, 31) < 1$.

The analyses performed on the correct responses revealed neither a significant main effect nor any interaction. These results might be due to ceiling effects since the overall correct response rate was 97%.

The results showed that, in the learning phase, the participants created an association between the property of sweetness and the pattern. In the test phase, sweet targets were categorised faster after the presentation of the sweet prime (the pattern that was associated with sweetness in the learning phase) than after the presentation of the unsweetened prime. Based in the results of the additional experiment (without a prime), the sweet targets were categorized slower than the unsweetened targets [$F(1, 9) = 14.55$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .92$] and the inedible targets [$F(1, 9) = 6,73$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .42$], we can observe that no statistical difference was observed between the unsweetened targets and the inedible targets [$F(1, 9) < 1$]. Consequently, in the present experiment, we interpreted the difference between the sweet targets as a facilitative effect in favor of the sweet prime compared to the unsweetened prime on the sweet targets. The presentation of the pattern associated with “sweetness” (in the learning phase) seemed to facilitate the processing of a typically sweet visual stimulus.

This facilitatory effect suggests that the pre-activation of the sweet property by the prime influenced the processing of the same property that was activated by the targets. If the prime and the target reactivate the same property, their simultaneous presentation should induce a temporal overlap in the reactivation of the sweet property. We should observe a reversal of polarity as a function of SOA, and an interference effect should be induced by



Experiment 1
500ms SOA

Figure 4.3: Mean reaction time, in the successive presentation (500 ms SOA), as function of the prime ("sweet" or "unsweetened") and for each pattern type (associated with "sweet" property or not associated with "sweet" property).

the simultaneous presentation of a prime and a target that share the property of sweetness. The overlap between the activations would result in the sweet target being categorised more slowly when accompanied by the sweet prime than the unsweetened prime. This prediction was tested in Experiment 2.

Table 4.1: Means and standard deviations for reaction times and correct responses (Experiment 1).

| Experiment 1 | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Sequential presentation (500ms SOA) | | | | |
| | Response Time (ms) | | Correct Response Rate (%) | |
| | Sweet Prime | Unsweetened Prime | Sweet Prime | Unsweetened Prime |
| Sweet Target | 580 (14,32) | 613 (15,54) | 96 (1,00) | 97 (1,67) |
| Unsweetened Target | 572 (13,98) | 570 (12,81) | 99 (1,88) | 98 (0,78) |

4.3 Experiment 2: Simultaneous presentation (0 ms SOA)

4.3.1 Method and procedure

Participants

Thirty-two students from University of Lyon 2 took part in the experiment after filling in a questionnaire about their eating habits. They had normal or corrected-to-normal vision and presented no eating disorders. None of these students had taken part in Experiment 1.

Stimuli, material, procedure and design

In the learning phase, we used the same material as in Experiment 1. In the test phase, the pictures were presented in the center of the patterns. The general experimental design, the task and the response mode was the same as in Experiment 1. The only difference lay in the duration of the SOA which was 0 ms, i.e. the pattern and the picture were presented simultaneously.

4.3.2 Results and discussion

The same cut-off as in Experiment 1 (3 standard deviation from the individual means) was used in this experiment and the same analyses were performed.

Learning phase

The overall correct response rate of 96% for the pattern category indicates that the participants performed the task accurately.

Test phase

Latencies that differed by more than 3 standard deviations from the individual means (less than 3% of the data).

The analyses of latencies revealed a main effect of Target type, $F(1, 31) = 32.29$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .51$. The sweet targets ($M = 621$ ms, $SE = 9.71$ ms) were categorized less rapidly than the unsweetened targets ($M = 591$ ms, $SE = 9.73$ ms). The analyses of latencies also indicated a main effect of Prime type, the participants categorized the targets less rapidly after a sweet prime ($M = 612$ ms, $SE = 9.59$ ms) than after an unsweetened prime ($M = 600$ ms, $SE = 9.61$ ms), $F(1, 31) = 8.3$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .21$.

The analyses also revealed a significant interaction between Prime type and Target type, $F(1, 31) = 7.21$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .19$ (see Figure 4.4). Planned comparison showed that the sweet target was categorized more slowly when it was presented simultaneously with a sweet prime (636 ms) than with an unsweetened prime (607 ms), $F(1, 31) = 20.15$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .39$ (see Table 4.2). As expected, there was no significant effect of prime type for the unsweetened targets [$F(1,31 < 1)$].

Table 4.2: Means and standard deviations for reaction times and correct responses (Experiment 2).

| Experiment 2 | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Simultaneous presentation (0ms SOA) | | | | |
| | Response Time (ms) | | Correct Response Rate (%) | |
| | Sweet Prime | Unsweetened Prime | Sweet Prime | Unsweetened Prime |
| Sweet Target | 636 (10,95) | 607 (9,51) | 95 (1,34) | 93 (1,74) |
| Unsweetened Target | 589 (9,96) | 593 (11,28) | 94 (1,57) | 97 (1,24) |

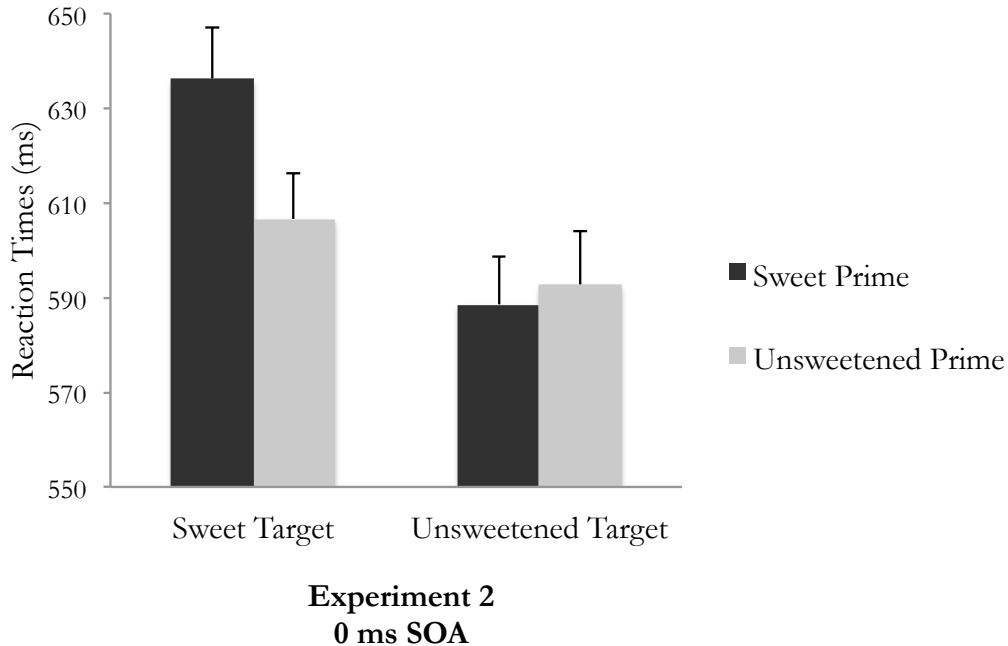


Figure 4.4: Mean reaction time, in the simultaneous presentation (0ms SOA), as a function of the picture ("sweet" or "unsweetened") and for each pattern type (associated with "sweet" property or not associated with "sweet" property).

The analysis performed on the responses for the inedible pictures did not reveal any significant main effect. Neither the sweet prime ($M = 599$ ms, $SE = 10.56$ ms) nor the unsweetened prime ($M = 600$ ms, $SE = 11.38$ ms) had an effect on the categorization of the inedible pictures [$F(1, 31) < 1$]. The analyses performed on the correct responses revealed neither a significant main effect nor any interaction. These results might be due to ceiling effects since the overall correct response rate was 95%.

The facilitatory effect in the case of the 500 ms SOA and the interference effect in the case of the 0 ms SOA should predict an interaction between Prime type, Target type and SOA. Further analyses of variance were therefore performed on the latencies of the two experiments, with subjects as random variables, Prime type (pattern associated or not associated with the sweet property in the learning phase) and Target type (sweet or unsweetened) as within-subjects factors, and SOA (sequential or simultaneous presentation of the prime and the target) as the between-subjects factor.

No significant effect of Prime type was observed for the unsweetened targets [$F(1, 31) < 1$].

Furthermore, no significant effect of SOA was observed, $F(1, 62) < 1$.

The analyses of latencies revealed a main effect of Target type, $F(1, 62) = 31.38$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .33$. The sweet targets ($M = 608$ ms, $SE = 9.16$ ms) were categorised less rapidly than the unsweetened targets ($M = 582$ ms, $SE = 8.78$ ms).

As expected, the analysis of latencies revealed a significant interaction between Prime type, Target type and SOA, $F(1, 62) = 11.39$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .16$. The lack of group effect means that we are able to compare the two experiments [$F(1, 62) < 1$]. This comparison shows that with a 500 ms SOA, the preactivation of the sweet property by the pattern facilitated the processing of a sweet target. Conversely, with a 0 ms SOA, the observed interference effect indicated an overlap between the dimensions involved in processing.

4.4 General discussion

The aim of the present study was to demonstrate the functional equivalence of perceptually present and perceptually absent components and to provide arguments in support of the simultaneity of perceptual and memory processing. More specifically, we investigated whether a sensory property that is reactivated can have an influence (a facilitatory effect or an interference effect) on the categorisation of a picture representing an object typically associated with this sensory property in the same way as when the same sensory property is perceptually present. In other words, we wanted to demonstrate that equivalent effects could be obtained (facilitatory effect or interference effects) by replacing a perceptually present property (cf. Brunel et al., 2009; Vermeulen et al., 2008) by a property reactivated in memory. The participants had to categorise pictures of edible or inedible products that were preceded by (Experiment 1) or presented simultaneously with (Experiment 2) a pattern that had previously either been or not been associated with the property of sweetness.

The results of the sequential presentation confirmed our first hypothesis by showing that sweet targets were categorised faster after the presentation of the sweet prime (the pattern that was associated with sweetness in the learning phase) than after the presentation of the

unsweetened prime. This result demonstrates that: (1) the learning phase permitted the construction of an arbitrary association between a meaningless stimulus (a pattern) and the sweet property of a visual stimulus; and (2) the presentation of a pattern associated with “sweetness” is able to facilitate the processing of a typically sweet visual stimulus.

The second hypothesis was also corroborated since the simultaneous presentation of a prime and a target that were both associated with the sweet property slowed down the categorisation of these targets. This second result should be interpreted as indicating an overlap between the properties of sweetness that are reactivated simultaneously by the prime and the target in memory.

No difference in the categorisation of the unsweetened targets or the inedible pictures in either experiment irrespective of the prime was observed. This result is consistent with a perceptual interpretation. The “unsweetened” products did not share a unique common property with the result that no association with a pattern was possible. Indeed, “unsweetened” is not a sensory property since the pictures of unsweetened products did not activate a common property (as the sweet products did). The unsweetened products reactivated sensory properties which are too different to allow the integration of a single property within a memory trace. This condition corresponds to the absence of a shared sensory property. If we were to choose typically salted products (or products corresponding to any other sensory property), we can hypothesise that a facilitatory effect or an interference effect should be obtained on salted targets (or targets sharing any other sensory property). During the processing of an item, a disembodied explanation would involve the semantic activation of a category followed by the activation of the sensory components associated with this category. If “unsweetened” could be a semantic category, we would predict facilitatory and interference effects on both sweet and unsweetened targets. Nevertheless, this study raised the question of the heterogeneity of unsweetened targets compared to the homogeneity of the sweet targets.

[Mahon and Caramazza \(2008\)](#) have suggested that effects that depend on the activation of sensory dimensions (such as [Zwaan et al., 2002](#)) are probably due to a decision mechanism that uses all the available information including sensorimotor dimensions. They explained that these results could be interpreted as an activation of the sensory and motor systems

in the semantic analyses of the item (“the observed motor activation is due to information spreading throughout the system”, p. 63). However, even if, for the purposes of the present study, we have accepted this hypothesis, it cannot easily account for the interference effects observed during the simultaneous presentation. The interference effect observed in Experiment 2 is difficult to interpret in terms of top-down semantic activations between memory and perceptual processes. If the memory components were amodal and abstracted from their perceptual encoding, it is unlikely that we would have observed an interference effect in Experiment 2. However, an alternative semantic explanation is available. The activation of the concept “sweet” by the prime would have facilitated the categorisation of the sweet targets (semantic congruence). This alternative explanation could be subjected to further empirical investigation. For instance, if the memory components in memory are sensorial, we can make the assumption that a perceptually present component should facilitate or interfere the processing of visual targets that share this component in memory.

According to [Barsalou \(2008\)](#), knowledge is assumed to be based on sensorimotor dimensions. When individuals experience something, they perceive all the perceptually present components of the experience and reactivate all the memory components that are associated with these perceptually present components but which are not actually available for perception at the time of the experience. A sensorimotor simulation is necessary in order to access conceptual knowledge ([Vermeulen et al., 2008](#)) demonstrated that the processing of a perceptual stimulus is slower when a sensory modality is overloaded. Although the results of the present study also provide arguments in support of the sensorimotor nature of memory components, our study differed from that of [Vermeulen et al. \(2008\)](#) in that we used a non-explicit task, which involved a dimension (edible-inedible categorisation) that was different from the dimension on which the participants’ knowledge was tested (property of sweetness). This suggests that a property common to all the products was extracted. Indeed, the observed results confirm the establishment, during the learning phase, of an association between a pattern (which was perceptually present) and the property of sweetness which was not perceptually present but was reactivated. The reactivation of this property by the pattern in the test phase demonstrated that these dimensions were integrated during the learning phase. This finding provides evidence in support of the idea that perceptually present components and reactivated components are similar. If a perceptually present com-

ponent can be integrated with a perceptually absent component within a single trace, then it would appear that memory processes and perceptual processes use the same code. We made the assumption that memory and perception share common properties. The difference between perception and memory is that, in the former, properties are perceptually present, whereas, in the latter, they are absent but reactivated. In both cases, the same sensorial properties are involved.

References

- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *The Behavioral and brain sciences*, *22*, 577–660.
- Barsalou, L. W. (2003). Abstraction in perceptual symbol systems. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, *358*, 1177–87.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual review of psychology*, *59*, 617–45.
- Barsalou, L. W., Pecher, D., Zeelenberg, R., Simmons, W. K., & Hamann, S. B. (2005). Multi-modal simulation in conceptual processing. In B. L. A. M. . P. W. W. Ahn R. Goldstone (Ed.), *Categorization inside and outside the lab: Festschrift in honor of douglas l. medin* (Vol. 30322, p. 249-270). Washington, DC: American Psychological Association.
- Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009). The sensory nature of episodic memory: sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, *35*, 1081–1088.
- Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge: Sensory priming effects in semantic categorization. *Quarterly journal of experimental psychology*, *63*, 955–964.
- Cohen, J., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *25*, 257-271.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, *33*, 25–62.
- Decety, J., & Grèzes, J. (2006). The power of simulation: imagining one's own and other's behavior. *Brain research*, *1079*, 4–14.
- Edwards, M. (2003). Motor facilitation following action observation: A behavioural study in prehensile action. *Brain and Cognition*, *53*, 495–502.
- Fodor, J. (1983). *The Modularity of Mind*. MIT Press, *94*, 101.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The Brain's concepts: the role of the Sensory-motor system

- in conceptual knowledge. *Cognitive neuropsychology*, *22*, 455–79.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic bulletin & review*, *9*, 558–65.
- Gottfried, J. a., Smith, A. P. R., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2004). Remembrance of odors past: human olfactory cortex in cross-modal recognition memory. *Neuron*, *42*, 687–95.
- Jääskeläinen, I. P., Ahveninen, J., Belliveau, J. W., Raij, T., & Sams, M. (2007). Short-term plasticity in auditory cognition. *Trends in neurosciences*, *30*, 653–61.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M. E., Blanchard, A., et al. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, *94*, B79–889.
- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of physiology, Paris*, *102*, 59–70.
- 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*, 14.
- Neal, D. T., & Chartrand, T. L. (2011). Embodied emotion perception: Amplifying and dampening facial feedback modulates emotion perception accuracy. *Social Psychological and Personality Science*, *2*, 673–678.
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, *316*, 1002–5.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2004). Sensorimotor simulations underlie conceptual representations: modality-specific effects of prior activation. *Psychonomic bulletin & review*, *11*, 164–7.
- Riou, B., Lesourd, M., Brunel, L., & Versace, R. (2011). Visual memory and visual perception: when memory improves visual search. *Memory & Cognition*, *39*, 1094–1102.
- Schacter, D. L., Addis, D. R., & Buckner, R. L. (2007). Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nature reviews. Neuroscience*, *8*, 657–61.
- Simmons, W. K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2005). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex*, *15*, 1602.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, *3*, 207–221.
- Tucker, M., & Ellis, R. R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, *24*, 830–46.
- van Dantzig, S., Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2008). Perceptual processing affects conceptual processing. *Cognitive Science*, *32*, 579–590.

- Vermeulen, N., Corneille, O., & Niedenthal, P. M. (2008). Sensory load incurs conceptual processing costs. *Cognition*, *109*, 287–94.
- Vermeulen, N., Mermillod, M., Godefroid, J., & Corneille, O. (2009). Unintended embodiment of concepts into percepts: sensory activation boosts attention for same-modality concepts in the attentional blink paradigm. *Cognition*, *112*, 467–72.
- Vermeulen, N., Niedenthal, P. M., & Luminet, O. (2007). Switching between sensory and affective systems incurs processing costs. *Cognitive science*, *31*, 183–92.
- Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*, 522–560.
- Weinberger, N. M. (2004). Specific long-term memory traces in primary auditory cortex. *Nature reviews. Neuroscience*, *5*, 279–290.
- Wheeler, M. E., Peterson, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo: Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*, 11125–11129.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. Dans cette étude, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle une propriété réactivée en mémoire devrait influencer le traitement d'un stimulus qui partage cette propriété. En se basant sur les travaux de (Brunel et al., 2010) qui ont démontré que la répétition d'une association entre deux propriétés sensorielles (dans leur étude, une propriété visuelle et une propriété sonore) permet la création d'une trace épisodique et multimodale, nous avons utilisé un paradigme d'amorçage à court-terme mettant en jeu les modalités visuelle (pattern visuel) et gustative (propriété sucrée).

Méthode. Dans une première phase, une première catégorie de patterns (constituée de quatre exemplaires différents) a été associée à la propriété sucrée en présentant systématiquement les exemplaires avec des images de produits typiquement sucrés ; la seconde catégorie de patterns était présentée avec des produits non sucrés (i.e. qui ne partagent pas de propriétés communes). Dans une seconde phase, les patterns étaient présentés seuls, juste avant une image cible (i.e. présentation séquentielle, Expérience 1) ou en même temps qu'une image cible présentée en son centre (i.e. présentation simultanée, Expérience 2). Les images cibles représentaient soit des produits typiquement sucrés (e.g., glace, bonbon, confiture de fraise ...), soit des produits non sucrés (e.g., hamburger, jambon...). Afin que les participants puissent effectuer une tâche de catégorisation ne portant pas directement sur la propriété sucrée, des images de produits non comestibles (e.g., rouge à lèvres, dentifrice...) ont été ajoutées afin de permettre une catégorisation sur la comestibilité des produits présentés.

Résultats. Dans le cas d'une présentation séquentielle, les résultats de l'Expérience 1 montrent un effet facilitateur de la réactivation de la propriété sucrée par le pattern associé sur le traitement d'une cible partageant cette propriété. A l'inverse, dans le cas d'une présentation simultanée, les résultats de l'Expérience 2 montrent un effet perturbateur de la présentation du pattern associé à la propriété sucrée sur le traitement d'une cible partageant cette propriété. Dans les deux expériences, aucun effet n'a été observé sur les images représentant des produits non sucrés.

Conclusion. Cette première étude réplique les patterns de résultats observés auparavant dans la littérature avec une facilitation lors de la séquentialité des activations et une perturbation lors de la simultanéité des activations de la propriété en jeu dans les traitements. Elle apporte également des arguments en faveur d'une nature sensorielle des connaissances en mémoire au regard de l'association possible entre un pattern visuel et la propriété sucrée extraite à partir de l'image d'un produit typiquement sucré.

Perspectives. Si les connaissances en mémoire sont directement issues de l'activité perceptive et donc sensorielle, une propriété présente devrait influencer des traitements en mémoire. Cette hypothèse sera testée dans le chapitre suivant.

.....

Chapitre 5

Shared access for perception and memory

.....

**Perceptual Processing Affects the Reactivation of Sensory Dimension during
Categorization Task**

Benoit Riou¹, Amandine E. Rey¹, Guillaume Vallet¹, Caroline Cuny² & Rémy Versace¹

¹ EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

² DFR Marketing, Grenoble Ecole de Management (France)

.....

Article en révision dans *Quarterly Journal of Experimental Psychology*
L'ensemble du matériel utilisé dans cette étude est présenté en Annexe **A**.

Abstract

According to the grounded theories of cognition, knowledge is grounded in its sensory-motor features. Therefore, perceptual and conceptual processing should be based on the same distributed system, with the result that conceptual and perceptual processes should interact. The present study assesses whether gustatory stimulation (participants tasted a sweet or a non-sweet yoghurt) could influence performance on a categorization task that involves the reactivation of the same sensory dimension. The results indicate that participants were slower (Exp. 1) or faster (Exp. 2), respectively, at categorizing pictures as representing edible sweet stimuli when they either simultaneously or had previously tasted a sweet yoghurt as compared to a non-sweet yoghurt. These results confirm the significant overlap between perceptual and memory mechanisms, and suggest the functional equivalence between perceptually present and perceptually absent (memory reactivated) dimensions.

Keywords: Memory; Perception; Gustatory simulation; Grounded cognition

5.1 Introduction

Theories of grounded cognition assume that knowledge is grounded in its sensory-motor properties (Barsalou, 2008). This implies that perceptual and conceptual processes share the same sensory properties. The existence of shared sensory properties in turn suggests that perceptual and conceptual processes interact through facilitation and interference effects. These effects are generally explained in terms of the time course of access to these sensory properties, with facilitation effects being proposed in sequential paradigms and interference effects in concurrent paradigms. Recently, Connell and Lynott (2012, 2013) challenged this explanation by presenting an attentional resources account. The present study explores these explanations in the light of a task which is not directly related to the perceptual stimulation.

An increasing number of studies have demonstrated that conceptual representations (i.e. knowledge) are sensory-dependent (e.g. Glenberg, 1997; Martin & Chao, 2001; Weinberger, 2004). For instance, Barsalou (1999) has extensively studied the perceptual nature of concepts and developed the idea of concept simulators. According to this theory, being confronted with an object triggers the activation of feature detectors in the corresponding sensory areas and this creates a sensory representation of the object. At the same time, neurons in associative areas (see convergence areas, Damasio, 1989) register the links between these sensory representations. Different exemplars of the same category of objects (the same concept) are thought to activate similar sensory patterns and thus involve very similar populations of neurons. This neuronal reinforcement leads to the construction of modality-specific representations (perceptual symbols) and multimodal representations of the concept which involve modality-specific and associative areas. The simulations are re-enactments of the perceptuo-motor dimensions that occur when people actually experience them. The simulation would therefore occur in the same brain areas as those involved during perception (Slotnick, 2004). In other words, perceptual and conceptual processes relate to the same sensory dimensions. The sound of a lion should automatically activate the associated image, i.e. the image of a lion (Versace et al., 2009; Vallet, Riou, Versace, & Simard, 2011). The next question then is to know what happens when perceptual and conceptual processes involve the same properties.

It is thought that the consequences of access to sensory properties by the perceptual and

conceptual processes depend on the time course of this access. On the one hand, a facilitation effect seems to occur when the perceptual and conceptual processes occur in succession. [van Dantzig et al. \(2008\)](#) asked participants to decide whether a perceptual stimulus (presented in three modalities: hearing, touch and vision) appeared on the right or the left side of the screen. Immediately after this, they performed a property verification task (LEAVES - rustling). Reaction times in the property verification task were faster when the perceptual stimulus and the property verification task referred to the same rather than to different modalities. On the other hand, an interference effect has been observed in concurrent paradigms. For instance, the study conducted by [Vermeulen et al. \(2013\)](#) revealed an interference effect in a property verification task. When the channel used to present the CONCEPT-property pair and the type of property shared the same sensory modality (e.g., LEMON-yellow on screen; BLENDER-loud through headphones), the performance on the property verification task was worse than when the channels used to present the CONCEPT-property pair and the type of property mobilized different modalities (e.g., LEMON-yellow through headphones; BLENDER-loud on screen) (see also [Kaschak et al., 2005](#)).

However, the time course hypothesis may not account for the patterns of results in all situations. Indeed, a facilitation effect could also be observed when perceptual and conceptual processes occur at the same time [Connell and Lynott \(2013\)](#). Performance on a task that directs attention toward vision (lexical decision) has been found to be better for words strongly related to vision, whereas performance on a task directing attention toward audition (reading-aloud) was better for words strongly related to audition (see also, [Connell & Lynott, 2012](#)). An interference effect has also been found using a sequential paradigm. [Vermeulen et al. \(2008\)](#) revealed an interference effect in a high-load condition (HLC) in which three items (all of which could be visual or auditory) were presented before a property verification task (visual or auditory). After the participants had performed the property verification task, the same three or another three items were presented. In this phase, the participants had to decide whether the three items were the same or different. The results revealed longer reaction times (RTs) for both the property verification and recognition tasks when both the memory load and the property verification task involved the same modality rather than different ones (see also, [Vermeulen et al., 2013](#)).

Given that facilitation and interference effects have been observed using both sequential and concurrent paradigms, these effects cannot be due to either the sequentiality or the simultaneity of the perceptual stimulation and the simulation of the sensory-memory dimension. [Connell and Lynott \(2012\)](#) have proposed an attention modulation hypothesis in which interference results from a perceptual stimulation that monopolizes attentional resources and does not leave enough free resources for the simulation of the sensory-memory dimension. Conversely, facilitation is explained in terms of a perceptual stimulation that directs attention to the sensory-memory dimension and leaves sufficient resources for its simulation.

A potential confound should be mentioned in connection with the above studies: either the sensory channel was the same for the perceptual and conceptual processes or the memory simulation was explicitly related to the perceptual stimulation. The aim of the present study was therefore to test the time course hypothesis when (1) different channels were used for the perceptual stimulation and the memory task and (2) the memory task demand did not directly address the presented perceptual dimension. In this case, the role played by attentional resources should be reduced because 1) the perceptual stimulation and the task are based on two different kinds of sensory properties, and 2) different channels are used for the presentation of the perceptual stimulation and the task. Interference and facilitation effects should be observed in response to the concurrent and sequential paradigms, respectively.

For the perceptual stimulation, we used the gustatory modality which has seldom been studied ([Simmons et al., 2005](#)). Participants had to taste a sweet or a non-sweet yoghurt. The conceptual task was to categorize a picture (visual) as representing either edible or non-edible stimuli (not directly related to the perceptual stimulation, i.e., sweet). Half of the edible stimuli were sweet and the other half were non-sweet. When participants had to categorize a picture as representing an edible stimulus, they tasted a sweet or non-sweet yoghurt. Given that the attentional perceptual load (sweet or non-sweet) was not directly related to the edibility response in the categorization task, we hypothesized that attention modulation should be reduced. Thus, the sweet yoghurt should interfere with the categorization of edible stimuli which represent a sweet food when the perceptual stimulation of sweetness occurs at the same time as the visual categorization task (Experiment 1). By contrast, the sweet yoghurt should facilitate the categorization of edible stimuli representing a sweet food when

the perceptual stimulation of sweetness and the visual categorization task are sequential (Experiment 2). In both experiments, the perceptual load induced by the perceptual stimulation remained the same.

5.2 Experiment 1

5.2.1 Method

Participants

Twenty-four participants were recruited. All of them were students at the University Lumière Lyon 2, and had normal or corrected-to-normal vision ($M = 23.75$, $SD = 5.77$).

Stimuli

Primes. For priming, we used yoghurts with two different kinds of sugar concentration – one with a sugar concentration of 80 g per kg and one sugar-free yoghurt. This enabled us to define two conditions: sweet priming and non-sweet priming. Plain yoghurt was used because 1) the level of sweetness can be easily changed, 2) its sensory modality (taste) was different from the sensory modality used for the task (visual) and 3) no picture of yoghurt was presented as a target. During the experiment, the yoghurts were stored in a cooler to keep them at a constant temperature (the temperature was about 8° Celsius). The participant tasted a teaspoon of yoghurt - sweet and non-sweet, alternately - between each trial. Therefore each participant tasted the two types of yoghurts (sweet and non-sweet). The first yoghurt tasted (sweet or non-sweet) was counterbalanced across participants. After the end of each trial, the subjects drank some water to rinse their mouths.

Targets. Twelve pictures of edible objects were used. Six pictures represented sweet food (candyfloss, ice cream, blackberry, pie, macaroon, waffle) and six pictures represented

non-sweet food (kebab, chips, hot dog, sausage, sauerkraut, hamburger). Twelve pictures of inedible objects were also used. To avoid an excessive disparity between edible and inedible stimuli, the twelve inedible stimuli were chosen so that they could still be eaten, i.e., their texture was such that the objects could be consumed (correction fluid, sunblock, glue, chalks, face cream, shampoo, toothpaste, gum eraser, lipstick, pastel, gloss, plasticine, tube of paint, red lipstick, soap, nail polish). Six clusters of four pictures were created. Each cluster comprised one picture of a sweet food, one picture of a non-sweet food and two pictures of inedible objects. Since the level of oral stimulation could change over time (and the intensity of the sweet taste could decrease with time), the clusters were created randomly to prevent the first picture (subject to more intense oral stimulation) from always being the same. The first or the fourth picture of any given cluster could be edible (sweet or non-sweet) or inedible. For any given participant, a target cluster was presented with a sweet prime and a non-sweet prime. The inedible objects were only used for the task and were not included in the analyses.

Forty-eight trials were created: twenty-four trials for inedible objects – twelve with a sweet prime and twelve with a non-sweet prime; twenty-four trials in which the pictures represented edible food – six trials when the prime was sweet and the target was a picture of a sweet edible food, six trials when the prime was sweet and the target was a picture of a non-sweet edible food, six trials when the prime was non-sweet and the target was a picture of a sweet edible food and six trials when the prime was non-sweet and the target was a picture of a non-sweet edible food.

5.2.2 Procedure and Design

The participants signed an informed consent form before the experimental session started. Each participant was tested individually in a session that lasted approximately twenty-five minutes. The instructions were presented on the screen and then spoken aloud to ensure that the participants had understood them correctly.

The participants' task was to categorize the picture displayed on the screen as an edible or an inedible object. The experiment began with six picture trials. The participants did

not taste the yoghurts during the training phase. The six training pictures were not used during the experiment. The participants then tasted the two types of yoghurt (sweet and non-sweet) alternately and, while tasting them, they had to respond to a cluster of four pictures presented in sequence. To run a trial, participants had to press the space-bar on the keyboard and swallow the yoghurt. A fixation point was then immediately displayed and the first picture was displayed 500 ms after the fixation point. Consequently, the sweet taste was present while the participants performed the task. Each picture remained on the display until the subject responded. The participants indicated their response by pressing one of the two keys on the side of the Psyscope button box. The response keys were counterbalanced across participants. The participants were asked to answer as quickly and accurately as possible.

5.2.3 Results

The practice trials were not included in the analyses. The mean correct response latencies and the mean percentages of correct responses were calculated across subjects for each experimental condition. Latencies 2.5 standard deviations above or below the mean were excluded (less than 5% of the data). Separate analyses of variance (ANOVA) were performed on percentages of correct responses and correct latencies. The analyses were performed with the subjects as random variables, and priming condition (sweet or non-sweet) and target condition (sweet or non-sweet) as within-subject factors. All the statistical analyses were performed using STATISTICA, StatSoft, Inc. (2007), version 8.0. An alpha level of 0.05 was used for all the ANOVAs. Latency analyses did not reveal any significant main effect of priming (sweet or non-sweet), $F(1, 23) < 1$, and indicated only a trend for the main effect of target condition (sweet or non-sweet), $F(1, 23) = 4.03$, $p = .056$, $\eta_p^2 = .15$ ¹. The interaction between priming condition and target condition was significant $F(1, 23) = 6.76$, $p = .016$, $\eta_p^2 = .23$ (see Figure 5.1). Local comparisons showed a significant difference between the sweet and non-sweet priming conditions (respectively 538 ms, $SE = 15.64$ and 512 ms, $SE = 13.48$) when the target was sweet $F(1, 23) = 5.70$, $p = .026$, *Cohen's d* = 0.36. When the target was non-sweet, local comparisons did not reveal any significant difference between the

¹A pretest involving 12 participants and conducted with no priming phase showed that pictures of edible sweet targets were categorized faster than those of edible non-sweet targets (respectively 532 ms and 584 ms, $F(1, 11) = 8.50$, $p < .05$). The participants' task was the same as in the experiments.

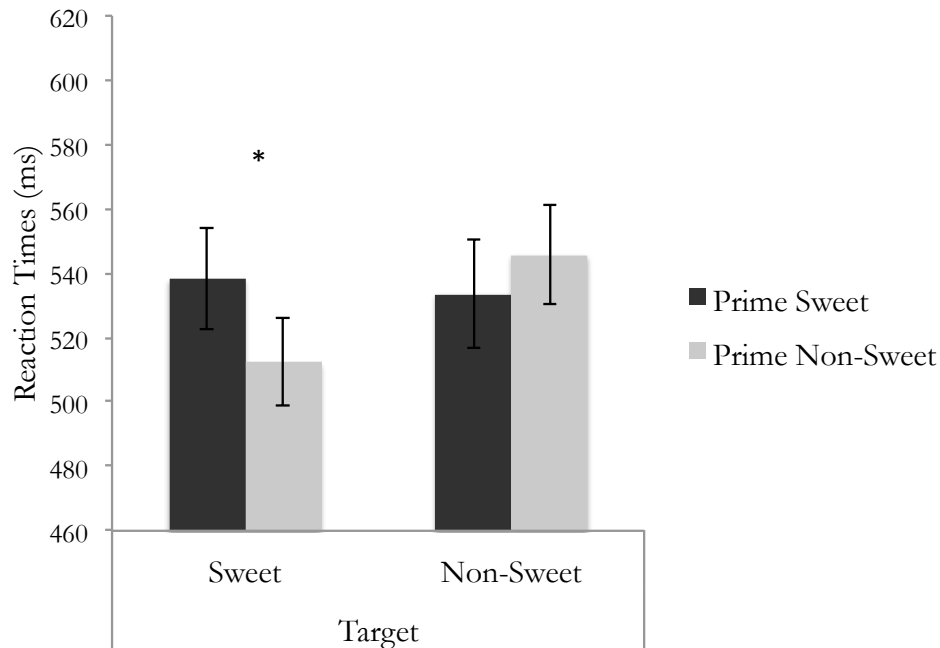


Figure 5.1: Figure 1. Means and 95% confidence intervals of reaction times for the interaction between prime conditions and target conditions in Experiment 1.

sweet and non-sweet priming conditions (respectively $M = 534$ ms, $SE = 17.01$ and $M = 546$ ms, $SE = 15.47$), $F(1, 23) = 1.11$, $p = .30$.

Analyses of correct responses revealed neither a significant main effect of priming condition (sweet or non-sweet), $F(1, 23) < 1$, nor a significant main effect of target condition (sweet or non-sweet), $F(1, 23) < 1$. The interaction between priming condition and target condition did not exceed the threshold level, $F(1, 23) < 1$ (see Table 5.1).

The results of Experiment 1 supported our hypothesis that the presentation of the perceptual stimulation of sweetness would interfere with the reactivation of the corresponding memory dimension in the categorization task. The channels used for perceptual stimulation (oral) and the task (visual) differed, and the task did not directly involve the same sensory dimension as that used for perceptual stimulation. Attention did not therefore play a central role and it seems that a sequential paradigm should lead to a facilitation effect since memory simulation occurs after perceptual stimulation. The preactivation of the sensory dimension by perceptual stimulation should facilitate access to the sensory dimension by the perceptual process.

Table 5.1: Means and standard errors for the percentage of correct responses in Experiments 1 & 2.

| | | Targets | | | |
|---------------------|-----------|---------|-----|-----------|-----|
| | | Sweet | | Non-Sweet | |
| | | CR | SE | CR | SE |
| <i>Experiment 1</i> | | | | | |
| Primes | Non-Sweet | 97 | 1.6 | 94 | 2.2 |
| | Sweet | 95 | 1.9 | 96 | 1.4 |
| <i>Experiment 2</i> | | | | | |
| Primes | Non-Sweet | 97 | 2.3 | 96 | 1.9 |
| | Sweet | 95 | 2.0 | 99 | 1.0 |

5.3 Experiment 2

5.3.1 Method

Participants

Sixteen participants were recruited. All of them were students at the University Lumière Lyon 2, and had normal or corrected-to-normal vision ($M = 18.5$, $SD = 0.89$).

Stimuli

Primes and targets. Primes and targets were the same as in Experiment 1.

Procedure and Design. The procedure was the same as in Experiment 1. The only difference was that the delay between the oral stimulation and the presentation of targets was 2000 ms. To run a trial, the participants had to press the space-bar on the keyboard and swallow the yoghurt. After a delay of 1500 ms a fixation point was displayed and the first picture was displayed 500 ms after the fixation point. The participants had to categorize the pictures as edible or inedible by pressing one of the two keys on the Psyscope button box.

The participants were asked to answer as quickly and accurately as possible.

5.3.2 Results

The mean correct response latencies and the mean percentages of correct responses were calculated across subjects for each experimental condition. Latencies 2.5 standard deviations above or below the mean were excluded (less than 5% of the data). Separate ANOVAs were performed on percentages of correct responses and correct latencies. The analyses were performed with the subjects as random variables, and priming condition (sweet or non-sweet) and target condition (sweet or non-sweet) as within-subjects factors.

The latency analyses did not reveal any significant main effect of priming (sweet or non-sweet), $F(1, 15) = 1.05$, $p = .32$. A significant main effect of the target condition (sweet or non-sweet) was observed, $F(1, 15) = 9.84$, $p = .007$, $\eta_p^2 = .40$. The interaction between priming condition and target condition was significant $F(1, 15) = 4.59$, $p = .049$, $\eta_p^2 = .23$ (see Figure 5.2). Local comparisons showed a significant difference between the sweet and non-sweet priming conditions (respectively 524 ms, $SE = 25.47$ and 560 ms, $SE = 26.26$) when the target was sweet $F(1, 15) = 5.54$, $p = .032$, *Cohen's d* = 0.35. When the target was non-sweet, local comparison revealed no significant difference between the sweet and non-sweet priming conditions (respectively $M = 577$ ms, $SE = 27.22$ and $M = 566$ ms, $SE = 27.97$), $F(1, 15) < 1$.

Analyses of correct responses revealed no significant main effect of priming condition (sweet or non-sweet), $F(1, 15) = 1.05$, $p = .32$, and no significant main effect of target condition (sweet or non-sweet), $F(1, 15) < 1$. The interaction between priming condition and target condition did not exceed the threshold level, $F(1, 15) < 1$ (see Table 5.1).

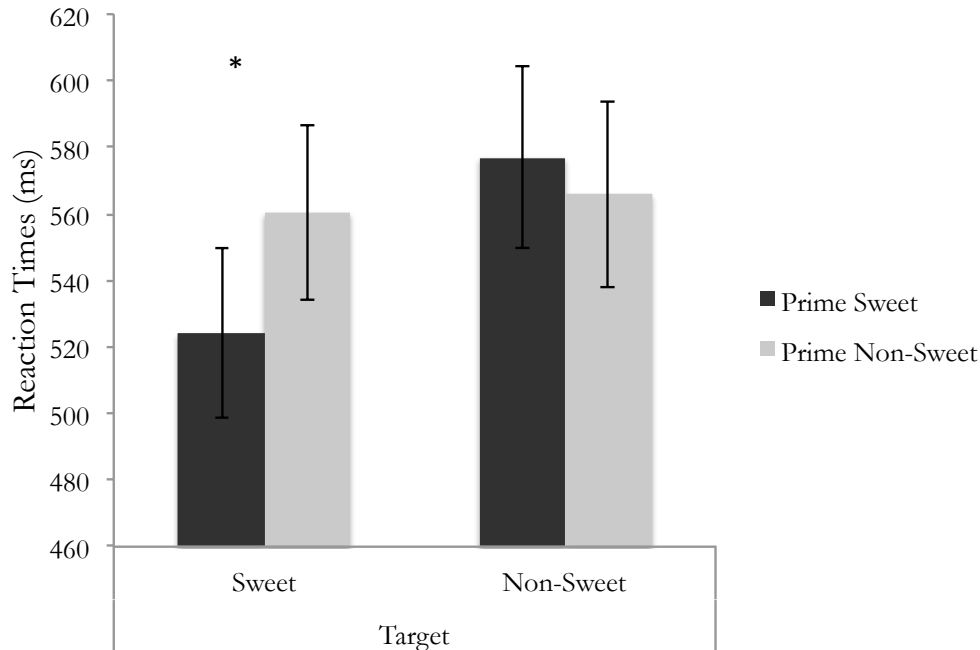


Figure 5.2: Figure 2. Means and 95% confidence intervals of reaction times for the interaction between prime conditions and target conditions in Experiment 2.

5.4 Discussion

The grounded cognition theories assume that concepts are grounded in their sensory and motor properties. The re-enactment of these properties involves the same brain areas as those mobilized during their perception, with the result that common mechanisms may be involved in both conceptual and perceptual processes (Ishai & Sagi, 1995; Slotnick, 2004). This type of overlap would lead to facilitation or interference effects that might be due to the modulation of attention (Connell & Lynott, 2012). However, one limitation to this explanation lies in the fact that the perceptual stimulation and the simulated sensory property used in the research have always been directly linked. The present study tested a situation in which the perceptual stimulation and the simulated sensory property were not directly linked. To this end, we used a paradigm in which 1) the perceptual stimulation (sweet or non-sweet) did not directly address the categorization task demands (edible or inedible), and 2) different channels were used for the presentation of the perceptual stimulation (taste) and the task (visual). As a result, the perceptual stimulation was not task-relevant. The results showed that when the perceptual and conceptual processes were simultaneous, the reaction times

necessary to categorize edible sweet objects were slower when the prime was perceptually sweet than when it was non-sweet. Conversely, when the sensory memory dimension was simulated after the perceptual stimulation, reaction times for the categorization of edible sweet objects were faster when the prime was perceptually sweet rather than non-sweet.

The time course of the experiment modulated the interaction between perceptual and conceptual processes. An interference effect was observed when these processes occurred simultaneously, whereas a facilitation effect was observed when these processes occurred sequentially. These effects were observed with a constant perceptual load between experiments. Therefore, these data could not be explained by the attentional modulation hypothesis. Such hypothesis yet remained relevant when the memory task demands and the perceptual stimulation are based on a same sensory dimension (explicitly or implicitly task-relevant). However, when the perceptual stimulation is not task-relevant, the attention appear to not play a central role. Similar facilitation/interference effects were reported by [Brunel et al. \(2010\)](#). In their study, the reactivation of a sensory memory dimension (sound) induced facilitation and interference effects in a subsequent categorization task (in which objects were categorized as large or small). The reactivated sensory memory dimension and the task demand were not directly related. As in our experiments, the nature of the effect – facilitatory or interfering – depended on the time course between the reactivation of the sensory dimension and the presentation of the target for the task. In the present study, the same effects were observed again with a present perceptual sensory dimension. Taken together, these results support the assumption that perceptual and conceptual processes are based on the same distributed sensory system and share common processes ([Vermeulen et al., 2008](#)).

Our data seem to support the time course hypothesis. When a part of the cognitive system is involved in perceptual processing in a given sensory dimension (sweetness), it becomes less available for the simultaneous activation of this sensory dimension by conceptual processes. When the sensory dimension is preactivated by a perceptual stimulation, this facilitates the activation of the sensory dimension by the conceptual process. Nevertheless, it is not possible to rule out the attention modulation hypothesis. In Experiment 2, to fully test an attentional account it would have been necessary to examine concurrent processing in the two cases while simultaneously controlling for attentional demand. In one condition,

attention should be attracted by the gustatory system (high attentional demand). For instance, gustation could be continuously monitored, perhaps by using flavors/textures that change during tasting. In a second condition, attention should not be directed toward the gustatory system (low attentional demand). For instance, the gustatory experience could be uniform. The attentional account would then predict interference effects in the condition in which high attentional demands are placed on the gustatory system, and facilitation effects in the condition in which the attentional demands are low. The time course hypothesis would predict facilitation effects in both conditions when the perceptual stimulation of sweetness and the visual categorization task are sequential.

Some methodological limitations should also be considered. Yoghurt is a relatively complex stimulus that involves not only the gustatory system, but also the somatosensory system and the retronasal olfaction system. The addition of sucrose to make the yoghurt sweet probably also changed the viscosity of the yoghurt and consequently also the sensation on contact with the mouth as well as retronasal olfaction. To be sure that the conditions differ only at the level of gustatory stimulation, an additional contrast between congruent, incongruent and control conditions is needed. Given the method used, it was not possible in our study to determine how long the taste of sugar remained present. In Experiment 1, the time taken to categorize the four pictures of one cluster was relatively short. We can therefore suppose that the taste of the yoghurt was still present during the categorization task. However, the observed results provide arguments in support of the idea that perceptual and conceptual processes are similar in nature, with the only difference residing in the presence (perceptual processing) or the absence (conceptual processing) of the given dimension (in this case, sweetness).

The present study offers further support in favor of the time course hypothesis as an explanation for the interaction between perceptual and conceptual processes. The effects were observed when the perceptual stimulation was irrelevant to the conceptual task and the channel used for perceptual stimulation was different from the one used in the conceptual task. These results provide further support for the idea that conceptual processing is based on the same distributed system that is used by perception. Future research must examine the effects of a more pronounced contrast in attentional level in the concurrent paradigm and

determine whether the interpretation proposed above could also be applied to other sensory modalities.

References

- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *The Behavioral and brain sciences*, *22*, 577–660.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual review of psychology*, *59*, 617–45.
- Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge: Sensory priming effects in semantic categorization. *Quarterly journal of experimental psychology*, *63*, 955–964.
- Connell, L., & Lynott, D. (2012). When does perception facilitate or interfere with conceptual processing? the effect of attentional modulation. *Frontiers in Psychology*, *3*, 447–477.
- Connell, L., & Lynott, D. (2013). I see/hear what you mean: Semantic activation in visual word recognition depends on perceptual attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*, 527–533.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, *33*, 25–62.
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *Behavioral and Brain Sciences*, *1*, 1–55.
- Ishai, A., & Sagi, D. (1995). Common mechanism of visual imagery and perception. *Science*, *268*, 1772–1774.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M. E., Blanchard, A., et al. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, *94*, B79–889.
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current opinion in neurobiology*, *11*, 194–201.
- Simmons, W. K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2005). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex*, *15*, 1602.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, *3*, 207–221.
- Vallet, G., Riou, B., Versace, R., & Simard, M. (2011). The sensory-dependent nature of audio-visual interactions for semantic knowledge. *In Proceedings of the 33rd annual conference of the cognitive science society*, 2077–2082.

- van Dantzig, S., Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2008). Perceptual processing affects conceptual processing. *Cognitive Science*, *32*, 579-590.
- Vermeulen, N., Chang, B., Corneille, C., Pleyers, G., & Mermillod, M. (2013). Verifying properties of concepts spontaneously requires sharing resources with same-modality percept. *Cognitive processing*, *14*, 81-87.
- Vermeulen, N., Corneille, O., & Niedenthal, P. M. (2008). Sensory load incurs conceptual processing costs. *Cognition*, *109*, 287-94.
- Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*, 522-560.
- Weinberger, N. M. (2004). Specific long-term memory traces in primary auditory cortex. *Nature reviews. Neuroscience*, *5*, 279-290.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. Cette étude propose de s'intéresser à l'effet d'une propriété sensorielle présente (la propriété gustative sucrée) sur une tâche de catégorisation. En effet, si les connaissances en mémoire sont directement extraites de l'activité perceptive du sujet dans son environnement, alors une propriété présente devrait influencer un traitement en mémoire. Ainsi, les effets perturbateur et facilitateur observés dans la littérature devraient être retrouvés en manipulant la simultanéité (Expérience 1) ou la simultanéité (Expérience 2) des activations en jeu dans les traitements perceptifs et mnésiques.

Méthode. L'originalité de ce paradigme consiste à faire goûter des yaourts aux participants qui sont soit sucrés soit non sucrés. Dans l'Expérience 1, les participants devaient goûter l'un des yaourts puis, tout en gardant le yaourt en bouche, ils devaient catégoriser des images de produits comestibles ou non comestibles. Parmi les produits comestibles étaient répartis des produits typiquement sucrés et des produits non sucrés. Dans l'expérience 2, les participants devaient goûter l'un des yaourts puis catégoriser les images seulement après l'avoir avalé.

Résultats. Les résultats de l'Expérience 1 montrent un ralentissement du traitement uniquement pour les images sucrés lorsqu'ils goûtaient un yaourt sucré. L'activation simultanée de cette propriété à un niveau perceptif (avec le yaourt sucré) et à un niveau mnésique (avec l'image de produit sucré) a conduit à un effet perturbateur. A l'inverse, dans l'Expérience 2, un effet facilitateur de la préactivation de la propriété commune a été observé.

Conclusion. En se basant sur les résultats précédemment observés par [Rey, Riou, Cherdieu, et Versace \(2014\)](#), cette étude montre qu'une propriété sensorielle présente peut influencer une tâche de catégorisation au même titre qu'une propriété réactivée en mémoire.

Expérience supplémentaire

L'étude présentée dans le chapitre 4 concernait l'influence d'un composant sensoriel réactivé sur le traitement d'un composant sensoriel réactivé dans une tâche de catégorisation.

L'étude présentée dans le chapitre 5 met en évidence l'influence d'un composant sensoriel présent sur le traitement d'un composant sensoriel réactivé dans une tâche de catégorisation. Afin d'explorer l'influence d'un composant sensoriel réactivé sur le traitement de composants sensoriels présents dans une tâche de jugement sensoriel, une étude supplémentaire a été réalisée.

Une phase d'association a tout d'abord été réalisée de la même manière que celle de l'étude présentée dans le chapitre 4. Deux groupes de patterns ont été sélectionnés (lignes continues vs. motifs), chacun des groupes de patterns comportait quatre exemplaires, les deux groupes étaient labélisés "pattern A" ou "pattern B" (cette labellisation était contrebalancée entre les participants). Dans une première partie, les participants voyaient simultanément à l'écran un pattern avec une image en son centre. Pour la moitié des participants, l'un des patterns était systématiquement présenté avec des images de produits sucrés tandis que l'autre pattern était systématiquement présenté avec une image de produits non sucrés (et inversement pour l'autre moitié des participants). Les participants devaient indiquer avec quelle facilité ils pouvaient imaginer le goût du produit présenté dans l'image (sur une échelle de 1 à 4, 1 étant "très difficilement" et 4 étant "très facilement") puis ils devaient indiquer à quel groupe la texture appartenait. Dans une seconde partie, afin de renforcer l'association, les patterns étaient présentés seuls et le participant devait indiquer à quelle catégorie il appartenait. Immédiatement après la réponse donnée, une image de produit sucré ou non sucré apparaissait. Au total, chaque exemplaire des deux groupes de patterns était présenté avec six images différentes de produits sucrés ou non sucrés parmi un pool de huit images.

La phase de test de cette expérience différait des études précédentes en proposant aux participants une tâche de jugement sensoriel. Seize couples de yaourt avec une concentration en sucre identique (40 g de sucre pour 1 kg de produit) étaient présentés aux participants. Les participants n'étaient pas informés de la quantité équivalente de sucre dans les couples de yaourt et avaient pour consigne d'indiquer parmi les deux yaourts présentés lequel était le plus sucré. Dans chaque couple, l'un des yaourts était dans un pot sur lequel avait été collée une étiquette avec le pattern précédemment associé à la propriété sucrée tandis que l'étiquette du second yaourt comportait le pattern qui n'était pas précédemment associé à cette propriété. Suite aux résultats de l'étude présentée dans le chapitre 5, l'hypothèse était

que le pattern précédemment associé à la propriété sucrée allaient perturber la perception de la propriété sucrée. Les résultats montrent que les participants choisissaient significativement plus souvent les yaourts comportant le pattern non associé à la propriété sucrée plutôt que le yaourt comportant le pattern associé à la propriété sucrée soit en moyenne 10.11 fois sur 16 (Test de Wilcoxon non paramétrique pour deux échantillons appariés : $F(1, 31) = 18.36$, $p < .001$). L'activation d'une propriété sensorielle à un niveau mnésique peut perturber une tâche de jugement perceptif portant sur cette même propriété.

Perspectives. Ces différentes études mettent en avant la réactivation de propriétés sensorielles dans des tâches de catégorisation et de jugement sensoriel. Ainsi, la situation en cours induit la réactivation de propriétés sensorielles en mémoire. Ces démonstrations ne suffisent pas à démontrer que des mécanismes communs sont impliqués en perception et en mémoire. Par conséquent, la partie suivante s'intéresse à la possibilité de répliquer un effet perceptif avec l'intervention des dimensions mnésiques.

.....

Troisième partie

Des mécanismes communs : répliquer des effets perceptifs

Chapitre 6

The ghost mask

.....

**The Mask Who Wasn't There : Visual Masking Effect with the Perceptual
Absence of the Mask**

Amandine E. Rey¹, Benoit Riou¹, Dominique Muller², Stéphanie Dabic¹ & Rémy Versace¹

¹ EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

² Univ. Grenoble Alpes (France)

.....

Article accepté avec révision mineure dans

Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition

le 06 juin 2014 L'ensemble du matériel utilisé dans cette étude est présenté en Annexe **B**.

Abstract

Does a visual mask need to be perceptually present to disrupt processing? The present research proposed to explore the link between perceptual and memory mechanisms by demonstrating that a typical sensory phenomenon (visual masking) can be replicated at a memory level. Experiment 1 highlighted an interference effect of a visual mask on the categorization of auditory targets and confirmed the multi-modal nature of knowledge. In Experiment 2, we proposed to reactivate this mask in a categorization task on visual targets. Results showed that the sensory mask has disrupted (slower RTs) the processing of the targets whether the mask was perceptually present or reactivated in memory. These results support a sensory-based conception of memory processing and suggest that the difference between perceptual processes and memory processes is characterized by the presence (perception) or the absence (memory) of the sensory properties involved in the activity.

Keywords: Embodied cognition; Memory; Perception; Cross-modal masking; Interference effect

6.1 Introduction

In everyday life, each of us performs the constant perceptual processing of the environment and collects and integrates numerous items of sensory information (Calvert & Thesen, 2004). Alongside these perceptual activities, knowledge related to our environment is continually "recovered" from memory. However, the question of the link between perceptual activities and memory activities is still far from being resolved. Embodied cognition theory proposes that conceptual knowledge is closely linked to the situation and is grounded in sensory and motor systems (Barsalou, 1999, 2008). Given that perceptual processes and conceptual knowledge in memory are partially based on the same sensory-motor system (e.g., Slotnick, 2004), perceptual processing should be influenced not only by components currently present in the environment, but also by components reactivated in memory. In other words, this leads to the thought-provoking idea that it might be possible to obtain a sensory effect (e.g., visual masking) even when a stimulus that is perceptually absent is reactivated in memory. The Experiments reported here explore this idea by showing, for the first time, that masking effects can be found 1) when a memory component is masked (Experiment 1) and 2) when a stimulus is masked by a memory component (Experiment 2).

In embodied cognition theory, the activation of a component in one modality induces the reactivation of related components in other modalities (for a review, see Versace et al., 2009).. When the sensory-motor components of a memory trace are reactivated by the current situation, this activation is thought to propagate to other components that are not perceptually present and to lead to cross-modal activations (for a review, see Martin & Chao, 2001). An increasing number of behavioral studies have demonstrated the influence of the reactivation of memory components on perceptual processes (e.g., Meteyard, Bahrami, & Vigliocco, 2007; Kaschak et al., 2005; Goldstone, 1995; Riou et al., 2011) and have shown that sensory-motor components are also activated during language processes (e.g., Zwaan et al., 2002; Stanfield & Zwaan, 2001) as well as typical cross-modal priming effect (Vallet et al., 2010). Given that knowledge emerges from the activation of neuronal systems that are typically associated with perceptuo-motor mechanisms (Jääskeläinen et al., 2007; Weinberger, 2004), studies have shown that the reactivation of one modality can have an influence on another modality (Rey et al., 2014) and that conceptual processes involve perceptual components that belong to

different modalities (Pecher et al., 2003).

The influence of present components or reactivated components on perceptual or conceptual processes has been explored in the literature. However, as far as we know, no study has as yet examined the possibility of replicating a typical sensory effect with reactivated components. The present study used a sensory phenomenon: visual masking. In the literature, perceptual masking has been extensively studied and has been widely used to explore the dynamics of visual information processing. By inducing a spatio-temporal conflict, a mask presented before (forward masking) or after (backward masking) a target reduces its visibility (Enns & Di Lollo, 2000). Based on recent evidence, we propose the thought-provoking hypothesis that it might be possible to induce this conflict not only by means of a perceptually present mask but also by means of a mask reactivated in memory. The goal of the present study was to show that a typical sensory phenomenon, namely visual masking, 1) can be observed in the processing of a target component that is only reactivated in memory (Experiment 1), and 2) can be observed without the presence of a perceptual mask (Experiment 2).

First, if memory consists of sensory components that are linked to single traces, a visual mask should directly disrupt the simultaneous processing of targets that are sensible to the mask whatever their modality of presentation. We reasoned that the simultaneous presentation of a visual mask and auditory targets that correspond to the masked visual stimuli should slow down the processing of these auditory targets. Second, our aim was to go further by exploring the following question: can a visual masking effect be replicated in the absence of the mask? To address this question, we investigated whether a reactivated mask can influence the processing of targets in the same way as a perceptually present mask. To our knowledge, no previous study has explored the possibility of replicating a basic sensory effect, such as the masking effect, with memory mechanisms. Indeed, if conceptual processes and perceptual processes are based on the same sensory-motor system, then the sensory mask should be associated within a memory trace. This sensory mask should have a similar influence irrespective of whether it is perceptually present or reactivated in memory. Two experiments were conducted to test these hypotheses in which we showed, in Experiment 1, that a present visual mask can disrupt the processing of auditory targets (the mask disrupts

the processing of the reactivated visual memory component) and, in Experiment 2, that a reactivated mask can disrupt the processing of visual targets (the reactivated visual mask acts in the same way as a perceptually present mask).

6.2 Pretest of the mask

In visual masking, the reduction of the target's visibility depends on various factors (e.g., luminance, shape, color, contours, contrast, and SOA), these factors leading to more or less effective masking effect (Breitmeyer & Ogmen, 2006). Among these factors, target's visibility is greatly influenced by spatial overlap between the mask and the targets (Macknick, Martinez-Conde, & Haglund, 2000; Schiller, 1966). The goal of this pre-test is therefore to distinguish between target stimuli for which the mask induces a high or a low reduction of visibility.

6.2.1 Materiel

A visual mask was created with Photoshop CS4 by stacking and deforming 40 photographs (the targets corresponding to 20 animals and 20 objects presented as grey-scale decontextualized pictures) to disrupt their processing. As a control, we used a no-mask (a grey square; see Fig. 6.1). The mask, the no-mask, and the photographs had the same format (200×200 pixels with a resolution of 72×72 dots per inch).

6.2.2 Procedure and participants

Sixteen participants ($M_{age} = 22.34$, $SD = 2.57$) took part in the pretest. Using a backward masking paradigm, the target picture (presented for 100 ms) was immediately followed by the mask or the no-mask (presented for 100 ms). Participants had to judge as quickly and accurately as possible whether the target represented an animal or an artifact (each target

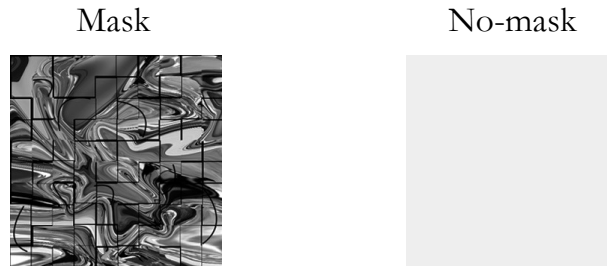


Figure 6.1: The mask and the no-mask used in the experiments of the present study was presented once with the mask and once with the no-mask).

6.2.3 Results

Latencies below 150 ms and above 1500 ms were removed (less than 5% of the data). The analysis of variance (ANOVA) on correct responses rate did not reveal a significant main effect, $F(1, 23) < 1$. The analyses of the latencies revealed a significant effect of mask type, the targets were categorized more slowly when they were presented with the mask ($M = 548$ ms, $SE = 17$ ms) rather than the no-mask ($M = 527$ ms, $SE = 15$ ms), $F(1, 15) = 21.57$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .59$.

Two groups of targets were created as a function of their reduction of visibility. For each target, we computed the difference between the RTs in the mask condition and the RTs in the no-mask condition. According to their position relative to the median, we selected the 20 targets with a higher reduction of visibility due to the mask (“high-sensitivity targets, 10 animals and 10 artifacts) and the 20 targets with a lower reduction of visibility (“low-sensitivity”, 10 animals and 10 artifacts). The high sensitivity targets were categorized less rapidly in the mask condition ($M = 567$ ms, $SE = 18$ ms) than in the no-mask condition ($M = 521$ ms, $SE = 16$ ms), $F(1, 15) = 31.38$, $p < .001$. In contrast, there was no difference for the low sensitivity targets presented after the mask ($M = 531$ ms, $SE = 17$ ms) or the

no-mask ($M = 536$ ms, $SE = 16$ ms), $F(1, 15) < 1$.

As the visual mask induces a reduction of the visibility of the targets, the sensitivity of the targets should be dependent on the overlap between the visual characteristics of the mask and the targets. This overlap should be more important for the high sensitivity targets than the low sensitivity targets. An additional experiment was conducted on ten additional participants (7 women; $M_{age} = 26.43$, $SD = 3.54$) for whom the mask was superimposed on each target. The experimenter decreased progressively the opacity of the mask (1% per 500ms) until participants could correctly identify the target (answers were given orally). For each target, the mean percentage of mask opacity that corresponded to the identification of the picture for each participant was calculated. If the participants gave an incorrect answer, the experimenter told him/her that his/her answer was wrong and started again to decrease the opacity of the mask. Results showed that the reduction of the mask opacity needed to identify the pictures was higher for high sensitivity ($M = 67.55\%$, $SD = 5.51\%$) than for the low sensitivity targets ($M = 79.92\%$, $SD = 3.05\%$), $F(1, 9) = 3152.71$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .99$. In other words, the overlap of the visual characteristics of the mask and the targets was greater for the targets with a high sensitivity than the targets with a low sensitivity.

6.3 Experiment 1

If memory traces are composed of numerous multisensory properties closely interrelated, the disruption of the processing of some properties (e.g., visual properties) within a single trace should slow down the processing of the associated properties within this trace (e.g., auditory properties). Experiment 1 aimed to replicate the visual masking effect using auditory targets that refer to the categories using in the pretest. Assuming that the pictures we used are representative of these categories, a visual mask that disrupts the visual component of these categories (see the pretest) should slow down the categorization of auditory targets belonging to these categories.

In the visual masking, the reduction of the target's visibility is partially due to the visual persistence of the mask (Francis, Grossberg, & Mingolla, 1994). To reproduce the overlap

between the mask and the targets in the pretest, the mask (or no-mask) and the auditory targets were presented simultaneously (SOA of 0 ms) in this experiment.

6.3.1 Method

Participants

Sixteen undergraduates with normal or corrected-to-normal vision and audition volunteered to take part in the experiment ($M_{age} = 24.31$, $SD = 6.48$). None of them had taken part in the pretest.

Materials.

The same mask and no-mask as the pretest were used. The photographs were replaced by sounds: 40 sounds, with a duration of 1000 ms, were selected (20 sounds of animals and 20 sounds of artifacts) corresponding to the 40 previous photographs (e.g., “meow” corresponding to the cat picture).

Procedure

The visual mask or the visual no-mask was presented simultaneously with the sound of an animal or an artifact for 1000 ms. Each target was presented twice, once with the mask and once with the no-mask in a pseudo-random order. Participants had to judge as quickly and accurately as possible whether the auditory target represented an animal or an artifact (Fig. 6.2). They indicated their choice by pressing the appropriate keys “a” or “p” on the keyboard (the response key were counterbalanced across participants).

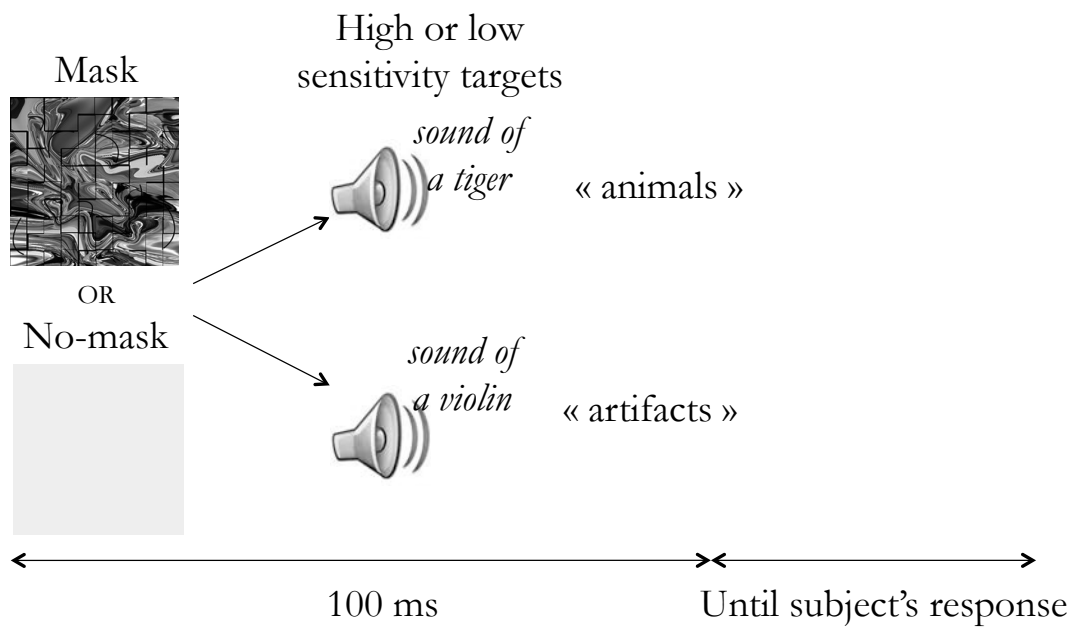


Figure 6.2: Illustration of the experimental protocol of Experiment 1.

6.3.2 Results and Discussion

Latencies below 150 ms and above 1500 ms were removed, then latencies that differed by more than 2.5 standard deviations from the individual means in each condition were discarded (less than 5% of the data). Separate ANOVAs were performed on the percentages of correct responses and latencies with mask type (mask or no-mask) and target sensitivity (low or high sensitivity) as within-subjects. As for the percentages of correct responses, the mask type main effect, $F(1, 15) = 2.40$, $p = .14$, and the target sensitivity interaction were non-significant, $F(1, 15) < 1$, while the sensitivity main effect was only marginally significant, $F(1, 15) = 4.37$, $p = .054$, $\eta_p^2 = .22$.

The analyses on latencies indicated a main effect of the mask, $F(1, 15) = 9.20$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .38$, and a significant interaction¹ between the mask type and the target sensitivity, $F(1, 15) = 15.32$, $p < .005$, $\eta_p^2 = .51$ (Fig. 6.3). Responses were significantly slower for the high sensitivity targets when they were presented with the mask ($M = 786$ ms, $SE = 39$ ms) rather than the no-mask ($M = 714$ ms, $SE = 36$ ms), $F(1, 15) = 34.93$, $p < .005$. As in the pretest, no significant effect was observed for the low sensitivity targets when they were presented with the mask ($M = 731$ ms, $SE = 38$ ms) or the no-mask ($M = 745$ ms, $SE = 41$ ms), $F(1, 15) < 1$.

The results showed that a visual mask could disrupt the processing of auditory targets having a high sensitivity to the mask. We can assume that the presentation of the auditory targets reactivated the other components of the trace such as the visual components that are sensible to the visual mask.

To be able to generalize our results not only to other participants but also to other stimuli, we performed a mixed-effects model (Baayen, Davidson, & Bates, 2008; Judd, Westfall, & Kenny, 2012). This type of model enabled not only to use both participants and stimuli as random variables, but also to keep sensitivity as a continuous variable. This analysis also revealed a significant type of mask by sensitivity interaction, $F(1, 14.96) = 18.5$, $p < .001$.

In Experiment 1, the mask can disrupt an absent component of the target. In Experiment

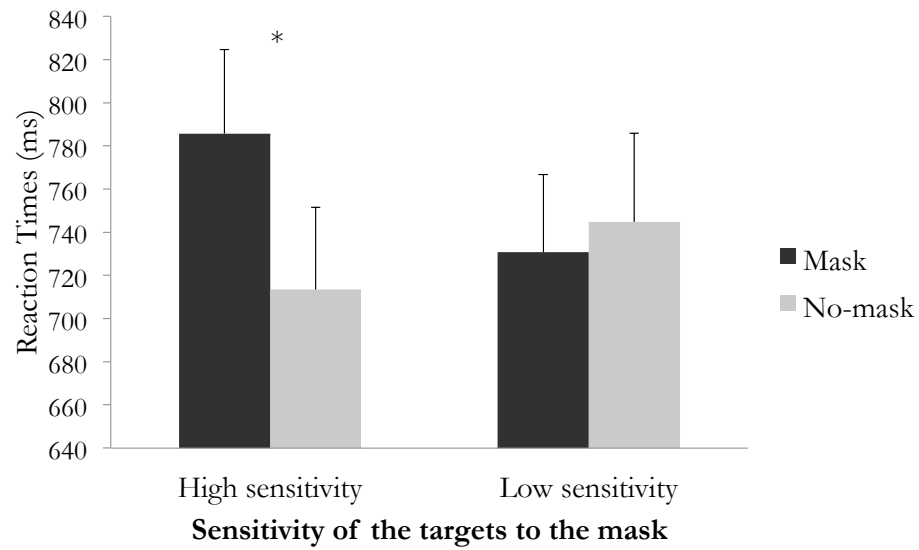


Figure 6.3: Mean reaction times as function of the target type for each prime type for Experiment 1. Error bars represent standard errors.

2, we proposed to disrupt the processing of targets with the reactivation of the mask (i.e., with a mask not perceptually present but reactivated). To do this, the mask and the no-mask were replaced by a sound (high-pitched or low-pitched) with which they were previously associated in a learning phase.

6.4 Experiment 2

6.4.1 Method

Participants

Twenty-four undergraduates with normal or corrected-to-normal vision and audition participated to the experiment ($M_{age} = 21.95$, $SD = 4.20$). None of them had taken part in the previous experiments.

Materials

The same stimuli as in the pre-test were used. Two auditory stimuli were added, a high-pitched sound of 550 Hz and a low-pitched sound of 250 Hz.

Procedure

The experiment consisted of two phases.

Learning phase. The mask or the no-mask was presented in the center of the screen for 100 ms. For half of the participants, the mask was systematically and simultaneously presented with the high-pitched sound and the no-mask was presented with the low-pitched sound (the opposite arrangement was used for the other half of the participants). Participants

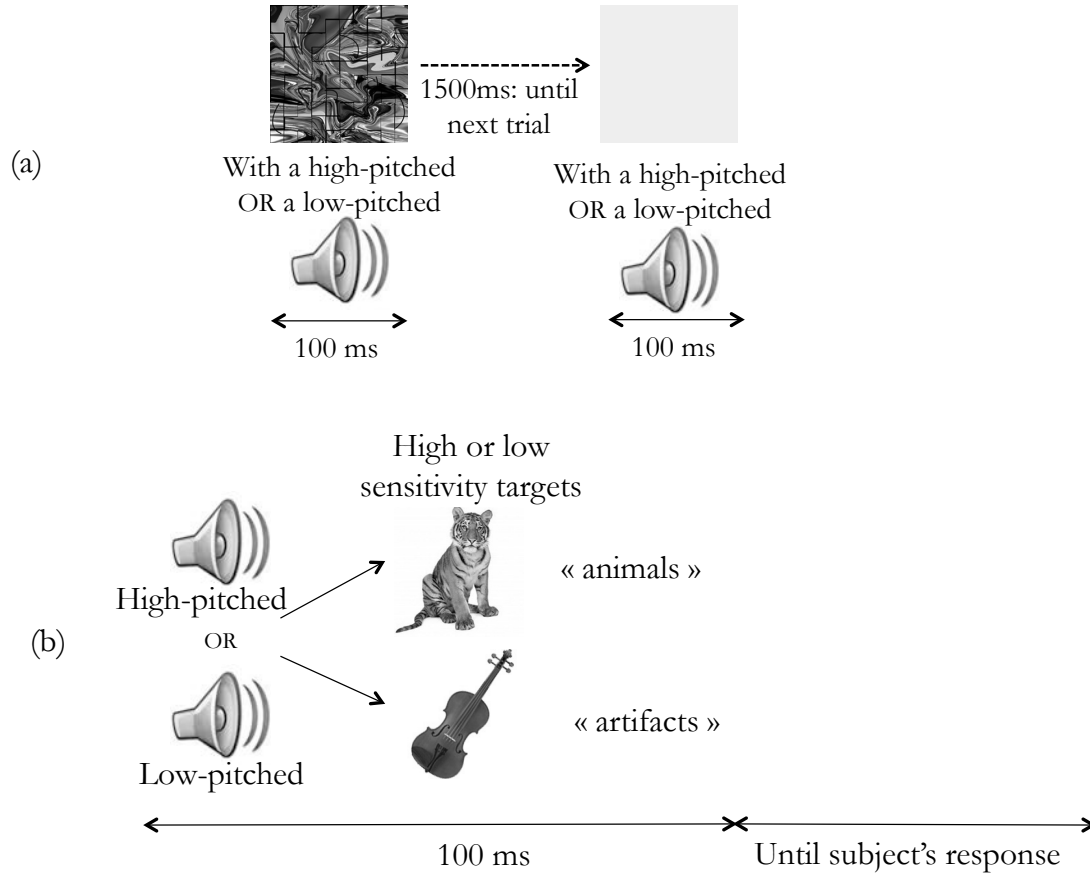


Figure 6.4: Illustration of (a) the learning phase and (b) the test phase of Experiment 2.

had to judge whether the sound corresponded to a high-pitched or a low-pitched sound and were instructed to look at the screen during all the phase. The mask and the no-mask were presented 30 times in a random order to create a non-explicit picture-sound association (Fig. 6.4a).

Test phase. . The high-pitched or the low-pitched sound (previously associated with the mask or the no-mask) was presented simultaneously with the targets for 100 ms (Fig. 6.4b).

6.4.2 Results and Discussion

The same cutoff as in the pretest and in Experiment 1 was used (less than 5% of the data were eliminated).

Learning phase

The analyses did not reveal a significant difference between the sounds associated with the mask and the no-mask for the correct response rate (participants performed the task accurately with a correct response rate of 93 %), $F(1, 23) < 1$, and the latencies $F(1, 23) < 1$.

Test phase

The ANOVA performed on the correct responses rate did not revealed significant effect, $F(1, 23) < 1$. The analyses on latencies indicated a main effect of the mask type, $F(1, 23) = 15.79$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .41$, and a significant interaction² between mask type and target sensitivity, $F(1, 23) = 13.53$, $p < .005$, $\eta_p^2 = .37$ (Fig. reffig:figure5art3). For the high sensitivity targets, responses were significantly slower when they were presented with the sound previously associated with the mask ($M = 572$ ms, $SE = 13$ ms) rather than the sound previously associated with the no-mask ($M = 535$ ms, $SE = 11$ ms), $F(1, 23) = 19.21$, $p < .001$. In contrast, no significant effect was observed for the low sensitivity targets when they were presented with the mask ($M = 543$ ms, $SE = 11$ ms) or the no-mask ($M = 547$ ms, $SE = 10$ ms), $F(1, 31) < 1$. Again, as it was the case in Experiment 1, the analysis based on mixed-effects model also revealed a significant type of target sensitivity interaction, $F(1, 21.20) = 23.3$, $p < .001$.

6.5 General Discussion

As perceptual processes, the retrieval in memory of visual and auditory information involves the activation of sensory areas (Wheeler et al., 2000). Behavioral studies showed the propagation of activation to visual properties (e.g., Kaschak et al., 2005) and auditory properties (e.g., Brunel et al., 2009). Based on the hypothesis that the multimodal properties which composed a single memory trace are closely related, Experiment 1 explored whether the processing of auditory targets could be disrupted by the presentation of a visual mask.

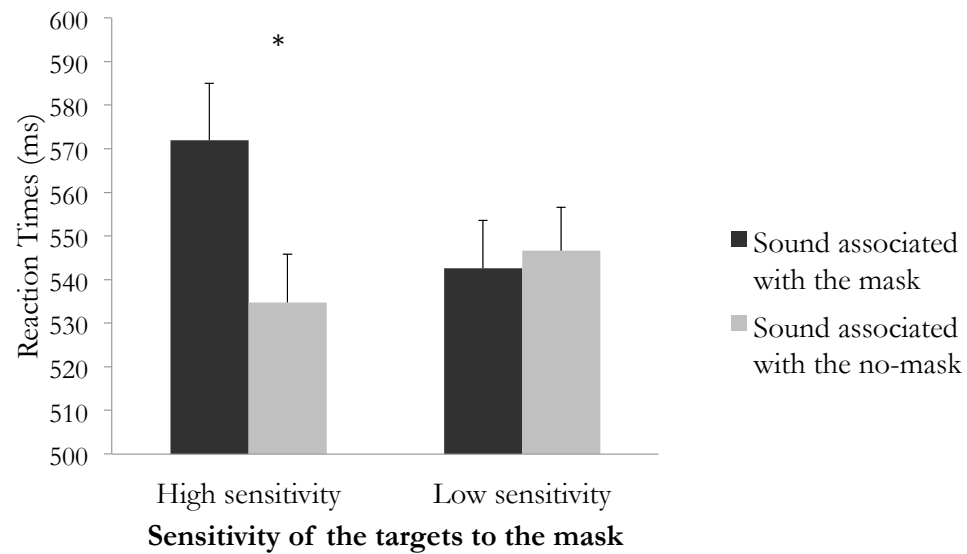


Figure 6.5: Mean reaction times as function of the target type for each prime type for Experiment 2. Error bars represent standard errors.

In this experiment, participants took longer to categorize high sensitivity targets when they were presented with the mask than the no-mask. This finding highlights an interference effect of a visual mask on auditory target and confirms the sensorimotor nature of memory traces.

Based on this first result, we assumed that if memory and perception share common sensorimotor systems, then a component implied in perceptual processes or memory processes should play a similar role. This assumption was explored in a cross-modal priming paradigm in which the visual mask was reactivated by an associated sound in the learning phase. The results showed that a reactivated mask (perceptually absent) could disrupt the processing of visual targets as a perceptual mask does. If a sensory effect can be replicated with reactivated components, then this is consistent with the idea that memory traces are composed of sensorial components that played a similar role when they are reactivated or perceptually present in the current situation. By demonstrating that a typical sensory phenomenon (the visual masking) can be replicated at a memory level, the present study supports the idea of a similarity between perceptual processes and memory processes implicated in the visual sensory masking.

The masking effect obtained in these experiments cannot be explained by an attentional effect. Indeed, the visual mask is more visually complex than the no-mask, a higher level of attention on the mask compared to the no-mask would influence the processing on the targets. But if it was the case, the perceptually present mask and the reactivated mask should have the same disrupting effect on all the targets. Indeed, the low sensitivity targets are not sensible to the perceptually present or reactivated mask in both experiments.

Together with various recent studies in the literature revealing an overlapping between perceptual processes and conceptual processes (e.g, [Vermeulen, Chang, Corneille, Pleyers, & Mermillod, 2013](#)), the present demonstration shows a sensory masking effect with the involvement of reactivated components in memory. A masking effect is possible with the reactivation of a sensory mask. It becomes difficult to dissociate perceptual mechanisms from conceptual mechanisms other than on the basis of the presence (perceptual processing) or absence (memory processing) of the characteristics of the objects to which the processing is applied.

References

- Baayen, R., Davidson, D., & Bates, D. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, *59*, 390-412.
- Barsalou, L. (1999). Language comprehension: Archival memory or preparation for situated action? *Discourse processes*, *28*, 61-80.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual review of psychology*, *59*, 617-45.
- Breitmeyer, B., & Ogmen, H. (2006). *Visual masking: Time slices through conscious and unconscious vision* (Vol. 41). Oxford University Press.
- Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009). The sensory nature of episodic memory: sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, *35*, 1081-1088.
- Calvert, G. a., & Thesen, T. (2004). Multisensory integration: methodological approaches and emerging principles in the human brain. *Journal of physiology, Paris*, *98*, 191-205.
- Enns, J. T., & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in cognitive sciences*, *4*, 345-352.
- Francis, G., Grossberg, S., & Mingolla, E. (1994). Cortical dynamics of feature binding and reset : Control of visual persistence. *vision Research*, *34*, 1089-1104.
- Goldstone, R. L. (1995). Effects of categorization on color perception. *Psychological Science*, *6*, 298-304.
- Jääskeläinen, I. P., Ahveninen, J., Belliveau, J. W., Raij, T., & Sams, M. (2007). Short-term plasticity in auditory cognition. *Trends in neurosciences*, *30*, 653-61.
- Judd, C., Westfall, J., & Kenny, D. (2012). Treating stimuli as a random factor in social psychology: a new and comprehensive solution to a pervasive but largely ignored problem. *Journal of personality and social psychology*, *103*, 54-69.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Theriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M. E., Blanchard, A., et al. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, *94*, B79-889.
- Macknick, S., Martinez-Conde, S., & Haglund, M. (2000). The role of spatiotemporal edges in visibility and visual masking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*,

- 7556-7560.
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current opinion in neurobiology*, *11*, 194–201.
- Meteyard, L., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2007). Motion detection and motion verbs: language affects low-level visual perception. *Psychological science*, *18*, 1007–13.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2003). Verifying different-modality properties for concepts produces switching costs. *Psychological Science*, *14*, 119–124.
- Riou, B., Lesourd, M., Brunel, L., & Versace, R. (2011). Visual memory and visual perception: when memory improves visual search. *Memory & Cognition*, *39*, 1094–1102.
- Schiller, P. (1966). Forward and backward masking as a function of relative overlap and intensity of test and masking stimuli. *Perception & Psychophysics*, *1*, 161–164.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, *3*, 207–221.
- Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological science*, *12*, 153–6.
- Vallet, G., Brunel, L., & Versace, R. (2010). The perceptual nature of the cross-modal priming effect: arguments in favor of a sensory-based conception of memory. *Experimental psychology*, *57*, 376–82.
- Vermeulen, N., Chang, B., Corneille, O., Pleyers, G., & Mermillod, M. (2013). Verifying properties of concepts spontaneously requires sharing resources with same-modality percept. *Cognitive processing*, *14*, 81–87.
- Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*, 522–560.
- Weinberger, N. M. (2004). Specific long-term memory traces in primary auditory cortex. *Nature reviews. Neuroscience*, *5*, 279–290.
- Wheeler, M. E., Peterson, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo: Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*, 11125–11129.
- Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, *13*, 168–171.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. Afin d'explorer la possibilité de répliquer un effet perceptif à un niveau mnésique, deux hypothèses ont été explorées. Tout d'abord, si les traces mnésiques sont composées de propriétés multimodales liées entre elles, alors un masque visuel devrait perturber le traitement simultané de cibles quelle que soit leur modalité de présentation. La première expérience utilise un paradigme de masquage inter-modal afin de confirmer la nature sensori-motrice des composants associés au sein d'une trace mnésique. Ensuite, si les processus mnésiques et les processus perceptifs impliquent les mêmes systèmes sensori-moteurs, alors un masque visuel devrait pouvoir être associé à une trace en mémoire. Ainsi, la seconde expérience implique un masque réactivé en mémoire qui devrait perturber la catégorisation d'images au même titre qu'un masque perceptivement présent.

Méthode. Un pré-test du masque a été effectué. Celui-ci a démontré un ralentissement du temps de traitement des images après la présentation du masque par rapport à la présentation du non-masque. Dans l'Expérience 1, le masque visuel était présenté en même temps que des sons d'animaux ou d'objets que les participants devaient catégoriser. Dans l'Expérience 2, lors une première phase, le masque et le non-masque était associé à des sons aigu ou grave. Dans une seconde phase, les sons (précédemment associé au masque ou au non masque) étaient présentés en même temps que des images d'animaux ou d'objets que les participants devaient catégoriser.

Afin d'exclure une hypothèse attentionnelle, les cibles ont été divisées en deux groupes sur la base du pré-test : un groupe d'images fortement sensibles au masque et un groupe d'images faiblement sensibles au masque. Pour cela, chaque cible était présentée une fois avec le masque et une fois avec le non-masque (dans un ordre pseudo-aléatoire). La sensibilité des items a été calculée en soustrayant les temps de réponse lors de la présentation du non-masque aux temps de réponse lors de la présentation du masque pour chaque cible. Ainsi les cibles ayant une forte différence positive étaient considérées comme des cibles fortement sensibles.

Résultats. Les résultats de l'Expérience 1 montrent un effet de masquage visuel sur la catégorisation de cibles auditives avec des temps de réponse plus longs pour catégoriser des sons présentés avec le masque visuel et ceci uniquement pour les sons correspondant aux images fortement sensibles au masque. L'Expérience 2 met en évidence un effet du masque réactivé sur la catégorisation visuelle. La présentation du son précédemment associé au masque a ralenti la catégorisation des images fortement sensibles uniquement.

Conclusion. Cette série d'expérimentation démontre que perturber l'activation d'un composant sensoriel va ralentir le traitement des composants associés au sein d'une trace. En se basant sur ces résultats, la seconde expérience montre qu'un masque réactivé peut agir comme un masque visuel en ralentissant le traitement des cibles. Ce dernier résultat met en évidence l'intervention des mécanismes impliqués dans le masquage visuel lors de la réactivation d'un masque en mémoire.

Perspectives. Le chapitre suivant abordera la notion de simulation. D'après la Perceptual Symbol System theory (Barsalou 1999, 2008), les connaissances conceptuelles émergent grâce à la simulation d'états perceptivo-moteurs vécus lors d'expériences passées. L'une des manières d'étudier les concepts réside dans l'utilisation des mots. Ainsi, lors de la présentation d'un mot, l'individu devrait simuler les dimensions sensorielles associées à ce mot. L'étude suivante testera l'hypothèse selon laquelle la réactivation d'un masque visuel devrait perturber la catégorisation de mots au même titre que la présentation d'images.

.....

Chapitre 7

Visual simulation of word access

.....

Stop the Simulation : A Memory Reactivated Mask Makes You Blind to Words

Amandine E. Rey¹, Benoit Riou¹, Guillaume T. Vallet ², & Rémy Versace¹

¹ EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

² Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (Quebec, Canada)

.....

Article soumis dans *Cognition* le 28.03.2014

Acknowledgments. Amandine E. Rey was supported by a graduate research allocation from the French Ministry for Higher Education and Scientific Research. This work was supported by the LabEx Cortex (ANR-10-LABX-0042) of Université de Lyon, within the program "Investissements d'Avenir" (ANR-11-IDEX-0007).

Abstract

How do we represent words meaning? The present study assesses whether conceptual knowledge access, i.e. reading a word, necessarily relies on the re-enactment of the sensory-motor components of the given concept. The re-enactment, i.e. simulation, was tested in a word categorization task using an innovative masking paradigm. We hypothesized that a meaningless reactivated visual mask should interfere with the simulation of the visual dimension of words. This interference should depend on the relative weight of the visual dimension of the target word. In a first phase, participants created a tone/mask or tone/control stimulus association. In the test phase, participants categorized words that were presented with the tones (and which reactivated the visual mask or the control stimulus). Results showed that words presented with the reactivated visual mask were processed more slowly than those presented with the reactivated control stimulus. Results also revealed that the interference effect score associated with the mask was correlated only with the visual imagery value of the words and not with other word characteristics (length, frequency, etc.). Thus, word processing remains grounded in the sensory features associated with the tested concept.

Keywords: Grounded cognition; Concepts; Memory; Perception; Simulation

7.1 Introduction

What do you see when you read “tiger”? Do you just see a sequence of letters or do you already perceive the stripes, whiskers and the fangs? Words are defined as the gateway for conceptual knowledge. One of the most exciting questions in cognitive psychology is to determine what is the nature of conceptual knowledge (e.g., words) and how knowledge is accessed. The grounded cognition theories state that knowledge access necessarily relies on the simulation, i.e. re-enactment, of perceptual and motor states from similar past experiences (Wu & Barsalou, 2009; Meteyard et al., 2007; Bidet-Ildei, Sparrow, & Coello, 2011). As a result, concepts should not be abstracted from their sensorimotor components, but should remain grounded in them (Barsalou, 2008; Versace et al., 2014). The present study aims 1) to demonstrate that a concurrent simulation could interfere with the perceptual simulation performed in order to access concepts, and 2) to explore the significance of the visual dimension in word’s simulation.

Conceptual knowledge is thought to be best represented by words (Collins & Loftus, 1975). Several studies demonstrated that language comprehension (for a review, see Zwaan, 2008) and word processing involves the simulation of words’ components (see switching cost; Vermeulen, Corneille, Niedenthal, 2008). Nonetheless, no studies have yet demonstrated that knowledge access directly relies on sensorimotor components. One way to assess this crucial observation is to use the associative nature of memory. When you perceive something, you re-activated the sensorimotor counterparts associated memory (e.g., Brunel et al., 2009; Rey et al., 2014). The “meow” sound should activate the visual representation of the cat. This re-activation could be disrupted by the presentation of a meaningless perceptual mask in the sensory modality of the associated component (see Vallet et al., 2010). Consequently, the processing of a visually meaningless picture, i.e. a mask, should interfere with the simulation of the visual representation associated with a word.

Interference effect, such as in masking paradigms, is known as a reliable and efficient way to demonstrate whether or the interfered process is involve in the current task. Sensory masking is used to disrupt the current sensory processing (Breitmeyer & Ogmen, 2006). Consequently, if conceptual processing occurs at a sensory-motor level, a sensory mask should

interfere with knowledge access. An important point is that the mask should not interfere directly with the visual processing (reading) of the word. Indeed, the effect of a mask presented just before, during or just after the word could be explained by attention or perceptual interference (Enns & Di Lollo, 2000). The originality of the present study lies in using a mask reactivated in memory. The reactivated mask should interfere with the simulation of the visual properties associated with the words rather than the visual processing of the word (reading).

Another consequence of the simulation of word principle regards the relative contribution of each component. Repeated interactions with our environment forge concepts. Each sensorimotor component becomes associated with a given concept in a different way depending on the importance of these components in our experiences (e.g., Taylor, Moss, & Tyler, 2007) (for a discussion of the impact on action, see Willems, Labruna, D'Esposito, Ivry, & Casasanto, 2011). This means that these components should also be involved to a greater or lesser degree in the simulation process during access to conceptual knowledge. Consequently, the weight of the visual dimension of a concept should directly modulate the reactivated visual mask effect. In other words, the more easily a word can be visually imagined, the more a reactivated visual mask should interfere with the simulation of the visual sensory properties of this word.

The present study was conducted to assess 1) whether a visually meaningless reactivated mask interferes with the simulation of the visual dimension of a word and 2) the possible relative weight of the visual dimension in the simulation of the target word. Simulation was tested in a categorization task using a masking paradigm. We induced a tone-mask or tone-control square association during a learning phase in which the participants categorized the two possible tones as high or low-pitched. Then, in the test phase, they categorized words as representing an animal or an artifact. Simultaneously with the presentation of the words, the participants heard the tones associated with the mask or the control square. The relative weight of the visual dimension was evaluated through correlation analysis. For all the target words, we collected the rate of mental visual imagery as well as various word characteristics (length, frequency, concreteness). We assumed that participants should take longer to categorize words presented with the tone previously associated with the mask

than with the tone associated with the control stimulus. This interference effect should be associated only with the associated visual imagery value of the word.

7.2 Method

7.2.1 Participants

Twenty-four undergraduates with normal or corrected-to-normal vision and audition participated to the masking experiment (20 women, 16 right-handers, $M_{age} = 18.29 \pm 0.91$). A total of 91 participants (56 women, $M_{age} = 19.74 \pm 3.50$) completed the word-evaluation task (none of these participants took part in the masking experiment). All participants were French native speakers.

7.2.2 Materials

Forty French words were selected representing 20 animals and 20 artifacts. These words were selected to be very familiar and their concepts are typically associated with noise (e.g., the cat is typically associated to the “meow” sound). The visual mask was created with Photoshop CS4 by stacking and deforming 40 contextualized grey-scale photographs corresponding to the target words used in the present study ¹. For the control condition, we created a simple grey square (non-mask). A control stimulus was created as a grey square for the control condition. The mask and the control stimulus had the same format (200 × 200 pixels) and the same resolution (72 × 72 dots per inch). Two tones were created with Audacity: a high-pitched tone of 550 Hz and a low-pitched tone of 250 Hz. Both tones last 500 ms.

¹The mask was pre-tested in a pilot study (backward masking paradigm). Results showed that pictures were categorized more slowly when they were presented in the mask condition ($M = 548$ ms, $SE = 17$ ms) rather than in the control condition ($M = 527$ ms, $SE = 15$ ms), $F(1,15) = 21.57$, $p < .001$, $\eta^2_p = .59$.

7.2.3 Procedure

Learning phase

The mask was presented with the high-pitched tone and the control stimulus was presented with the low-pitched tone for 500 ms. The reverse association was done for half of the participants. Participants judged whether the tone corresponded to a high-pitched or a low-pitched tone presented through headphones. They were instructed to look at the screen during all the phase. The mask and the grey square were presented 30 times each in a random order to create a picture-tone association (see Figure 7.3a).

Test phase

The high-pitched and the low-pitched tone (previously associated with the mask and the control square) were presented simultaneously with the target words for 500 ms (see Figure 7.3b). The words were all centrally presented in lowercase in 48-point “Calibri” font. Participants had to judge as quickly and accurately as possible whether the words corresponded to an animal or an artifact by pressing the appropriate key on the keyboard (the response keys were counterbalanced for half of the participants). Response logging started with the presentation of the word. Each target was presented twice in two separated blocks; one time with the tone previously associated with the mask and one time with the tone previously associated with the control stimulus (and conversely for the half of the targets).

Word-evaluation task

A group of 67 participants takes part to the word-evaluation task. They had to judge either the imagery rate ($N = 23$) or the concreteness ($N = 20$) or the subjective frequency ($N = 24$) of the forty target words on a 1-5 scale (see Bonin, Aubert, Malardier, & Niedenthal, 2003). Data collection of the different scales was done simultaneously.

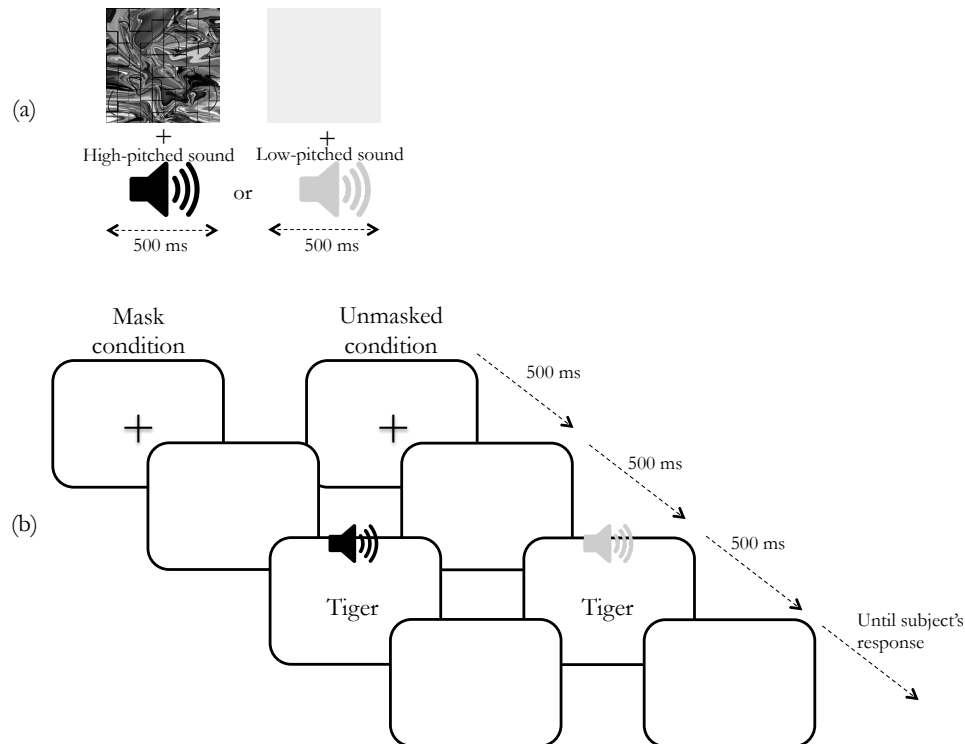


Figure 7.1: Illustration of the (a) learning phase: a mask or control stimulus is associated with a tone to be categorized (high vs. low) and (b) the test phase: a word is simultaneously presented with one of the previous tones. Words are categorized as animal or artifact.

7.2.4 Statistic analyses

For the masking experiment, responses times below 150 ms and above 1500 ms from the mean, and below or above 2.5 standard deviations from the individual means, were discarded (less than 3% of the data).

Correct response rates and mean reaction times were computed per condition and per participant. A one-way ANOVA was used with repeated measures on the mean reaction times. Due to distribution abnormalities, Chi-square tests were computed for the correct response rates.

For the word-evaluation task, the interference effect score was calculated by subtracting the mean of RT in the mask condition by the mean of RT in the control condition across participants. A higher interference effect score corresponded therefore to a high masking

effect. The mean across participant per word was used in the correlation analysis with the mean imagery rate, concreteness, subjective frequency, as well as the objective frequency and number of letters. The objective frequency comes from the Lexique database 3.8 (New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001). For all analyses, a p value of .05 was used as statistical significance.

7.3 Results

7.3.1 Learning phase

The task was accurately completed with a correct response rate of 94% regardless of the mask/non-mask presentation ($\chi^2 = 21.41$, $p = .16$). In addition, there was no significant difference in response times between conditions, $F(1, 23) < 1$. The presentation of the visual mask ($M = 498$ ms, $SE = 30$ ms) compared with the non-mask ($M = 450$ ms, $SE = 29$ ms) did not interfere with the processing of tones.

7.3.2 Test phase

The ANOVA performed on the reaction times revealed a significant effect of the tone association, $F(1, 23) = 8.21$, $p < .01$. As expected, the targets presented with the tone-mask association ($M = 628$ ms, $SE = 18$ ms) were categorized slower than ones presented with the tone-non-mask association ($M = 612$ ms, $SE = 16$ ms). The analysis performed on the error rates revealed no significant effect. There was no difference between the mask condition ($M = 94$ ms, $SE = 0.67$ ms) and the non-mask condition ($M = 94$ ms, $SE = 0.75$ ms); ($\chi^2 = 67.83$, $p = .35$).

7.3.3 Word-evaluation task and correlation analysis

Only the correlation analyses between the interference effect score associated with the mask and the visual imagery rate was significant. Higher visual imagery scores were associated with higher interference effect score (see Figure 7.2). We did not observe other significant correlation between the cognitive cost and the concreteness, the subjective and objective frequency or the number of letter (see Table 7.1).

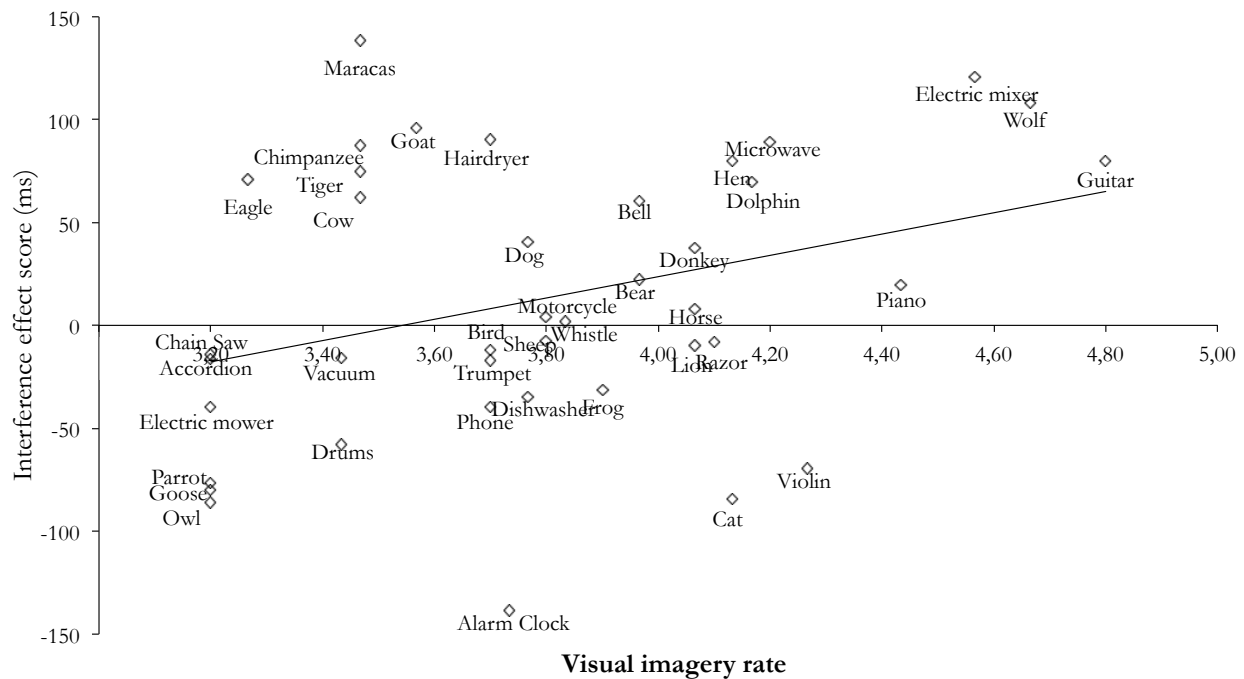


Figure 7.2: Results from the correlation analysis: scatter plot and best-fitting regression line showing relationship between interference-effect scores and visual mental imagery rate

7.4 Discussion

The present study was designed to assess two main assumptions of the grounded cognition theories: 1) the sensory nature of grounded concepts and 2) the relative weight of the visual dimension in the simulation process. The reactivation of a visually meaningless pattern (mask) in concurrent word processing should interfere with the re-enactment of the visual

Table 7.1: Correlation table between the cognitive cost and different word characteristics.

| | Cognitive Cost (<i>r</i> value) | <i>p</i> |
|----------------------|-------------------------------------|----------|
| Visual imagery | .33 | .03* |
| Concreteness | -.12 | .46 |
| Subjective frequency | -.15 | .34 |
| Objective frequency | -.11 | .48 |
| Number of letters | -.09 | .59 |

Notes. * = significant correlation ($p < .05$)

dimension in knowledge access. The reactivation of a visual mask during the processing of the word "cat" should interfere with the simulation of the visual components proper to that word. A paradigm in which the mask was reactivated in memory was chosen to avoid any attentional or direct perceptual masking effect. The results supported our prediction by showing that words were categorized more slowly when they were presented with the tone associated with the mask than when they were presented with the tone associated with the control stimulus.

In line with the grounded cognition theories, the disruption of simulation suggests that sensory dimensions (a visual component in this study) that are simulated with the word influence its retrieval (Buckner & Wheeler, 2001). If sensorimotor dimensions are necessary to the concept access, then the masking of visual components should interfere with the words processing. The present study investigated the innovative hypothesis that the disruption of simulation can occur at the conceptual level of word processing. Previous studies have reported similar simulation interference in masking paradigm (Vallet et al., 2010; Vallet, Simard, Versace, & Mazza, 2013). Contrary to these latter studies, the present experiment used words instead of photographs and used a control condition in which a simple visual pattern was also reactivated as in the mask condition. The perceptual and attentional loads of the mask and control conditions in the learning phase were similar. Moreover, the perceptual and attentional loads in the test phase were the same: a visual word and a tone. Therefore, attention cannot account for the differences between the conditions.

The relative weight of the visual dimension in conceptual access correlation analyses. We assume that the interference effect associated with the mask should depend on the visual

imagery value associated with the word. In contrast, other word characteristics, such as concreteness or frequency, should not modulate the interference effect. Supporting this assumption, our results showed a significant correlation only between interference effect score and mental imagery value. Consequently, the relative weight of the components of concepts seems to play an important role in simulation and consequently in access to conceptual knowledge. This observation is consistent with the results of [Yee, Chrysikou, Hoffman, and Thompson-Schill \(2013\)](#). They showed that individual past motoric experience with an object influences the impact of motor activity on the ability to think about these objects. Participants made verbal judgments about whether words were concrete or abstract (Experiment 1) or name objects in pictures (Experiment 2) while performing a motor concurrent task or a no-concurrent task. The interference effect from the concurrent motor task was more pronounced when participants judged objects with which they had the greatest amount of manual experience.

The present study demonstrates that word processing remains grounded in the sensory features associated with the tested concept. To our knowledge, no prior studies have shown the relative weight of the visual dimension in knowledge access. Further studies are needed in which, for instance, the number of participants should be increased in order to compute a regression analyses. Moreover, similar effects might be observed in other modalities (e.g., the reactivation of a meaningless sound could disrupt the processing of a word that is highly associated with the auditory dimension). Grounded cognition theories assume that conceptual knowledge is based on interaction with the environment. The sensory dimension will thus not be equally important in different individuals. A similar assumption relating to the comprehension of the meaning of action verb was tested with left and right-handers ([Willems et al., 2011](#)). The visual modality should be more significant among painters or photographers. Given the importance accorded to the visual dimension, the masking effect should be more pronounced in these individuals. Further studies are needed to explore this hypothesis.

Figure 7.3: Supplementary file. Complete list of the words with the corresponding number of letters, visual imagery value, concreteness value, subjective of objective frequency value.

| Target | | Number of letters | Visual imagery | Concreteness | Subjective frequency | Objective frequency |
|----------------|-----------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------------|---------------------|
| Accordéon | <i>Accordion</i> | 9 | 3,20 | 3,87 | 1,62 | 3,91 |
| Aigle | <i>Eagle</i> | 5 | 3,27 | 3,69 | 1,73 | 6,71 |
| Ane | <i>Donkey</i> | 3 | 4,07 | 3,89 | 2,00 | 13,33 |
| Aspirateur | <i>Vacuum</i> | 10 | 3,43 | 4,29 | 3,05 | 3,69 |
| Batterie | <i>Drums</i> | 8 | 3,43 | 3,89 | 2,59 | 10,17 |
| Chat | <i>Cat</i> | 4 | 4,13 | 4,63 | 3,15 | 58,49 |
| Cheval | <i>Horse</i> | 6 | 4,07 | 4,29 | 2,37 | 97,85 |
| Chèvre | <i>Goat</i> | 6 | 3,57 | 4,23 | 2,05 | 9,20 |
| Chien | <i>Dog</i> | 5 | 3,77 | 4,33 | 3,09 | 138,21 |
| Chimpanzé | <i>Chimpanzee</i> | 9 | 3,47 | 4,34 | 2,32 | 1,56 |
| Chouette | <i>Owl</i> | 8 | 3,20 | 3,54 | 1,86 | 3,80 |
| Cloche | <i>Bell</i> | 6 | 3,97 | 3,97 | 2,00 | 13,63 |
| Dauphin | <i>Dolphin</i> | 7 | 4,17 | 3,60 | 2,77 | 1,49 |
| Grenouille | <i>Frog</i> | 10 | 3,90 | 4,13 | 1,89 | 5,17 |
| Guitare | <i>Guitar</i> | 7 | 4,80 | 4,31 | 2,67 | 12,17 |
| Lave-vaisselle | <i>Dishwasher</i> | 14 | 3,77 | 4,20 | 2,90 | 0,54 |
| Lion | <i>Lion</i> | 4 | 4,07 | 4,06 | 2,06 | 17,36 |
| Loup | <i>Wolf</i> | 4 | 4,67 | 3,74 | 1,96 | 21,64 |
| Maracas | <i>Maracas</i> | 7 | 3,47 | 3,12 | 1,79 | 0,27 |
| Micro-onde | <i>Microwave</i> | 10 | 4,20 | 4,09 | 3,18 | 0,19 |
| Mixeur | <i>Electric mixer</i> | 6 | 4,57 | 3,40 | 2,09 | 0,60 |
| Moto | <i>Motorcycle</i> | 4 | 3,80 | 4,21 | 2,67 | 18,94 |
| Mouton | <i>Sheep</i> | 6 | 3,80 | 3,99 | 2,08 | 10,10 |
| Oie | <i>Goose</i> | 3 | 3,20 | 3,31 | 1,80 | 5,31 |
| Oiseau | <i>Bird</i> | 6 | 3,70 | 3,87 | 2,66 | 45,88 |
| Ours | <i>Bear</i> | 4 | 3,97 | 3,70 | 1,87 | 20,66 |
| Perroquet | <i>Parrot</i> | 9 | 3,20 | 3,90 | 1,88 | 5,88 |
| Piano | <i>Piano</i> | 5 | 4,43 | 4,08 | 2,21 | 25,01 |
| Poule | <i>Hen</i> | 5 | 4,13 | 3,87 | 2,02 | 20,10 |
| Rasoir | <i>Razor</i> | 6 | 4,10 | 3,94 | 2,72 | 11,90 |
| Réveil | <i>Alarm Clock</i> | 6 | 3,73 | 3,95 | 3,36 | 22,19 |
| Sèche-cheveux | <i>Hairdryer</i> | 13 | 3,70 | 4,13 | 2,89 | 0,49 |
| Sifflet | <i>Whistle</i> | 7 | 3,83 | 3,81 | 2,21 | 8,54 |
| Téléphone | <i>Phone</i> | 9 | 3,70 | 4,51 | 3,41 | 124,84 |
| Tigre | <i>Tiger</i> | 5 | 3,47 | 4,12 | 2,24 | 8,00 |
| Tondeuse | <i>Electric mower</i> | 8 | 3,20 | 4,06 | 2,09 | 1,61 |
| Trompette | <i>Trumpet</i> | 9 | 3,70 | 3,60 | 1,88 | 5,66 |
| Tronçonneuse | <i>Chain Saw</i> | 12 | 3,20 | 3,18 | 1,67 | 1,29 |
| Vache | <i>Cow</i> | 5 | 3,47 | 3,86 | 2,08 | 31,16 |
| Violon | <i>Violin</i> | 6 | 4,27 | 4,03 | 2,09 | 10,65 |

References

- Barsalou, L. W. (1999). Language comprehension: Archival memory or preparation for situated action? *Discourse processes*, *28*, 61–80.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual review of psychology*, *59*, 617–45.
- Bidet-Ildes, C., Sparrow, L., & Coello, Y. (2011). Reading action word affects the visual perception of biological motion. *Acta psychologica*, *137*, 330–4.
- Bonin, P., Aubert, L.-f., Malardier, N., & Niedenthal, P. M. (2003). Normes de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle pour 866 mots. *L'année psychologique*, *104*, 655–694.
- Breitmeyer, B., & Ogmen, H. (2006). *Visual masking: Time slices through conscious and unconscious vision* (Vol. 41). Oxford University Press.
- Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009). The sensory nature of episodic memory: sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, *35*, 1081–1088.
- Buckner, R. L., & Wheeler, M. E. (2001). The cognitive neuroscience of remembering. *Nature reviews. Neuroscience*, *2*, 624–34.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological review*, *6*, 407–428.
- Enns, J. T., & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in cognitive sciences*, *4*, 345–352.
- Meteyard, L., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2007). Motion detection and motion verbs: language affects low-level visual perception. *Psychological science*, *18*, 1007–13.
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet : LEXIQUETM // A lexical database for contemporary french : LEXIQUETM. *L'année psychologique*, *101*, 447–462.
- Rey, A. E., Riou, B., Cherdieu, M., & Versace, R. (2014). When memory components act as perceptual components: Facilitatory and interference effects in a visual categorisation task. *Journal of Cognitive Psychology*, *26*, 221–231.
- Taylor, K., Moss, H., & Tyler, L. (2007). *The conceptual structure account: A cognitive*

model of semantic memory and its neural instantiation.

- Vallet, G., Brunel, L., & Versace, R. (2010). The perceptual nature of the cross-modal priming effect: arguments in favor of a sensory-based conception of memory. *Experimental psychology*, *57*, 376–82.
- Vallet, G., Simard, M., Versace, R., & Mazza, S. (2013). The perceptual nature of audiovisual interactions for semantic knowledge in young and elderly adults. *Acta psychologica*, *143*, 253–60.
- Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., Labeye, E., & Brunel, L. (2014). Act-in: An integrated view of memory mechanisms. *Journal of Cognitive Psychology*, *26*, 280-306.
- Willems, R. M., Labruna, L., D'Esposito, M., Ivry, R., & Casasanto, D. (2011). A functional role for the motor system in language understanding: evidence from theta-burst transcranial magnetic stimulation. *Psychological science*, *22*, 849–54.
- Wu, L.-l., & Barsalou, L. W. (2009). Perceptual simulation in conceptual combination : Evidence from property generation. *Acta psychologica*, *132*, 173–89.
- Yee, E., Chrysikou, E. G., Hoffman, E., & Thompson-Schill, S. L. (2013). Manual experience shapes object representations. *Psychological science*, *24*, 909-919.
- Zwaan, M., R.A .and Kaschak. (2008). Language in the brain, body, and world. In P. Robbins & M. Aydede (Eds.), *The cambridge handbook of situated cognition* (pp. 386–81). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. Les approches incarnée et située de la cognition présente le concept comme étant sensori-moteur. Dans la théorie *Perceptual Symbol System* (Barsalou, 1999, 2008), Barsalou propose que les connaissances conceptuelles sont récupérées grâce aux simulateurs permettant la reviviscence des états perceptivo-moteurs lors des expériences passées. Cette étude propose tout d'abord d'explorer la nature des concepts en reprenant le paradigme de masquage précédemment utilisé. Les concepts pouvant être représentés par les mots (Collins & Loftus, 1975), un masque visuel devrait perturber l'activation des dimensions sensorielles par le mot. Le second objectif est d'investiguer l'influence du poids relatif des dimensions sensorielles engagées lors du traitement d'un concept.

Méthode. Afin d'explorer ces hypothèses, il est important de s'assurer que le masque visuel ne perturbe pas directement le traitement visuel du mot. Par conséquent, le masque a été associé à un son aigu ou un son grave afin que les éléments ne soient pas présentés dans la même modalité visuelle en phase de test. Ainsi, suite à une phase d'association entre le masque et le non-masque avec un son aigu et un son grave, les sons aigus ou graves étaient présentés simultanément à des mots que ces derniers devaient catégoriser (vivant/non-vivant). Un autre groupe de participants avaient pour consigne de juger sur une échelle de 1 à 5 le degré d'imagerie visuelle, la concrétude ainsi que la fréquence subjective des mots (voir Bonin et al., 2003).

Résultats. Les résultats montrent tout d'abord un effet de masquage, les participants ont mis plus longtemps à catégoriser les mots lorsqu'ils étaient présentés avec le son précédemment associé avec le masque que lorsqu'ils étaient présentés avec le son précédemment associé avec le non-masque. Une corrélation entre le coût cognitif et le degré d'imagerie mentale visuelle des mots est observée (et seulement avec le degré d'imagerie mentale visuelle). Plus l'image mentale visuelle associée au mot est facile à créer, plus le coût cognitif dû à la présentation du masque est élevé.

Conclusion. Les concepts sont forgés par les interactions répétées entre l'individu et son environnement. Chaque expérience vécue se traduit par des interactions sensori-motrices. Il semble alors raisonnable de penser que le poids des dimensions sensorielles puissent jouer un rôle dans l'émergence des concepts.

Perspectives. Les deux études précédentes montrent qu'un composant sensoriel (e.g., masque) peut se comporter de manière similaire qu'il soit réellement présent ou réactivé en mémoire. Si un effet de masquage peut être provoqué par un masque qui n'est pas perceptivement présent dans la situation, alors ce type d'influence des dimensions mnésiques devrait pouvoir être retrouvé sur une tâche perceptive et, plus précisément, sur des tâches induisant des biais perceptifs. Ainsi les composants mnésiques réactivées devraient pouvoir induire un biais perceptif au même titre que des composants réellement présents dans la situation.

.....

Quatrième partie

Une vision intégrée des illusions perceptives et mnésiques

Chapitre 8

Demonstration of an Ebbinghaus illusion at a memory level

**Demonstration of an Ebbinghaus Illusion at a Memory level :
Manipulation of the Memory Size and not the Perceptual Size**

Amandine E. Rey¹, Benoit Riou¹² & Rémy Versace¹

¹ EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

² ADN Marketing Science, Clermont-Ferrand (France)

Article publié dans *Experimental Psychology* - 2014

Acknowledgments. This work was supported by a graduate research allocation from the French Ministry for Higher Education and Scientific Research. We would like to thank Fabrice Guillaume and Lionel Landré for their thoughtful comments.

Abstract

Based on recent behavioral and neuroimaging data suggesting that memory and perception are partially based on the same sensorimotor system, the theoretical aim of the present study was to show that it is difficult to dissociate memory mechanisms from perceptual mechanisms other than on the basis of the presence (perceptual processing) or absence (memory processing) of the characteristics of the objects involved in the processing. In line with this assumption, two experiments using an adaptation of the Ebbinghaus illusion paradigm revealed similar effects irrespective of whether the size difference between the inner circles and the surrounding circles was manipulated perceptually (the size difference was perceptually present, Experiment 1) or merely reactivated in memory (the difference was perceptually absent, Experiment 2).

Keywords: Perception; Memory; Sensory illusion; Embodied cognition

8.1 Introduction

An increasing number of behavioral studies have investigated the influence of memory on perception (e.g., [Kaschak et al., 2005](#); [Meteyard et al., 2007](#); [Gottfried et al., 2004](#)). For example, [Hansen et al. \(2006\)](#) demonstrated the influence of memory content on the perception of colors. In one part of their experiment, the participants had to adjust the color of fruits associated with a typical color (e.g., the color yellow for a banana) or of uniform spots of light (control condition) until they appeared in the same shade of gray as the background. The results showed that the participants adjusted the color of the object to its opposing color. For example, they adjusted the color of the banana to a slightly bluish hue in order to display it in the same shade of gray as the background. However, no such effect was found for the uniform spots of lights since these were not associated with a typical color in memory. This finding suggests that objects associated with a typical color tend to be perceived in this color (see also [Olkkonen, Hansen, & Gegenfurtner, 2008](#)). [Goldstone \(1995\)](#) also demonstrated that the activation of memory content related to an object influenced the perception of the object. In his experiment, he showed that the category membership of an object in memory influenced its perception. A first category of objects was arbitrarily associated with the category "red" (e.g., E, L, T) whereas a second category of objects was associated with the category "violet" (e.g., 6, 8, 9). The objects belonging to the "red" category were judged to be more red than other objects with precisely the same color which belonged to another category. The reactivation of the color in memory therefore influenced color perception. Supporting these data, many neuroimaging studies have highlighted the role played by neuronal systems that are shared between perceptual and memory mechanisms (for a review, see, e.g., [Versace et al., 2009](#); [Slotnick, 2004](#)). For instance, [Wheeler et al. \(2000\)](#) demonstrated that the retrieval of visual and auditory information involves the activation of certain sensory regions that are also activated during the perception of the items.

Other behavioral studies support the idea that the influences of perception and memory are symmetric. [van Dantzig et al. \(2008\)](#) asked their participants to decide whether a perceptual stimulus appeared on the left or on the right of the screen. This perceptual stimulus could be presented in one of the three following modalities: vision, audition or touch. The participants then had to perform a property-verification task. The results showed that the

participants took longer to perform this property-verification task when the trials were preceded by a perceptual stimulus in a different modality than in the same modality. The authors proposed that conceptual and perceptual processing are partially based on the same sensorimotor system. In confirmation of this idea, an increasing number of studies (e.g., Vermeulen et al., 2009) have reported a modality-switch effect across perceptual and memory processing. Continuing in the same line of research, Riou et al. (2011) focused on the perception of size. They demonstrated that the computation of the perceptual size difference between objects implied the intervention of typical size difference in memory and that memory and perception share resources. Vermeulen et al. (2008) suggested manipulating the modality of the processed conceptual properties and the type of sensory load (visual or auditory in both cases). They showed that when exposed to a high sensory load, participants took longer to verify the properties of an object when the conceptual process and sensory load involved the same modality than when they involved different modalities. The authors therefore suggested that perceptual and conceptual processes share resources and that processing becomes costly when the resources available for a given sensory modality are subjected to high demands.

The above-mentioned studies suggest that perceptual and memory mechanisms operate simultaneously. However, a crucial question that remains is whether the results reflect reciprocal interactions between the memory and perceptual processes (top-down mechanisms) that are underpinned by independent cognitive and neuronal systems or whether they point to the existence of shared systems or systems which, at least, possess significant overlaps. Demonstrating the simultaneity of the perceptual and memory mechanisms does not necessarily imply that there are shared neuronal systems and shared forms of "representations". Nevertheless, the observation that perceptually present components and (perceptually absent) activated components produce similar effects could provide support for the shared systems hypothesis.

Our main goal in the present study was to provide a further demonstration of the involvement of shared forms of "representations" and systems in perceptual and memory mechanisms. To do so, we wanted to provoke an effect that is typically associated with visual mechanisms by means of an absent visual size difference. More specifically, we wanted to demonstrate that a perceptual illusion (of a size difference) can be induced through the memory activation of

perceptual properties without actually manipulating the perceptual properties of the stimuli. To do this, we used an adaptation of the Ebbinghaus illusion paradigm. In the Ebbinghaus illusion, the perceptual judgment of size is dissociated from physical stimulation since there is no perceptual difference in the size of the inner circles to which the subjects' judgments relate. In the best-known version of this illusion, two test circles of identical size are placed close to each other. Large inducer circles surround one of these while the other is surrounded by small inducer circles. The (small or large) size of the inducers generates a bias in the perceptual judgment of the size of the test circles. Thus, the test circle surrounded by large inducers appears smaller than the other one and conversely. In our experiments, the inner circles were either of the same or different sizes and the participants had to decide whether they were identical or different. First, when the test circles had the same size, the configuration of the stimuli should give rise to the standard Ebbinghaus illusion, i.e., it should induce a perceived difference between the test circles. The participants should be tempted to categorize the circles as different even if they were identical in size. Consequently, we assumed that in general the participants should take longer to respond "identical" when the inner circles were identical than "different" when they were different (because of the perceptual bias induced by the configuration of the stimuli in the Ebbinghaus illusion). Second, when the inner circles were different, the illusion engendered by the size contrast between the inner and inducer circles could either increase or decrease the magnitude of the illusion. Thus, when there was a real size difference between the inner circles, we assumed that the participants should respond faster when the configuration of the stimuli induced an increase in the magnitude of the illusion (enhance condition) than when it led to a reduction in the magnitude of this illusion (decrease condition).

In Experiment 1, the size of the inducers was manipulated perceptually, that is to say the size difference was perceptually present. However, in Experiment 2, the size of the inducers was only reactivated in memory. There was no actual or perceptual size difference between them. The first phase of Experiment 2 was based on the hypothesis that the repetition of an association between a color (blue or red) and a size (large or small) should permit the integration of these two dimensions in memory (cf. [Brunel et al., 2009](#)). In the test phase, blue and red inducers with the same perceptual size replaced the large and small inducers used in Experiment 1. Thus, thanks to the size-color association, the blue and red circles

differed at the level of memory size but not at the level of perceptual size. We hypothesized that if perceptual and memory mechanisms involve shared forms of "representations" and systems, then similar effects should be observed in Experiment 1 and Experiment 2. Finally, a control experiment (Experiment 3) was conducted in order to ensure that the difference in the color of the inducers introduced in Experiment 2 could not by itself generate an illusion.

8.2 Experiment 1: Ebbinghaus illusion induced by perceptual size

8.2.1 Method

Participants

Twenty-four participants volunteered to take part in the experiment and all of them completed a written consent form. They were all students at the University of Lyon 2 and they had normal or corrected-to-normal vision.

Stimuli and material

Stimuli inspired by the Ebbinghaus illusion were used. Three types of stimuli were used. They are depicted in Figure 8.1. The stimuli were always composed of two test circles which size was either identical, with a diameter of 1.5 cm or different with a diameter of 1.2 cm and 1.8 cm. The two inner test circles were surrounded either by six small inducers or six large circles (the inducers circles). The large inducers (with a diameter of 2.2 cm) were on the right and the small inducers (with a diameter of 0.8 cm) were on the left for half of the trials, this configuration being inverted for the other half of the trials. The choice of six inducers was based on the study of [Massaro and Anderson \(1971\)](#), which demonstrated that the magnitude of the illusion is a growth function of the number of inducers (in their

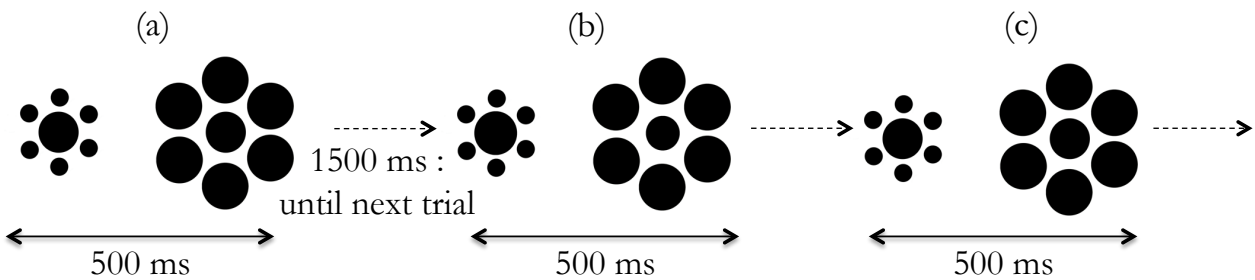


Figure 8.1: Illustration of the experimental protocol with the stimuli for the (a) identical condition, (b) magnified condition, (c) decreased condition (Experiment 1).

experiment, participants considered all the test circles smaller or larger when there were six inducers). The configuration in which the size of the test circles was identical corresponded to the “identical condition” (Figure 8.1a). The configurations in which the size of the test circles was different corresponded to the two others conditions in which the effect was enhanced or decreased. For the stimuli of “enhance condition”, the smaller inner circle was surrounded by the large inducers, and the larger inner circle was surrounded by the small inducers, which should increase the perceived size difference (Figure 8.1b). In the “decrease condition”, the smaller inner circle was surrounded by the small inducers, and the larger inner circle was surrounded by the large inducers, which should decrease the perceived size difference (Figure 8.1c). For the identical condition, the distance between the test circle and the inducers was 0.8 cm. For the enhance and decrease condition, the distance between the small test circle and the inducers was 1.1 cm, and the distance between the large test circle and the inducers was 0.5 cm.

Procedure and design

The experiment was conducted on a Macintosh IMac. PsyScope software X B57 (Cohen et al., 1993) was used to set up and manage the experiment. Each participant was tested

individually during a session that lasted approximately 10 minutes. Each participant was tested individually during a session that lasted approximately 10 minutes. After a fixation point presented for 500 ms, participants had to judge as quickly and accurately as possible whether the sizes of the two test circles were identical or different. They indicated their choice by pressing the appropriate key (the key “a” or “p” on the keyboard), the assignment of keys “a” and “p” to the identical and different response was counterbalanced across participants. The stimuli were presented for 500 ms and the inter-trial interval was 1500 ms. The “identical” stimuli were presented 30 times and the “enhance” and “decrease” stimuli were presented 15 times each.

8.2.2 Results

The mean correct response latencies and the error rates were calculated across participants for each experimental condition. Latencies that differed by more than 3 standard deviations from the individual means in each condition were discarded (less than 5% of the data). Separate analyses of variance were performed on the latencies and percentages of correct responses. The data analyses were performed using STATISTICA (version 8.0, StatSoft, Inc.).

A first analysis was performed with subjects as random variable and Test circle size (the comparison between the responses for the “identical” and “different” stimuli) as within-subjects factor. The analysis of latencies showed that the participants took significantly longer to correctly categorize the “identical” stimuli than the “different” stimuli, $F(1, 23) = 5.29$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .19$. The perceptual size of the inducers created a bias in the perception of the size of the inner circles, with the result that the participants took longer to identify the identical test circles in the identical condition (see Table 8.1). The analyses performed on the error rates revealed no significant effect, $F(1, 23) < 1$.

A second analysis was performed with subjects as random variable and Manipulation of illusion (enhanced and decreased conditions) as within-subjects factors. Analyses of latencies indicated that participants were faster in the enhance condition than in the decrease

Table 8.1: Means and standard deviations for reaction times and errors rate for Experiment 1 (standard errors in parentheses).

| Experiment 1 | | | |
|--------------------------|-----------|--------------------|----------------|
| Perceptual illusion | | | |
| | | Response Time (ms) | Error Rate (%) |
| Test circles size | Identical | 956 (27.22) | 28.4 (19.10) |
| | Different | 926 (24.05) | 30.44 (10.96) |
| Manipulation of illusion | Enhanced | 831 (24.26) | 4.92 (5.69) |
| | Decreased | 1024 (35.63) | 53.04 (18.20) |

condition, $F(1, 23) = 26.55$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .54$. The analyses performed on the error rates revealed that the participants made more errors in the decrease condition than in the enhance condition, $F(1, 23) = 226.56$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .91$.

A signal detection measure (d' s) for each experimental condition was calculated. The d' indicates the strength of the signal relative to the noise, it corresponds to the z -value of the proportion of hits minus the z -value of the proportion of false alarms (Macmillan & Creelman, 2004). A “different” response given when the test circles are different corresponds the hit (i.e., correct responses on the “enhance” and “decrease” trials) whereas a “different” response given when the test circles are identical corresponds to a false alarm (i.e., errors on the “identical” trials). Therefore the same false alarm rate was used in the “enhance” and the “decrease” conditions assuming constant bias between conditions. The d' s were subjected to an analysis of variance (ANOVA) with Manipulation of illusion (enhance and decrease conditions) as within-subjects factors. The d' s revealed a significant main effect, it was easier for the participants to perceive a difference in the enhance condition ($d' = 2.29$) than in the decrease condition ($d' = 0.42$), $F(1, 23) = 344.94$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .94$.

As expected, the perception of the difference was affected by the size of the inducers. When the smaller inner circle was surrounded by the large inducers, and the larger inner circle surrounded by the small inducers, the perceived size difference was increased. In contrast, when the smaller inner circle was surrounded by the small inducers, and the larger inner circle by the large inducers, the perceived size difference was decreased. Moreover, slower RTs were observed for the categorization of “identical” stimuli than for that of “different” stimuli and the configuration of the stimuli made it possible to create a perceptual bias similar to that

observed in the Ebbinghaus illusion. The aim of Experiment 2 was to replicate these results in a design in which the perceptual size difference between the inducer circles was replaced by a memory size difference.

8.3 Experiment 2: An Ebbinghaus illusion induced by a size difference reactivated in memory

8.3.1 Method

Participants

Twenty-four students were recruited for this second experiment. They had normal or corrected-to-normal vision. None of these students had taken part in Experiment 1.

Stimuli and material

In the learning phase, the experimental stimuli consisted of two circles of two different sizes: large (diameter of 6.6 cm) vs. small (diameter of 3.2 cm). For half of the participants, the small circles were blue and the large circles were red and the configuration was reversed for the other half of the participants. In the test phase, the stimuli were identical to those used in Experiment 1, with the exception of the inducers, which all had the same diameter (1.5 cm) and were either blue or red (see Figure 8.2). The stimuli of the enhance condition consisted of a small test circle surrounded by six circles whose color had been associated with the larger size during the learning phase and a large test circle surrounded by six circles whose color had been associated with the smaller size during the learning phase. In contrast, the stimuli of the decrease condition consisted of a small test circle surrounded by six circles whose color had been associated with the smaller size during the learning phase and a large test circle surrounded by six circles whose color had been associated with the larger size

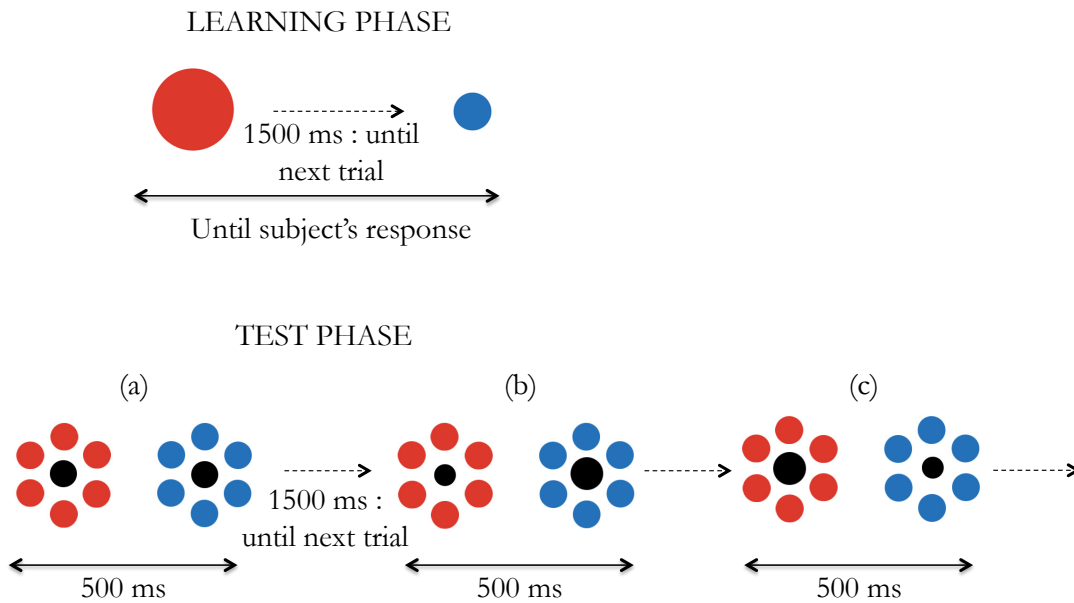


Figure 8.2: Illustration of the experimental protocol with the stimuli for the (a) identical condition, (b) magnified condition, (c) decreased condition (Experiment 2), for the group trained with large red circle and small blue circle.

during the learning phase.

Procedure and design

Each participant was tested individually during a session that lasted approximately 15 minutes. The experiment consisted of two phases. In the learning phase, the two types of circles, blue and red, were presented in the center of the screen for 500 ms and the inter-trial interval was 1500 ms. The participants were told to judge as quickly and accurately as possible whether the circle was blue or red. They indicated their response by pressing the appropriate key on the keyboard (the key “x” or “n” on the keyboard). Each category of circle was presented 30 times in a random order in order to create a color-size association. For half of the participants, all the large circles were red and the small circles were blue and

conversely for the other half of the participants. The procedure used in the test phase was the same as in Experiment 1.

8.3.2 Results

Learning phase

The overall correct response rate of 98% for the size category indicates that the participants performed the task accurately.

Test phase

The mean correct response latencies and error rates were calculated across participants for each experimental condition. Latencies that differed by more than 3 standard deviations from the individual means in each condition were discarded (less than 5% of the data). A first analysis was performed with subjects as random variable and Test circle size as within-subjects factor. The analysis performed on the error rates revealed no significant effect of Test circle size [$F(1, 23) = .52$]. This result might be due to ceiling effects since the overall correct response rate was 90%. In contrast, the analyses of latencies revealed a main effect of Test circle size, $F(1, 23) = 8$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .26$ (see Table 8.2). As expected, the “identical” stimuli were categorized less rapidly than the “different” stimuli.

Table 8.2: Means and standard deviations for reaction times and errors rate for Experiment 2 (standard errors in parentheses).

| Experiment 2 Memory illusion | | | |
|---------------------------------|-----------|--------------------|----------------|
| | | Response Time (ms) | Error Rate (%) |
| Test circles size | Identical | 836 (24.96) | 9.56 (9.82) |
| | Different | 804 (23.06) | 10.64 (11.26) |
| Manipulation of illusion | Enhanced | 794 (21.04) | 8.76 (12.15) |
| | Decreased | 815 (25.90) | 12.52 (11.17) |

A second analysis was performed with subjects as random variable and Manipulation of illusion as within-subjects factor. The analysis performed on the error rates showed that the participants committed more errors in the decrease condition than in the enhance condition, $F(1, 23) = 7.68, p < .01, \eta_p^2 = .25$. According to the latency analyses, the participants were faster in the enhance condition than in the decrease condition, $F(1, 23) = 4.47, p < .05, \eta_p^2 = .16$.

As for Experiment 1, we calculated signal detection measures (d' s) for each experimental condition. As expected, the d' s revealed a significant main effect, participants tended to perceive a difference more easily in the enhance condition ($d' = 2.96$) than in the decrease condition ($d' = 2.76$), $F(1, 23) = 5.74, p = .01, \eta_p^2 = .20$.

The results showed similar effects in Experiment 1 and Experiment 2. The reactivation of the size associated with the colors induced a bias in the perceptual judgment of the size of the test circles (see Table 8.2). However, it is also possible to argue that judgments of differences can be influenced by the presence of any difference on the screen. Although the difference between the “enhance” and “decrease” conditions could not be explained by the difference of colors of the inducers, the slower RTs for the “identical” responses in Experiment 2 might be due to this difference. Since the participants perceived a difference in color on the screen, they would have taken longer to make the “identical” responses. Experiment 3 was conducted in order to understand if this effect was due to the memory-based size difference or to the perceptual difference in the color of the inducers. A learning phase was included in Experiment 3 in order to obtain the same protocol as in Experiment 2 even if the color-size association was not reactivated in the test phase (the colors of the circles in the learning phase were different from those in the test phase). Thus, if the effect is not induced by the color difference, no illusion was expected.

8.4 Experiment 3: Control experiment

8.4.1 Method

Participants

Twenty-four students with normal or corrected-to-normal vision took part in this third experiment.

Stimuli and material

The same experimental stimuli as in Experiment 2. In the learning phase, the red and blue circles were replaced by green and yellow circles.

Procedure and design

The experimental design was the same as in Experiment 2. However, in the learning phase, green and yellow circles (small or large) were presented in order to create a color-size association. In the test phase, the participants had to categorize the size of the test circles, which were surrounded by six red or blue inducers (of the same size), as “identical” or “different”. Thus, in this experiment, the color-size association was not reactivated in the test phase, and therefore no illusion was expected.

8.4.2 Results

The same cut-off as in Experiments 1 and 2 (3 standard deviations from the mean leading to < 5% of the data being eliminated) was used in this experiment. The same analyses were also performed for the Test circle size condition.

Leaning phase

The overall correct response rate of 97% for the size category indicates that the participants performed the task accurately.

Test phase

The analyses performed on the error rates and latencies (see Table 8.3) revealed no significant difference between the identical and different test circle size conditions (respectively $F(1, 23) = 1, 12$ for error rates, and $F(1, 23) = 2, 08$, $p = .16$, $\eta_p^2 = .08$ for latencies). This lack of difference demonstrated that a difference in color between the inducers is not sufficient to slow down the "identical" responses. This suggests that the effect obtained in Experiment 2 was due to the reactivation of the size by the color and not simply to a perceptual difference between the colors on the screen.

Table 8.3: Means and standard deviations for reaction times and errors rate for Experiment 3 (standard errors in parentheses).

| Experiment 3 | | | |
|--------------------|-----------|--------------------|----------------|
| Control Experiment | | | |
| | | Response Time (ms) | Error Rate (%) |
| Test circles size | Identical | 803 (17.43) | 5.76 (4.05) |
| | Different | 788 (18.82) | 6.92 (4.41) |

8.5 Discussion

The aim of the present work was to demonstrate that it is difficult to dissociate memory mechanisms from perceptual mechanisms other than on the basis of the presence (perceptual processing) or absence (memory processing) of the characteristics of the objects involved in the processing. In accordance with this assumption, we used an adaptation of the Ebbinghaus illusion paradigm in two experiments in order to demonstrate that similar effects can be observed whether the size difference between the inner circles and the inducers is manipulated

perceptually (the size difference is perceptually present, Experiment 1) or only reactivated in memory (it is perceptually absent, Experiment 2). In both experiments, the participants had to categorize the two test circles as identical or different on the basis of their size.

In Experiment 2, the size of the inducers was not manipulated perceptually but was reactivated in memory through the use of different colors which had been associated with different sizes during a learning phase. In both experiments, the participants tended to perceive a difference even if the sizes of the two test circles were identical and therefore took longer to make “identical” responses than different responses. In Experiment 1, the perceptual size of the inducers created a bias in the perception of the size of the inner circles. In Experiment 2, the same effect was obtained, despite the fact that the perceptual size of the inducers was identical. It was therefore the color of the inducers that reactivated the different sizes in which they been displayed during the learning phase. Similarly, in both experiments, RTs were faster when the configuration of the stimuli enhanced the illusion, there were fewer mistakes and it was easier to perceive the difference between the test circles in the enhance condition than in the decrease condition.

A large number of neuroimaging studies have highlighted the fact that sensorimotor areas are activated during a memory task even if these areas are not involved in ongoing perceptual processing (Paulesu et al., 1995; Martin, Haxby, & Lalonde, 1995; Martin & Chao, 2001). Similarly, neuroimaging research has shown that common areas are activated during perceptual or memory tasks (Simmons et al., 2005; Wheeler et al., 2000), thus providing evidence that memory and perceptual activities make use of the same cerebral areas. As far as behavioral research is concerned, an increasing number of studies have investigated the influence of memory on perception and demonstrated that memory dimensions are activated during perceptual activity (e.g., Kellenbach, Brett, & Patterson, 2001; Brunel et al., 2009; Riou et al., 2011). However, simply demonstrating the simultaneous functioning of perceptual and memory mechanisms is not enough to warrant the argument that shared systems and shared components are involved.

In principles, a semantic congruency account could explain the results in Experiment 2. At first sight, there were more differences in size in the enhance condition than in the

decrease condition. In the enhance condition, the relative size of the test circles (e.g., small size in one stimulus) and the reactivated size of the inducers (e.g., large size in the same stimulus) were semantically different. In the decrease condition, the relative size of the test circles (e.g. small size) and the reactivated size of the inducers (e.g. small size in the same stimulus) were semantically identical. This could explain why participants were faster to respond “different” in the enhance condition than in the decrease condition. However, the same similarity or difference between the relative size of the test circles and the relative size of the inducers is also present in Experiment 1. Therefore, the semantic congruency explanation would apply equally to those results. Moreover, in both experiments, there was still an absolute perceptual or reactivated size difference between the test circles and the inducers in the "decrease" condition, rendering the semantic congruency explanation rather difficult to maintain.

In the present study, our aim was to demonstrate that a memory dimension can replace a perceptual dimension, and therefore that similar effects can be obtained with either perceptual or memory activations. Our results show that a perceptual judgment of size is influenced by the reactivated memory size in the same way as it is influenced by the actual perceptual size (see also, [Labeye et al., 2008](#)). These results are consistent with the situated cognition perspective (e.g., [Barsalou, 2008](#); [Clancey, 1997](#)) (see also, the theory of embodied cognition as described, for example, by, [Damasio, 1989](#); [Edelman, 1987](#); [Glenberg, 1997](#)). To be effective, the knowledge involved in our cognitive activities must be closely linked to the goals we have set ourselves and, more generally, to the situation in which the activity is performed. This ability to adapt to specific situations would not be possible unless knowledge were derived from the reactivation of memory traces of past experiences since these traces retain the features of the situations in which they were formed. Memory is therefore involved at two levels: 1) in the formation of the present perceptual experience; and 2) in establishing a relation between this perceptual experience and prior perceptual experiences. The present study provides an evidence in favor of the first level.

References

- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual review of psychology*, *59*, 617–45.
- Clancey, W. J. (1997). Situated cognition: On human knowledge and computer representations. *Cambridge University Press*.
- Cohen, J., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *25*, 257–271.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, *33*, 25–62.
- Edelman, G. M. (1987). *Neural darwinism: The theory of neuronal group selection*. Basic Books.
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *The Behavioral and brain sciences*, *20*, 1–55.
- Goldstone, R. L. (1995). Effects of categorization on color perception. *Psychological Science*, *6*, 298–304.
- Gottfried, J. a., Smith, A. P. R., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2004). Remembrance of odors past: human olfactory cortex in cross-modal recognition memory. *Neuron*, *42*, 687–95.
- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature neuroscience*, *9*, 1367–1368.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M. E., Blanchard, A., et al. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, *94*, B79–889.
- Kellenbach, M. L., Brett, M., & Patterson, K. (2001). Large, colorful, or noisy? Attribute- and modality-specific activations during retrieval of perceptual attribute knowledge. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, *1*, 207–21.
- Labeye, E., Oker, A., Badard, G., & Versace, R. (2008). Activation and integration of motor components in a short-term priming paradigm. *Acta psychologica*, *129*, 108–11.
- Macmillan, N. A., & Creelman, C. D. (2004). *Detection theory: A user's guide*. Psychology

- press.
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current opinion in neurobiology*, *11*, 194–201.
- Martin, A., Haxby, J., & Lalonde, F. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*, *270*, 102–105.
- Massaro, D. W., & Anderson, N. H. (1971). Judgmental model of the Ebbinghaus illusion. *Journal of Experimental Psychology*, *89*, 147–151.
- Meteyard, L., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2007). Motion detection and motion verbs: language affects low-level visual perception. *Psychological science*, *18*, 1007–13.
- Olkkonen, M., Hansen, T., & Gegenfurtner, K. R. (2008). Color appearance of familiar objects : Effects of object shape , texture , and illumination changes. *Journal of Vision*, *8*, 1–16.
- Paulesu, E., Harrison, J., Baron-Cohen, S., Watson, J. D., Goldstein, L., Heather, J., et al. (1995). The physiology of coloured hearing. A PET activation study of colour-word synaesthesia. *Brain : a journal of neurology*, *118*, 661–76.
- Riou, B., Lesourd, M., Brunel, L., & Versace, R. (2011). Visual memory and visual perception: when memory improves visual search. *Memory & Cognition*, *39*, 1094–1102.
- Simmons, W. K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2005). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex*, *15*, 1602.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, *3*, 207–221.
- van Dantzig, S., Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2008). Perceptual processing affects conceptual processing. *Cognitive Science*, *32*, 579–590.
- Vermeulen, N., Corneille, O., & Niedenthal, P. M. (2008). Sensory load incurs conceptual processing costs. *Cognition*, *109*, 287–94.
- Vermeulen, N., Mermillod, M., Godefroid, J., & Corneille, O. (2009). Unintended embodiment of concepts into percepts: sensory activation boosts attention for same-modality concepts in the attentional blink paradigm. *Cognition*, *112*, 467–72.
- Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*, 522–560.
- Wheeler, M. E., Peterson, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory’s echo: Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*, 11125–11129.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. A la suite des chapitres 6 et 7 dans lesquels les dimensions conceptuelles induisaient un effet de masquage, l'objectif de cette étude était de démontrer que des variables mnésiques peuvent induire un biais de jugement présent dans une illusion perceptive. Pour cela, l'étude se base sur l'illusion d'Ebbinghaus dans laquelle la différence de taille des cercles périphériques induit un biais dans la perception de la taille des cercles centraux (effet de contraste). La taille perceptive des inducteurs (cercles périphériques) a été remplacée par une taille réactivée en mémoire.

Méthode. Dans la première expérience, les deux cercles centraux étaient soit de même taille (condition identique), soit de tailles différentes de manière à amplifier (condition augmentation) ou affaiblir (condition diminution) le biais perceptif de l'illusion. Dans l'Expérience 1, la taille perceptive des inducteurs étaient manipulée tandis que dans l'Expérience 2 il s'agissait de la taille réactivée en mémoire. Pour cela, l'Expérience 2 était composée d'une phase supplémentaire afin de créer une association non explicite entre une taille de cercle (grande ou petite) et une couleur (rouge ou bleue). Dans toutes les expériences, les participants devaient dire si les cercles centraux étaient de taille identique ou différente.

Résultats. Deux résultats similaires ont été mis en évidence dans les deux expériences, que la taille des inducteurs soit perceptive ou réactivée en mémoire. Tout d'abord, les participants sont plus lents à catégoriser les items de la condition "identique" plutôt que les items pour lesquels les cercles centraux sont différents. En effet, même dans la condition "identique", les participants ont tendance à percevoir les cercles centraux comme étant différents ce qui ralentit leur catégorisation. Ensuite, les participants sont plus rapides, ils effectuent moins d'erreurs, et la perception de la différence est plus facile pour les items de la condition "augmentation" que pour les items de la condition "diminution".

Conclusion. Les résultats de cette étude montrent la possibilité de recréer le biais de l'illusion en remplaçant la taille perceptive par une taille réactivée en mémoire. L'observation

d'effets similaires rend peu plausible la dissociation entre processus perceptifs et mnésiques en termes de hiérarchie et de séquentialité. Ces résultats nous amènent à proposer que l'intervention de processus perceptifs ou mnésiques est déterminée essentiellement par le caractère présent ou absent des composants traités. La mémoire intervient alors à deux niveaux : dans la formation de l'expérience perceptive présente et dans la relation entre l'expérience perceptive et les expériences passées.

Perspectives. L'intervention des dimensions mnésiques a été rendue possible par la réactivation d'une taille par association avec une couleur. Afin d'explorer davantage le principe de simulation, l'étude suivante propose d'utiliser du matériel plus écologique en écartant l'association entre couleur et taille précédemment créée.

.....

Chapitre 9

Memory is Deceiving in Ebbinghaus illusion

.....

**Memory is Deceiving :
a Typical Size Induces the Judgment Bias in the Ebbinghaus Illusion**

Amandine E. Rey, Benoit Riou & Rémy Versace

EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

.....

Article accepté pour publication dans *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society*.

L'ensemble du matériel utilisé dans cette étude est présenté en Annexe C.

Abstract

Grounded cognition theories state that conceptual knowledge is closely linked to the current situation and embodied in sensory dimensions. Alongside the interaction with the environment, knowledge related to our environment is continually recovered from memory. Thus, the perceptual situation is closely linked to the reactivated traces in memory. Visual illusions correspond to a situation in which the perceived image differs from the objective image. In order to explore the link between conceptual processes and perceptual processes, we used the Ebbinghaus illusion and replaced the perceptual size difference of the inducers by a typical size difference simulated in memory (animals with a typically large or small size were used as inducers). Results showed a bias in judgments of the size of the test elements even when the inducers did not have different physical sizes but only reactivated different sizes in memory.

Keywords: Embodied cognition; Simulation; Visual illusion; Memory; Perception

9.1 Introduction

A fascinating phenomenon in psychology, referred to as the “contrast effect” (Von Helmholtz, 1866), can be illustrated by the following example: individuals tend to perceive a person as being smaller when he or she is standing in front of a large building (Smith, 1728). Similarly, a sports announcer looks shorter when surrounded by a team of basketball players but taller when interviewing racehorse jockeys. The contrast effect is observed in some optical illusions. In the Ebbinghaus illusion, the magnitude of the contrast effect varies as a function of the physical similarity (Coren & Miller, 1974) and the conceptual similarity (Coren & Enns, 1993) between the test element and the inducers (surrounding elements). Illusions can be generated by inappropriate or misapplied knowledge (Gregory, 1997). Individuals construct conceptual knowledge throughout their lives through their interactions with the environment. That is why Binet (1895) used age as a predictor of sensitivity to visual illusion and made the assumption that young children and adults would not react in the same way to the contrast effect illusion. He demonstrated that bias in the Müller-Lyer illusion declines with age, with young children being more susceptible to the illusion than adults (see also Wohlwill, 1960; Predebon, 1985). However, in these studies, knowledge appears as a broad and undefined notion.

In grounded cognition theories, conceptual knowledge involves the activation of sensorimotor properties and is grounded in simulations of actual interactions with the environment (Barsalou, 2005; Wu & Barsalou, 2009; Meteyard et al., 2007). The simulators consist of the common neuronal patterns that are activated during the perceptual processing of an object (Barsalou, 2003). Thus, the processing of an object implies the reactivation in memory of all the sensorial properties that are associated with this object. The simulation is contextual and occurs in the same areas that are involved in perception (Slotnick & Schacter, 2006; Simmons, Hamann, Harenski, Hu, & Barsalou, 2008). Many behavioral studies have shown that knowledge is based on the activation of sensorimotor components and involves the simulation of concepts. The simulation can relate to, for instance, the color (Goldstone, 1995), the shape (Zwaan & Yaxley, 2004) or the size of objects (Solomon & Barsalou, 2004). According to this framework, conceptual knowledge can influence perceptual tasks. For instance, the simulation of typical size influences judgments in a categorization task (Ferrier, Staudt, Reilhac,

Jiménez, & Brouillet, 2007) and visual search are affected by typical size in memory (Riou et al., 2011).

One frequently studied size contrast effect is the Ebbinghaus illusion. In this illusion, the perceptual judgment of size is dissociated from physical stimulations. Individuals perceive a difference even if there is no perceptual difference in the size of the test circles (inner circles). In the best-known version of this illusion, two test circles of identical size are placed close to each other. Large inducers (surrounding circles) surround one of these test circles, while small inducers surround the other test circle. The small or large size of the inducers generates a bias in the perceptual judgment of the size of the test circles. Thus, the test circle surrounded by large inducers appears smaller than the other and, conversely, the test circle surrounded by small inducers appears larger.

Using the Ebbinghaus illusion, Rey, Riou, and Versace (in press) manipulated the presence or absence of a difference in inducer size. In a first experiment, the inducers were physically different in size (as in the best-known version of the illusion). In a second experiment, the inducers were physically identical in size but were presented in different colors (blue or red). A color-size association was created in a first phase in which the participants had to categorize the circles according to their color. In this phase, the red were large and the blue circles were small (the association was counterbalanced across participants). Thus, in a test phase, the red inducers reactivated a large size in memory and the blue inducers reactivated a small size, even if the inducers had the same physical size. In both experiments, the participants had to judge whether the test circles were identical or different in size. The stimuli were designed in a way that either enhanced or diminished the perceptual bias. The results revealed similar effects in the two experiments, i.e. slower RTs and a higher correct response rate were observed when the stimuli induced an enhanced bias than when they induced a diminished bias. The reactivation of the size previously associated with the colors induced a bias in the perceptual judgment of size. A perceptually absent size (reactivated size) can therefore influence the judgment of the size of different stimuli.

In line with this study, the present research assesses the following assumption: the simulation of a typical size should induce a contrast effect between the test circles in the same way

as the perceptually present size in the Ebbinghaus illusion. Rather than using an association to reactivate a size in memory, the present experiment was designed to use a typical size already present in memory (i.e., by using items that had been already be associated with a size in memory by the individuals themselves during their past experiences). The inducers all had the same physical size and were replaced by photographs of typically large or typically small animals. The test circles could be identical or different in size. The participants had to categorize these test circles as identical or different. Two main assumptions were formulated. First, when the test circles are the same size (identical condition), participants should be tempted to categorize them as different since the classical configuration of the Ebbinghaus illusion induces a difference between them. Consequently, participants should take longer to respond when the test circles are identical than when they are different. Second, when the test circles differ in size, the bias engendered by the contrast effect should increase (enhance condition) or decrease (decrease condition). Consequently, participants should respond faster when the configuration of the stimuli induces an increase in the magnitude of the illusion (enhance condition) than when it leads to a reduction in the magnitude of this illusion (decrease condition).

9.2 Method

9.2.1 Participants

Twenty participants volunteered to take part in the experiment (16 women, $M_{age} = 22.13 \pm 3.40$). All of them had normal or corrected-to-normal vision and were native French speakers.

9.2.2 Stimuli and material

Each stimulus was composed of a right part with a test circle and six inducers and a left part with another test circle and other inducers.

Inducers. Eight gray-scale photographs of animals were selected: four animals with a typically large size (an elephant, a hippopotamus, a bear and a rhinoceros, i.e. taller than 100 cm) and four animals with a typically small size (a rabbit, a squirrel, a mouse and a hamster, i.e. smaller than 10 cm). These large or small animals acted as the inducers. In each stimulus, the inducers consisted of one of the large animals (e.g., six circles with an elephant in the right section) and one of the small animals (e.g., six circles with a rabbit in the left section). All the inducers had the same diameter (1.5 cm). Each large animal was presented together with each small animal, giving a total of 32 combinations (16 combinations with the large animals on the left and the small animals on the right and 16 combinations with the opposite configuration). All the pictures had the same format (386×260 pixels with a resolution of 72×72 dots per inch).

Test circles and conditions. The stimuli also contained two test circles which were either identical in size with a diameter of 1.5 cm (“identical” condition) or different in size with a diameter of 1.2 cm or 1.8 cm (“enhance” and “decrease” conditions). Three conditions were created and are depicted in Figure 9.1. The configuration of the stimuli in which the size of the test circles was identical corresponded to the “identical condition” (Figure 9.1a). In this condition, the distance between the test circle and the inducers was 0.8 cm. The configurations in which the test circles differed in size corresponded to the other two conditions in which the effect was enhanced or decreased. For the stimuli in the “enhance condition”, the smaller test circle was surrounded by the large inducers, and the larger test circle was surrounded by the small inducers, a configuration which should increase the perceived size difference (Figure 9.1b). In the “decrease condition”, the smaller test circle was surrounded by the small animals, and the larger test circle was surrounded by the large animals, a configuration which should decrease the perceived size difference (Figure 9.1c). In the enhance and decrease conditions, the distance between the small test circle and the inducers was 1.1 cm, and the distance between the large test circle and the inducers was 0.5 cm.

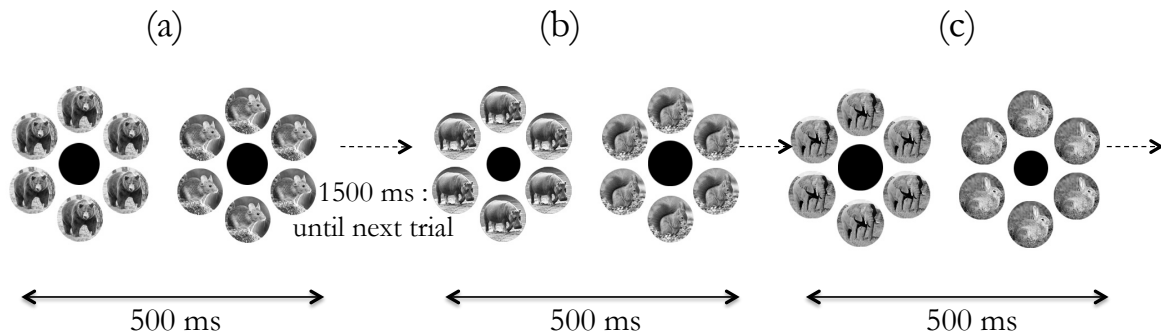


Figure 9.1: Illustration of the experimental protocol with one set of the stimuli for the (a) identical condition, (b) enhance condition, (c) decrease condition.

9.2.3 Procedure and design

The experiment was conducted on a Macintosh IMac. PsyScope software X B57 (Cohen et al., 1993) was used to set up and manage the experiment and each participant was tested individually during a session that lasted approximately 10 minutes. After seeing a fixation point presented for 500 ms, the participants had to judge as quickly and accurately as possible whether the sizes of the two test circles were identical or different. They indicated their choice by pressing the appropriate key (the key “a” or “p” on the French keyboard) and the order of the keys was counterbalanced. The stimuli were presented for 500 ms with an inter-trial interval of 1500 ms. The “identical” stimuli were presented 48 times and the “enhance” and “decrease” stimuli were presented 24 times each.

9.3 Results

Mean correct response latencies and error rates were calculated across participants for each experimental condition. Latencies that differed by more than 3 standard deviations from the individual means in each condition were discarded (less than 5% of the data).

Separate analyses of variance were performed on the latencies and percentages of correct responses. The data analyses were performed using STATISTICA (version 8.0, StatSoft, Inc.).

A first analysis of variance (ANOVA) performed with subjects as random variables and Test circle size (the comparison between the responses for the “identical” and “different” stimuli) as within-subjects factor revealed no significant effect on the error rates, $F(1, 19) = 1.32$ (identical condition: $M = 7.49$; $SE = 1.87$; different condition: $M = 9.81$; $SE = 1.19$). However, the analysis of latencies showed that the participants took significantly longer to categorize the “identical” stimuli ($M = 699$ ms; $SE = 15$) than the “different” stimuli ($M = 670$ ms; $SE = 12$), $F(1, 19) = 4.93$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .21$. The perceptual size of the inducers created a bias in the perception of the size of the test circles, with the result that the participants took longer to identify the identical test circles in the identical condition.

A second ANOVA was performed with subjects as random variables and Manipulation of illusion (enhance and decrease conditions) as within-subjects factor. The analyses performed on the error rates revealed that the participants made more errors in the “decrease” condition (error rate of 11.88%) than in the “enhance” condition (8.53%), $F(1, 19) = 6.19$, $p < .05$, $\eta_p^2 = 0.25$. Moreover, analyses of latencies indicated that the participants were faster in the “enhance” (654 ms) than in the “decrease” condition (692 ms), $F(1, 19) = 21.01$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 0.53$.

A signal detection measure (d' s) for each experimental condition was calculated. The d' s indicate the strength of the signal relative to the noise. A “different” response given in the “enhance” or “decrease” condition (i.e. a correct response when the test circles were different) corresponded to a hit. A “different” response given in the “identical” condition (i.e. an error when the test circles were identical) corresponded to a false alarm. Consequently, the same false alarm rate was used in the “enhance” and the “decrease” conditions assuming constant bias between conditions. The d' s were subjected to an ANOVA with Manipulation of illusion (enhance vs. decrease) as within-subject factor. A significant main effect was observed, with it being easier for the participants to perceive a difference in the enhance condition ($d' = 2.91$) than in the decrease condition ($d' = 2.76$), $F(1, 19) = 5.05$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .21$. The

perception of the difference was influenced by the typical size of the inducers.

9.4 Discussion

The aim of the present study was to demonstrate that a simulated dimension in memory constructs across past experiences can influence a perceptual judgment. Using a paradigm based on the Ebbinghaus illusion, this study shows that the perceptual judgment of size can be influenced by the reactivation of a size in memory. In the experiment, the participants had to categorize two test circles as identical or different based on their size. Six inducers surrounded each test circle. The inducers consisted of six circles (of the same physical size) containing pictures of animals with a typically large size or a typically small size. The test circles were either of the same size (identical condition) or a different size in order to magnify (enhance condition) or diminish (decrease condition) the bias created by the illusion. The results showed that 1) the participants were slower to categorize the identical stimuli than the different stimuli and 2) the participants categorized the stimuli more quickly and easily in the enhance condition than in the decrease condition. These results indicate that when the test circles were identical in size, the simulation of the inducers' typical size modified their perception. A possible explanation could be that the participants were tempted to categorize the circles as different because of the contrast effect resulting from the large and small simulated size of the inducers (as in the classic version of the Ebbinghaus illusion due to the large or small perceptual size of the inducers). The results also showed that when the participants had to categorize the test circles as different, the RTs were faster in the enhance condition than in the decrease condition. Furthermore, besides being faster, the participants also found it easier to perceive the difference between the test circles in the enhance condition than in the decrease condition. This finding lends support to the assumption that the bias was magnified in the enhance condition and reduced in the decrease condition.

When the test circles were different, it is difficult to explain the observed results in terms of a semantic effect of size congruence between the inducers and the test circle. Indeed, a semantic effect should have induced faster RTs in the decrease condition (e.g., congruence between the small size of the test circles and the size of the small animal) than in the enhance

condition (e.g., incongruence between the small size of the test circle and the size of the large animals). However, the opposite effect was observed.

Perceptual simulation occurs in conceptual processing (Goldstone & Barsalou, 1998). When individuals represent an object, they simulate past experiences of it (Barsalou, Pecher, Zeelenberg, Simmons, & Hamann, 2005). The simulation occurs in the same brain areas as perception (e.g., Slotnick & Schacter, 2006). The simulations correspond to multimodal representations of a concept. All the relevant sensory dimensions, such as size, are simulated during the confrontation of the concept. In the present study, the typical size of the animals was simulated and this size reactivated in memory by simulation induced a perceptual bias in the categorization task of the test circles' size. Thus, a simulated dimension can replace a perceptual dimension. This supports a grounded cognition perspective in which knowledge is closely linked to the current situation and derives from the reactivation of traces of past experiences in memory.

The magnitude of the bias is partially dependent on the size of the inducers (Massaro & Anderson, 1971). Consequently, we should be able to modulate the bias by manipulating the typical size of the inducers. A smaller difference between the typically large and typically small inducers should reduce the perceptual bias. Conversely, a larger difference should make it easier to detect a difference between the two test circles. Further studies could explore this hypothesis by using psychophysics measures to explore the magnitude of the perceptual bias induced by the simulated size of the inducers.

References

- Barsalou, L. W. (2005). Abstraction as dynamic interpretation in Perceptual Symbol Systems. *The Behavioral and Brain Sciences*, *22*, 577–660.
- Barsalou, L. W., Pecher, D., Zeelenberg, R., Simmons, W. K., & Hamann, S. B. (2005). Multi-Modal Simulation in Conceptual Processing. In W. Ahn, R. Goldstone, B. Love, A. Markman, & P. Wolff (Eds.), *Categorization inside and outside the lab: Festschrift in honor of douglas l. medin*. (pp. 249–270). Washington, DC: American Psychological Association.
- Binet, A. (1895). La mesure des illusions visuelles chez les enfants. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, *40*, 11-25.
- Cohen, J., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavior Research Methods*, *25*, 257–271.
- Coren, S., & Enns, J. T. (1993). Size contrast as a function of conceptual similarity between test and inducers. *Perception & Psychophysics*, *54*, 579–88.
- Coren, S., & Miller, J. (1974). Size contrast as a function of figural similarity. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *16*, 355–357.
- Ferrier, L., Staudt, A., Reilhac, G., Jiménez, M., & Brouillet, D. (2007). L'influence de la taille typique des objets dans une tâche de catégorisation. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, *61*, 316.
- Goldstone, R. L. (1995). Effects of categorization on color perception. *Psychological Science*, *6*, 298–304.
- Goldstone, R. L., & Barsalou, L. W. (1998). Reuniting perception and conception. *Cognition*, *65*, 231–62.
- Gregory, R. (1997). *Eye and brain: The psychology of seeing*. Princeton University Press.
- Massaro, D. W., & Anderson, N. H. (1971). Judgmental model of the Ebbinghaus illusion. *Journal of Experimental Psychology*, *89*, 147–151.
- Meteyard, L., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2007). Motion detection and motion verbs: language affects low-level visual perception. *Psychological Science*, *18*, 1007–13.

- Predebon, J. (1985). Age trends in the mueller-lyer and ponzo illusions. *British Journal of Developmental Psychology*, *3*, 99-103.
- Rey, A. E., Riou, B., & Versace, R. (in press). Demonstration of an ebbinghaus illusion at a memory level: manipulation of the memory size and not the perceptual size. *Experimental Psychology*.
- Riou, B., Lesourd, M., Brunel, L., & Versace, R. (2011). Visual memory and visual perception: when memory improves visual search. *Memory & Cognition*, *39*, 1094–1102.
- Simmons, W. K., Hamann, S. B., Harenski, C. L., Hu, X. P., & Barsalou, L. W. (2008). fmri evidence for word association and situated simulation in conceptual processing. *Journal of Physiology-Paris*, *102*, 106-119.
- Slotnick, S. D., & Schacter, D. L. (2006). The nature of memory related activity in early visual areas. *Neuropsychologia*, *44*, 2874-2886.
- Smith, R. (1728). *A compleat system of opticks (2 vols.)*. Cambridge: Corwnfield.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2004). Perceptual simulation in property verification. *Memory & cognition*, *32*, 244–59.
- Von Helmholtz, H. (1866). *Handbuch der physiologischen optik: mit 213. in den Text eingedruckten Holzschnitten und 11 Tafeln (Vol. 9)*. Voss.
- Wohlwill, J. F. (1960). Developmental studies of perception. *Psychological Bulletin*, *57*, 249.
- Wu, L.-l., & Barsalou, L. W. (2009). Perceptual simulation in conceptual combination : Evidence from property generation. *Acta Psychologica*, *132*, 173–89.
- Zwaan, R. a., & Yaxley, R. H. (2004). Lateralization of object-shape information in semantic processing. *Cognition*, *94*, B35–43.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. Dans cette étude, les connaissances déjà présentes en mémoire chez les participants ont été utilisées dans une configuration inspirée de l'illusion d'Ebbinghaus. L'étude précédente a permis d'observer un biais de jugement lors de la réactivation de taille suite à une association arbitraire créée entre une taille et une couleur pour une courte durée. Riou et collaborateurs (2011) ont montré que la taille fait partie des informations sensorielles réactivées lors de la perception d'un objet. Ainsi, en se basant sur le principe de simulation des dimensions sensorielles associées à l'objet, la présente étude propose de remplacer les inducteurs de tailles différentes dans l'illusion d'Ebbinghaus par des inducteurs de même taille représentant des animaux de petites tailles ou de grandes tailles.

Méthode. La méthode employée était similaire à celle de l'étude précédente. Les cercles centraux pouvaient être de taille identique ou différente. Les inducteurs étaient tous de taille identique mais pouvaient contenir des animaux ayant une taille typiquement grande (e.g., hippopotame, éléphant, rhinocéros, gorille) ou typiquement petite (e.g., souris, hamster, écureuil, lapin). Trois configurations pouvaient être observées : "identique" lorsque les cercles centraux avaient une taille similaire, "augmentation" lorsque le cercle entouré par les grands animaux était de petite taille et le cercle entouré par les petits animaux était de grande taille, et "diminution" lorsque la configuration inverse était observée.

Résultats. Concernant les temps de réponse, les participants ont mis plus de temps à catégoriser les stimuli de la condition "identique" plutôt que ceux des deux conditions "différent" (augmentation et diminution). Parmi les stimuli "différent", les participants ont été plus rapides à catégoriser les items "augmentation" plutôt que les items "diminution". Plus intéressant, concernant les pourcentages de bonnes réponses, les participants ont fait moins d'erreurs dans la condition "augmentation" par rapport à la condition "diminution" et l'analyse TDS a montré un déplacement du critère d correspondant ici à une plus grande facilité à détecter la différence entre les cercles dans la condition "augmentation" que dans la condition "diminution".

Conclusion. Une taille présente, réactivée en mémoire suite à une association, ou déjà présente en mémoire permettent d'induire un biais perceptif. Cette étude confirme les résultats observés précédemment et permet de renforcer l'intervention de la simulation dans ce type de paradigme.

Perspectives. Les deux études présentées précédemment se sont concentrées sur des mesures de temps de réponse et de pourcentages de bonnes réponses, mesures couramment utilisées dans les recherches portant sur la mémoire. Nous avons utilisé la Théorie de Détection du Signal (Tanner & Swets, 1954; Green & Swets, 1966) afin d'obtenir une mesure quantitative des processus sensoriels et décisionnels basée sur les réponses des sujets. Les processus sensoriels font référence à la transformation du monde extérieur en une représentation interne. Les processus décisionnels correspondent à la stratégie utilisée par le sujet et se traduit par la réponse donnée. Toute stimulation physique comprend un signal (la cible) et un bruit (les distracteurs, phénomènes non pertinents qui demeurent en l'absence du signal). Globalement, il est possible de calculer deux indices indépendants. Le signal et le bruit font partie d'un continuum sensoriel, la distance qui les sépare correspond à l'indice de sensibilité ou d' . Une plus grande distance entre les deux distributions (d' élevé) correspond à une plus grande discriminabilité entre le signal et le bruit et donc une plus grande facilité à réaliser la tâche de détection du signal. A l'inverse, une plus courte distance entre les deux distributions (d' faible) correspond à une plus faible discriminabilité et donc une tâche plus difficile à réaliser. De manière théorique, un d' dont la valeur est de 0 correspond à une impossibilité de discriminer le signal du bruit ce qui se traduit par une performance au niveau du hasard. Le critère de décision β reflète la limite à partir de laquelle le sujet décide de répondre que le signal est présent, il permet ainsi de quantifier le biais de réponse. Il s'agit du rapport entre la distribution des bonnes détections (le sujet répond "oui" lorsque le signal est présent) sur la distribution des fausses alarmes (le sujet répond "oui" lorsque le signal est absent). Les résultats montrent une valeur du β supérieure dans la condition Augmentation par rapport à la condition Diminution, et ceci quel que soit le caractère présent ou réactivé de la taille des inducteurs. Dans cette étude, le critère de décision n'a pas été rapporté étant donné qu'il s'agissait d'un même pool de fausses alarmes (réponses "différent" dans la condition Identique) pour les deux conditions "Augmentation" et "Diminution" (dans lesquelles le signal - la différence entre les cercles - était présent) ce qui supposait un biais de réponse constant

entre les deux conditions. Ce paradigme ne permet donc pas de trancher entre une influence perceptive ou une influence du critère décisionnel des participants. L'étude présentée dans le chapitre suivant propose de davantage explorer le biais perceptif que pourrait induire le caractère présent ou réactif de la taille des inducteurs. Cette étude utilise des mesures psychophysiques qui sont davantage appliquées dans l'étude de la perception et permettent de mettre en évidence en réel biais perceptif indépendamment d'un critère de décision du sujet.

.....

Chapitre 10

Psychophysical measurement of a reactivated size effect

.....

Memory tricks on me :

Perceptual bias induced by a conceptual size in Ebbinghaus illusion

Amandine E. Rey¹, Guillaume Vallet², Benoit Riou¹ & Rémy Versace¹

¹EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

² Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (Quebec, Canada)

.....

Article en préparation

Acknowledgments. This work was supported by a graduate research allocation from the French Ministry for Higher Education and Scientific Research.

Abstract

The relationship between perceptual and conceptual processing is at the core of cognition. Embodied cognition theories explain their reciprocal influences by the share of units between these processes. This sharing assumption supposes symmetrical processes in perception and memory so that conceptual features should also lead to an actual perceptual bias and this bias should be comparable to the reverse influence of perceptual feature on conceptual processing. In the present study, we further investigate the symmetry between perceptual and conceptual processing by exploring the perceptual nature of the influence induced by conceptual processing. To this purpose, we used robust indexes from psychophysics in an adaptive paradigm from the Ebbinghaus illusion. In a 2AFC (two-alternative forced choice) paradigm, the perceptual bias in Ebbinghaus illusion was induced by a physical size (Experiment 1) or a conceptual size of the inducers (Experiment 2, the size was reactivated thanks to a color-size association). One test circle was presented on the left of the screen and was surrounded by six inducers with a large or small (perceptual or reactivated) size. The test circle varied in size and participants had to indicate whether this test circle was smaller or larger to a reference circle presented on the right of the screen (the reference circle was invariant in size). Participants' responses were influenced by the size of the inducers whatever the perceptual or reactivated size of the inducers. These results bring new evidence of a symmetry between conceptual and perceptual processes.

Keywords : Perception processes ; Conceptual processes ; Psychophysics ; Visual illusion ; Perception of size ; Embodied cognition

10.1 Introduction

The relationship between perceptual and conceptual processing is at the core of cognition. It is commonly accepted that perception could serve as input to the conceptual processing (Locke, 1960/1975; Prinz, 2002), but the reverse influence of conceptual processes biasing perception was observed more recently (Gregory, 1997; Goldstone, 1995; Hansen et al., 2006). Reciprocal influences between perceptual and conceptual processing is explained by embodied cognition theories by the share of units between these processes (Vermeulen et al., 2008, 2013). Indeed, conceptual processes are supposed to be grounded in the same sensory-motor systems than those use in perceptual processes (e.g., Glenberg, 1997; Pecher & Zwaan, 2005; Collins & Olson, 2014), but the real question is whether perceptual processing always supports conceptual processing. This question is currently explored by several researchers (Willems & Francken, 2012; Hauk & Tschentscher, 2013), one way to provide some answers is to investigate the symmetry of conceptual and perceptual processing, which is the main objective of this paper.

The demonstration of symmetrical processes supposes that conceptual features bias perception of participants as the reverse influence of perceptual features bias conceptual processing (see van Dantzig et al., 2008). An interesting way to study the symmetry between perceptual and conceptual processing is to study size. Several studies have found that conceptual knowledge about size and perception of a physical size are inter-related (Paivio, 1975; Banks & Flora, 1977; Besner & Colheart, 1979; Dehaene, 1992; Henik & Tzelgov, 1982; Schwarz & Heinze, 1998; Tzelgov et al., 1992). For instance, irrelevant typical conceptual dimension interfere with an comparative perceptual judgment task. Rubinstein et Henik (2002) observed a congruency and interference effects between the small or large typical size of animals (e.g., “ant” vs. “lion”) and the small or large size of the font in a Stroop-like paradigm : ant vs. lion – congruent and ant vs. lion – incongruent. The same kind of influence between perceptual and conceptual processing of magnitude was observed for numbers. Gabay et al. (2013) investigated the influence of conceptual size on numerical processing in a parity judgment task. Participants saw pictures of large or small animals with a same physical size as primes and then they saw a large or a small integer number as target (from 1 to 9). RTs were faster in the congruent condition (e.g., when the picture of a small animal was presented

before a small number) than in the incongruent condition.

Not only conceptual features influence perceptual judgment, but these two processes appear to interact together in real time. [Riou et al. \(2011\)](#) showed that the typical conceptual size of an object in memory (e.g., a plane has a large size whereas a clock has a small one) influences the detection of a perceptual difference. In a visual search paradigm, participants were faster to detect a difference when there was both perceptual and typical difference between the target and other objects. Consequently, the computation of a perceptual size difference between two or more objects is influenced by the typical size in memory of these objects.

These inter-influence of conceptual and perceptual processing suggest that similar effects should be observed regardless of the present/absent nature of the manipulated features (e.g., [Rey et al., 2014](#); [Riou, Rey, Vallet, Cuny, & Versace, in revision](#)). For instance, [Rey et al. \(in press\)](#) used the well-known Ebbinghaus illusion in which the difference in the perceptual size of several surrounding circles induces a perceptual bias in the test circles size. They manipulated the presence or the absence of a difference in inducers size in the Ebbinghaus illusion. As in the traditional version of the illusion, the inducers were physically different in size in the first experiment. In a second experiment, the inducers were physically identical in size but were presented in different colors (blue or red). A color-size association was created in a previous phase, for instance the red circles were large and the blue circles were small. In the test phase, the red inducers thus reactivated a large size in memory and the blue inducers reactivated a small size, even if the inducers had the same physical size. In both experiments, the participants had to judge whether the test circles were identical or different in size. The stimuli were designed in a way that either enhanced or diminished the perceptual bias. The results revealed similar effects in the two experiments with slower RTs and a higher correct response rate observed when the stimuli induced an enhanced bias compared to when they induced a diminished bias. The reactivation of the size previously associated with the colors induced a bias in the perceptual judgment of size. A reactivated size can influence the judgment of the size of different stimuli as a perceptually size does. This result was also observed by using a more ecological association between pictures and typical size that is large animals or small animals ([Rey, Riou, & Versace, accepted](#)). A same pattern of results was

observed regardless of whether the inducers size was manipulated perceptually or reactivated in memory. More than a mutual interaction (see [Riou et al., 2011](#)), perceptual and conceptual processes seem to induce similar effects. The demonstration of similar effects whatever the present/absent nature of the components involved in the processes support the symmetry hypothesis between perceptual and conceptual processing.

One possible limitation of the latter study relies on the fact that only RTs and correct response rate were recorded. This choice of dependent variables makes it difficult to estimate the magnitude of the effect and, more importantly, does not allow concluding on the origin of the effect which might come from a decision or a perceptual bias. In the literature, the magnitude of the perceptual bias in size contrast illusions was measured with various methods (see [?, ?](#), for a comparison of the different methods). However, none of the methods used allow to evaluate both the magnitude and the origin of the effect on the contrary to psychophysic. In visual perception, psychophysics is commonly used to study the effect of a the variation of a perceptual stimulation on the subject's experience ([Bruce, Green, & Georgeson, 1996](#)). Consequently, psychophysics offer the tools to assess the possible perceptual bias due to perceptual and conceptual manipulation. Moreover, if perceptual and conceptual processes share resources, this method should provide the magnitude of a reactivated size effect in both condition.

Based on the evidence of sharing units and reciprocal influence between conceptual and perceptual processing, the aim of the present study was to further investigate the symmetry between conceptual and perceptual processing by exploring the nature of the apparent symmetrical effect (i.e. perceptual or decision bias). The study consists of two experiments in a 2AFC (two-alternative forced choice) paradigm in which the perceptual bias in Ebbinghaus illusion was induced either by a physical size (Experiment 1) or by a conceptual size of the inducers (Experiment 2, the size was reactivated thanks to a previous color-size association) was measure in a psychophysic paradigm. One test circle was presented on the left of the screen and was surrounded by six inducers with a large or small (Exp. 1 : perceptual or Exp. 2 : reactivated) size. The test circle varied in size and participants had to indicate whether this test circle was smaller or larger to a reference circle presented on the right of the screen (the reference circle was invariant in size). We assume that the point of subjective size

equality (PSE) would vary according to inducers size whatever the inducers are perceptually present or reactivated. For instance, a test circle surrounded by large inducers should lead participants to perceive it as smaller than the reference circle. We suppose that participants should show an equal ability to perceive the difference between the test and the reference circles regardless of the size of the inducer. In other words, we did not expect any significant difference between the slopes of the psychometric curves.

10.2 Experiment 1 : Perceptual size of the inducers

10.2.1 Method

Participants

Ten participants volunteered took part in the experiment, all of them completed a written consent form. They were all students at the University of Lyon 2 and had normal or corrected-to-normal vision.

Stimuli and material

The stimuli were based on the Ebbinghaus illusion paradigm. Although the original configuration of the Ebbinghaus illusion consists on the simultaneous presentation of two test circles surrounded one by large inducers and another one by small inducers, several studies used only one test circle surrounded either by large or small inducers (e.g., [Rose & Bressan, 2002](#); [Coren & Enns, 1993](#)). We used this common procedure in presenting one black test circle surrounded by either large or small inducers on the left of the screen and a black reference circle on the right of the screen with a diameter of 86px. The size of the test circle varied from the reference circle size by steps of 0.15px from 84.8 to 87.2px in diameter for a total of 16 test circles. The circles 1 to 8 were smaller than the reference circle and the circles 9 to 16 were larger than the reference circle. The test circle was surrounded either

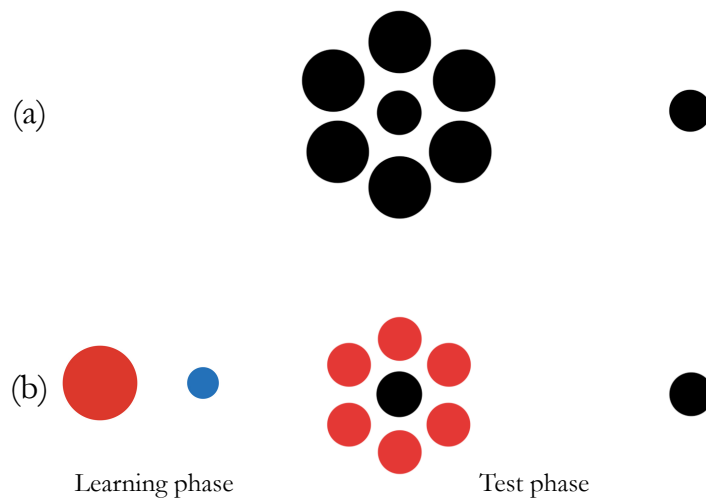


FIGURE 10.1 – Illustration of the stimulus with the 11th test circles the large inducers on the left and the reference circle on the right in (a) Experiment 1 and (b) Experiment 2.

by six small or six large circles called the inducer circles. The choice of six inducers was motivated by [Massaro et Anderson \(1971\)](#) study demonstrating that participants considered all the test circles to be smaller or larger when there were six inducers. Each large inducer had a diameter of 295px and each small inducer had a diameter of 126px (see [Figure 10.1](#)). The diameter of the test circle was modified but the position of the large or small inducers does not.

Procedure and design

The experiment was conducted on an Apple iMac. OpenSesame 0.27.4 ([Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012](#)) was used to set up and manage the experiment. Each participant was tested individually during a session that lasted approximately 20 minutes. After seeing a fixation point presented for 500 ms and a blank of 500 ms, participants had to indicate as quickly and accurately as possible whether the test circle was larger or smaller than the reference circle. They indicated their choice by pressing the appropriate key on an AZERTY keyboard, responses were all given with the right hand. Participants used their forefinger for the “smaller” response (key “b”) and they used their medium finger for the “larger”

responses (key “h”). This configuration of keys was selected to create a compatibility between a “larger” response and an up key and conversely between a “smaller” response and a bottom key. The compatibility between responses and keys increases the motor fluency and avoids an effect of incompatibility that would interfere with some responses (see for instance the Stimulus Response Compatibility, [Tucker & Ellis, 1998](#)). The stimuli (the test circle with its inducers on the left and the reference circle on the right) were presented until the subject’s response and the inter-trial interval was 1500 ms. The sixteen test circles were presented twelve times with the large inducers and twelve times with the small inducers in a random order for a total of 384 trials (16 circles \times 12 presentations \times 2 types of inducers).

Statistical analyses

Initial data treatment and subsequent analyses were done using R version 3.1.0 (R Foundation for Statistical Computing). Premature and time out responses were excluded from the analyses (< 1% of the data). Raw responses were converted into proportions of ‘test larger than reference’ responses per participant and per condition. To assess relative differences in performance, we then computed the slopes for each condition by fitting the data locally using the model-free package ([Zychaluk & Foster, 2009](#)). The possible perceptual bias was estimated by computing the point of subjective size (PSS) from the fitted values.

Slopes and PSS were analysed by computing one-way ANOVAs with the type of inducer as within-subject variable. For all analyses, a p value of .05 was used as statistical significance.

10.2.2 Results

The ANOVA performed on the slope revealed no significant difference between the small ($1.85 \pm .30$) and the large inducers (1.88 ± 1.374) condition, $F < 1$. Participants exhibited similar performance to complete the task in the two conditions.

As predicted, the size of the inducers bias participants’ perception as indicated by the

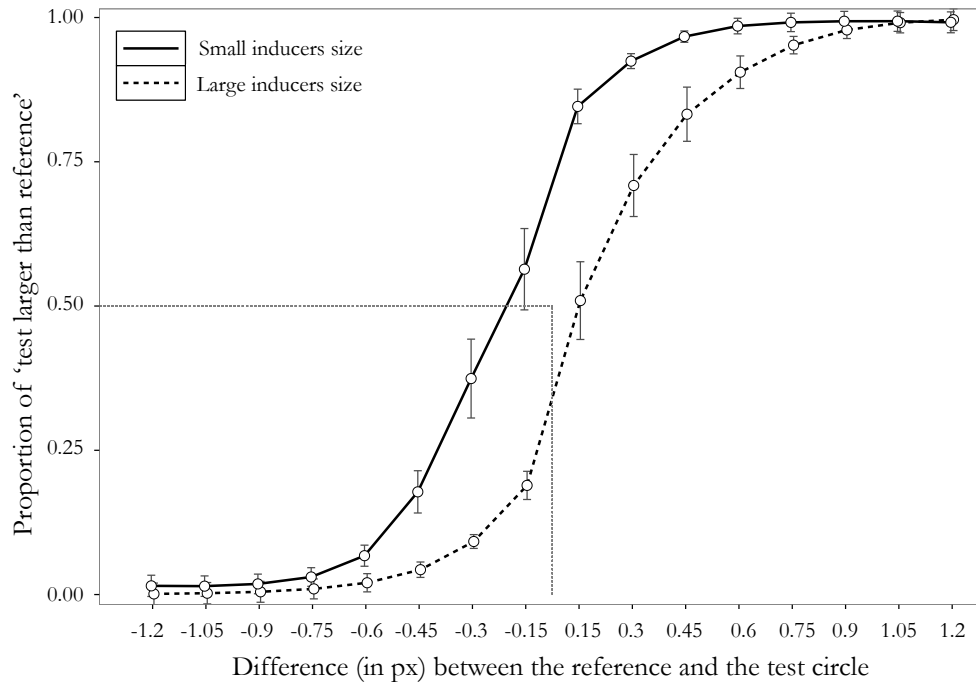


FIGURE 10.2 – Psychometric curves for indicating mean proportion of "test circle larger than reference circle" fitted responses plotted against the size difference (in px) between the test circles and the reference circle for the small and the large inducers in Experiment 1.

significant difference between the PSE, $F(1, 9) = 48.77$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .47$. In the small inducers condition, participants perceived a smaller test circle as equal to the reference circle ($-.19 \pm .19\text{px}$). Reversely, participants needed a larger test circle to perceived it as equal to the reference circle ($.13 \pm .17\text{px}$) in the large inducers condition (see Figure 10.2).

Experiment 1 was conducted to confirm whether or not the Ebbinghaus illusion leads to a perceptual bias. As predicted, participants' perception was influenced by the size of the inducers. A smaller circle than the reference circle should be presented to be perceived as being of its same size in the small inducers condition. In other words, the small inducers have created the illusion than the test circle was larger than really displayed. In order to assess the impact of a conceptual size on perception, Experiment 2 used the same paradigm than Experiment 1 with two exceptions. First, a color-size association was realized in a previous phase. And second, the inducers had always the same size in the test phase, but were in the color used in the association phase.

10.3 Experiment 2 : Reactivated size of the inducers

10.3.1 Method

Participants

Ten participants participated to this experiment, the same criteria as for Experiment 1 were used to selection them. None had participated in Experiment 1.

Stimuli and material

The reference circle and the sixteen test circles were identical to Experiment 1. The small and large inducers were replaced by inducers with a same size but different colors (red or blue) with an intermediate size of 210.5px.

A single large circle and a single red circle were added for a previous phase. These circles could have a large size (with a diameter of 300px) or a small size (with a diameter of 120px). The small and large sizes were choose to obtain a sufficient difference between both circles to create the association (these sizes were already used in [Rey et al., in press](#)).

Procedure and design

The experiment was identical to Experiment 1 except that a learning phase was added before the test phase. The learning phase was identical to the association phase described in Rey et al. study (in press). A single blue circle and a single red circle were presented in the center of the screen for 500 ms. Participants had to indicated as faster and accurately as possible whether the circle was blue or red by pressing the appropriate key with their left hand (the key “a” with their middle finger for “blue” and the key “z” with their forefinger for the “red” on an AZERTY keyboard). For the half of the participants, the red circle had

a large size (with a diameter of 300px) and the blue circle had a small size (with a diameter of 120px) and conversely for the other half of the participants (see Figure 10.3). Nothing was mentioned about the size of the circles. The test phase was identical as in Experiment 1.

10.3.2 Results

The ANOVA performed on the slope revealed a significant difference between the small ($1.22 \pm .29$) and the large reactivated inducers ($1.59 \pm .56$) condition, $F(1, 9) = 6.41$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .16$. Contrary to our hypothesis, participants exhibited higher performance to complete the task in the large reactivated inducers condition. As in Experiment 1, the reactivation of size bias participants' perception as indicated by the significant difference between the PSE, $F(1, 9) = 7.71$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .19$. In the small reactivated inducers condition, participants perceived a smaller test circle as equal to the reference circle ($.08 \pm .09\text{px}$). Reversely, participants needed a larger test circle to perceived it as equal to the reference circle ($.16 \pm .10\text{px}$) in the large reactivated inducers condition (see Figure 10.3).

10.4 Discussion

The present experiment explore the unit-sharing hypothesis defining the same units between perceptual and conceptual processes. To this aim, we assessed the nature of the effects of a present and a reactivated dimension in a perceptual task. We hypothesized that reactivated and present size should both bias perception of participants. According to the embodied cognition theories, conceptual and perceptual processes on symmetrical processes so that conceptual dimensions should bias perception in the same way that a perceptual dimension does. Several studies have demonstrated that conceptual knowledge and perception of physical size are inter-related, but at our knowledge no evidence was provided to support the hypothesis that a common bias underlies the mutual influence of perceptual and conceptual dimension.

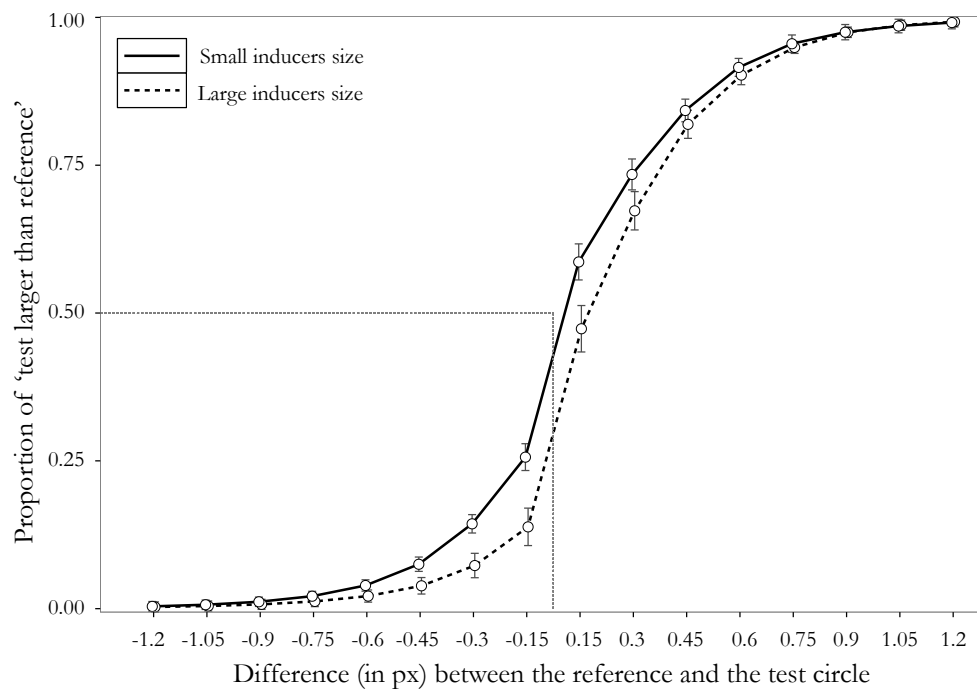


FIGURE 10.3 – Psychometric curves for indicating mean proportion of "test circle larger than reference circle" fitted responses plotted against the size difference (in px) between the test circles and the reference circle for the small and the large inducers in Experiment 2.

We used an adaption of the Ebbinghaus illusion in a 2AFC paradigm. Participants had to indicate whether the test circle surrounded by the inducers was smaller or larger than the reference circle (which was invariant in size). The inducers had a physical size (Experiment 1) or a conceptual size variation (Experiment 2, the size was reactivated thanks to a color-size association). In Experiment 1, results showed that the size of the inducers influenced the size perception of the test circle. Participants perceived a smaller test circle as equal to the reference circle in the small inducers condition because the small inducers made the test circle larger than its real size, and conversely they perceived a larger size as equal to the reference circle in the large inducers conditions. Experiment 2 revealed a similar pattern of results with an effect of the inducers size on the perception of the test circle size. In the small reactivated inducers condition, a smaller test circle was perceived as equal to the reference circle whereas in the large reactivated inducers condition, a larger test circle was perceived as equal to the reference circle. Consequently, the perception of participants was influenced by the size of the inducers whatever the perceptual (Experiment 1) or reactivated size (Experiment 2) of the inducers. These results bring new evidence of a symmetry between conceptual and perceptual processes. Indeed, conceptual dimension seems to influence the early stage of perceptual processes and does not (only) modify perception through a high-level decision criteria.

We observed an effect on the slopes in Experiment 2 whereas no difference was observed between the slope in Experiment 1. In Experiment 2, participants were a bit less accurate to complete the task in the small reactivated inducers conditions. The difference between the representation of small size or number and large size or number could explain this effect (size comparative judgments and number comparative judgments involved similar cerebral regions, see [Pinel, Piazza, Le Bihan, & Dehaene, 2004](#)). Indeed, cerebral areas involved in the processing of small numbers differ from those involved in large numbers and the representation of small numbers or small size in memory is larger than the representation of large numbers or large size ([Göbel, Walsh, & Rushworth, 2001](#)). This hypothesis needs further explorations.

The present results might also be explained by the non embodied approaches of cognition by the effect of top-down processes. According to these views, memory representations should influence perception mainly due to decision criteria with the influence of high-level concep-

tual processing on perception. However, in the present study, the change in the PSE suggest that the effect was driven by a change in perception itself. Such a change in perception is more easily explained by an horizontal conception of perceptual and conceptual processes with a reciprocal influence at a same level. Indeed, the same pattern of results in both experiments suggests that on-line perceptual size judgments induced by perceptual dimensions or reactivated dimensions seem to be based on same processes (cf. [Riou et al., 2011](#); [Rey et al., in press, accepted](#)). This is consistent with an influence of conceptual dimensions on the perceptual processes and not only on the decision criteria. Further studies are needed to investigate these interpretations.

Even if this association was already used in previous experiments (see also, [Brunel et al., 2010](#); [Rey et al., 2014](#)), we currently did not exactly know the duration of the color-size association used in Experiment 2. Moreover, this association could have a different strength across participants. Consequently, this could explain the differences observed between both experiments of the present study. Further investigations are needed to explain the difference between the slopes for large inducers and small inducers in Experiment 2. We could explore whether this difference remains present with a larger number of subjects.

The psychophysical measurement of perceptual bias induced by conceptual processes seems an interesting approach to test the symmetry between these two processes. Indeed, the present results showed that conceptual processes can really induced a perceptual bias rather than responses which are the reflect of a decision bias. If we want to investigate a possible symmetry between perceptual and conceptual processing, we need to use methods which really measure perception.

References

- Banks, W. P., & Flora, J. (1977). Semantic and perceptual processes in symbolic comparisons. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *3*, 278-290.
- Besner, D., & Colheart, M. (1979). Ideographic and alphabetic processing in skilled reading of english. *Neuropsychologia*, *17*, 467-472.
- Bonnet, C. (1986). *Manuel pratique de psychophysique*. Armand Colin, Paris.
- Bruce, V., Green, P. R., & Georgeson, M. A. (1996). *Visual perception : Psychology, psychology, and ecology*. Lawrence Erlbaum Associates, Hove.
- Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge : Sensory priming effects in semantic categorization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*, 955-964.
- Collins, J. A., & Olson, I. R. (2014). Knowledge is power : How conceptual knowledge transforms visual cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *1*, 1-18.
- Coren, S., & Enns, J. (1993). Size contrast as a function of conceptual similarity between test and inducers. *Perception & Psychophysics*, *44*, 579-588.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*, 1-42.
- Fechner, G. (1860/1966). *Elements of psychophysics*. Holt, Rinehart and Winston : New York.
- Gabay, S., Leibovitch, T., Henik, A., & Gronau, N. (2013). Size before numbers : Conceptual size primes numerical value. *Cognition*, *129*, 18-23.
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *Behavioral and Brain Sciences*, *1*, 1-55.
- Göbel, S., Walsh, V., & Rushworth, M. F. (2001). The mental number line and the human angular gyrus. *Neuroimage*, *14*, 1278-1289.
- Goldstone, R. (1995). Effects of categorization on color perception. *Psychological Science*, *6*, 298-304.
- Gregory, R. L. (1997). *Eye and brain : The psychology of seeing*. Princeton University Press.
- Hansen, T., Olkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, *9*, 1367-1368.
- Hauk, O., & Tschentscher, N. (2013). The body of evidence : what can neuroscience tell us

- about embodied semantics? *Frontiers in psychology*, 4, 50.
- Henik, A., & Tzelgov, J. (1982). Is three greater than five : The relation between physical and semantic size in comparison tasks. *Memory & Cognition*, 10, 382-395.
- Locke, J. (1960/1975). *An essay concerning human understanding*. P. H. Nidditch, ed. Oxford : Oxford.
- Massaro, D. W., & Anderson, N. H. (1971). Judgmental model of the Ebbinghaus illusion. *Journal of Experimental Psychology*, 89, 147-151.
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). Opensesame : An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44, 314-324.
- Paivio, A. (1975). Perceptual comparisons through the mind's eye. *Memory & Cognition*, 3, 635-647.
- Pinel, P., Piazza, M., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2004). Distributed and overlapping cerebral representations of number, size, and luminance during comparative judgments. *Neuron*, 41, 983-993.
- Prinz, J. (2002). *Furnishing the mind : Concepts and their perceptual basis*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Rey, A. E., Riou, B., & Versace, R. (accepted). Memory is deceiving : a typical size induces the judgement bias in the ebbinghaus illusion. *In Proceedings of the 36 annual conference of the cognitive science society*.
- Rey, A. E., Riou, B., & Versace, R. (in press). Demonstration of an ebbinghaus illusion at a memory level : manipulation of the memory size and not the perceptual size. *Experimental Psychology*.
- Riou, B., Lesourd, B. L., M. and, & Versace, R. (2011). Visual memory and visual perception : when memory improves visual search. *Memory & Cognition*, 29, 1094-1102.
- Riou, B., Rey, A. E., Vallet, G. T., Cuny, C., & Versace, R. (in revision). Perceptual processing affects the reactivation of sensory dimension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Rubinstein, O., & Henik, A. (2002). Is an ant larger than a lion? *Acta psychologica*, 111, 141-154.
- Schwarz, W., & Heinze, H. J. (1998). On the interaction of numerical and size information in digit comparison : A behavioral and event-related potential study. *Neuropsychologia*, 36, 1167-1179.
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 24, 830-846.
- Tzelgov, J., Meyer, J., & Henik, A. (1992). Automatic and intentional processing of numerical information. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*,

- 18, 166-179.
- van Dantzig, S., Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2008). Perceptual processing affects conceptual processing. *Cognitive Science*, *32*, 579-590.
- Vermeulen, N., Corneille, C., & Niedenthal, P. (2008). Sensory load incurs conceptual processing costs. *Cognition*, *109*, 287-294.
- Willems, R. M., & Francken, J. C. (2012). Embodied cognition : taking the new step. *Frontiers in psychology*, *3*, 582.
- Zychaluk, K., & Foster, D. H. (2009). Model-free estimation of the psychometric function. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *71*, 1414-1425.

Synthèse intermédiaire

Rationnel. L'objectif de cette étude était de compléter les expériences précédentes explorant le partage d'unités communes entre processus perceptifs et conceptuels en investiguant davantage la nature des effets induits par les dimensions conceptuelles. Pour cela, nous avons choisi d'utiliser des mesures psychophysiques. La psychophysique permet d'étudier les relations entre un stimulus présenté à un individu (événement physique) et la perception que celui-ci en a (événement psychologique) (Fechner, 1860/1966). Elle se place donc sur deux continuums : le continuum physique sur lequel se situent les stimuli et le continuum de réponses (objectivant le continuum psychologique) sur lequel se situent les réponses du sujet. Cette méthode permet de mesurer différents types de seuil. Le seuil de détection correspond à la limite à partir de laquelle le sujet détecte la présence du stimulus. Les valeurs du stimulus (e.g., intensité sonore) situées en dessous de cette limite ne permettent pas la détection du stimulus tandis que les valeurs au dessus de cette limite le permettent (Bonnet, 1986). Il est également possible de mesurer un seuil de discrimination qui correspond à la limite à partir de laquelle le sujet estime que deux stimuli sont différents.

Cette méthode permet donc l'observation d'un biais de type perceptif en déterminant, dans notre étude, à partir de quelle taille de cercle les participants jugeait le cercle test comme étant équivalent au cercle de référence, et ceci pour chaque type d'inducteurs grands ou petits. Sur le modèle des expériences précédentes, nous avons conduit deux expériences, une première expérience dans laquelle les inducteurs présentaient une taille perceptivement grande ou petite et une seconde expérience dans laquelle les tailles des inducteurs n'étaient plus perceptivement présentes mais réactivées en mémoire.

Méthode. Un cercle test noir de taille variable était présenté à gauche de l'écran entouré d'inducteurs de petite ou de grande taille perceptive (Expérience 1) ou de tailles réactivées en mémoire (Expérience 2). A droite de l'écran était présenté un cercle de référence noir de taille identique. Les participants n'étaient pas informés de la variation ou non de la taille des cercles test et de référence. La tâche des participants était d'indiquer si le cercle de gauche

était plus petit ou plus grand que le cercle de droite. 16 tailles de cercles "test" ont ainsi été présentées 12 fois chacune avec les 2 types d'inducteurs (grands ou petits) dans une ordre aléatoire répartis en trois blocs.

Résultats. Les résultats montrent un biais perceptif dans la même direction lorsque la taille des inducteurs est présente (Expérience 1) ou réactivée en mémoire (Expérience 2). Conformément à notre hypothèse, la présence d'inducteurs de petite ou de grande taille a influencé la perception des participants avec une différence entre les PES (Point d'Égalité Subjectif qui correspond à la valeur de cercle pour laquelle il y a autant de réponse "plus grand" que "plus petit") entre les conditions "grande taille des inducteurs" et "petite taille des inducteurs". Dans la condition "petite taille des inducteurs", les résultats indiquent que les participants percevaient un cercle plus petit comme étant de taille égale au cercle de référence. Inversement, dans la condition "grande taille des inducteurs", le cercle devait être plus grand pour être perçu comme équivalent en taille au cercle de référence. Cet effet a été observé dans les deux expériences, c'est-à-dire que la taille des inducteurs provoque cet effet soit en étant perceptivement présente soit en étant réactivée en mémoire. Les processus conceptuels semblent pouvoir induire un biais de nature perceptive au même titre que les processus perceptifs.

Toutefois, l'expérience 2 révèle un effet qui n'a pas été observé dans l'expérience 1. Il s'agit de l'effet de pente indiquant que les participants ont eu une meilleure performance dans la condition "grande taille des inducteurs" que dans la condition "petite taille des inducteurs". Cette différence n'avait pas pu être explorée dans les expériences précédentes étant donné que les grands inducteurs et les petits inducteurs étaient présentés de manière simultanée. Pour essayer de comprendre cet effet, nous pouvons nous baser sur les données de la littérature qui tendent à montrer une différence dans la représentation des petites tailles et des grandes tailles avec une meilleure représentation pour les petites, ce qui pourrait expliquer la différence de performances dans notre expérience. Il reste toutefois à définir pour quelles raisons les participants sont moins performants dans cette condition de petits inducteurs, ce point sera prochainement étudié dans la suite des travaux prévus.

Conclusion. L'influence des processus conceptuels sur la perception ne semble pas uni-

quement être possible grâce à des mécanismes top-down décrits dans la littérature. En effet, il ne s'agirait pas uniquement d'un biais décisionnel mais bien d'une réelle influence on-line des dimensions mnésiques sur la perception.

Perspectives. Les mesures psychophysiques étant fortement sensibles aux variations intra-individuelles et inter-individuelles, nous projetons d'augmenter le nombre de sujets dans les deux expériences afin de pouvoir apporter des conclusions plus stables. Toutefois, cet outil de mesure nous semble être une piste à davantage explorer dans des recherches futures. En effet, il permet de davantage explorer la nature perceptive des effets induits par les processus conceptuels sur la perception

.....

Cinquième partie

Discussion Générale

Chapitre 11

Synthèse des résultats expérimentaux

Rappel des objectifs

L'objectif de ce travail de thèse était d'explorer les liens entre processus mnésiques et perceptifs au regard des données de la littérature qui démontrent des co-activations communes entre mémoire et perception tant au niveau de la neuro-imagerie que des données comportementales ainsi qu'une influence réciproque et un partage de ressources. Les études effectuées au cours de ce travail s'inscrivent dans une approche fonctionnelle de la mémoire qui considère les connaissances comme issues des expériences sensori-motrices vécues par l'individu et non comme des représentations amodales détachées de leur contexte sensori-moteurs. Cette conception de connaissances construites à partir des expériences s'intègre au sein de l'approche incarnée et située de la cognition qui considère que la cognition est dépendante de la situation présente et notamment des interactions sensori-motrices de l'individu avec l'environnement. Plus précisément, nous nous sommes basés sur le modèle Act-In qui propose que le fonctionnement mnésique est dépendant du couplage entre la situation présente et les traces d'expériences passées construites à partir des situations auparavant vécues par l'individu. Ce modèle décrit les mécanismes d'activation et d'intégration des propriétés sensori-motrices, et des traces qu'elles composent, qui permettent l'émergence des connaissances. Ces connaissances, considérées comme modales, peuvent ainsi influencer de manière "on-line" les processus perceptifs en cours. Nous avons ainsi exploré la possibilité de rem-

placer le caractère présent des composants en jeu dans les traitements par des composants perceptivement absents dans l'environnement, autrement dit réactivés en mémoire grâce aux autres composants présents dans la situation. Au travers de paradigmes d'amorçages, d'effets de masquage perceptif et de biais induits par les illusions perceptives, nous avons manipulé la présence ou l'absence (la réactivation) des composants afin de démontrer que les interactions entre les processus perceptifs et mnésiques ne sont pas nécessairement dépendants de mécanismes bottom-up et top-down, mais reflètent une réelle réciprocité entre processus perceptifs et conceptuels. Les résultats observés sont discutés dans une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire.

L'objectif de ce chapitre est de faire un retour sur les résultats en fonction des hypothèses générales qui sous-tendent ce travail et d'aborder les problématiques qu'ils suscitent.

11.1 Une même nature des composants impliqués dans les processus perceptifs et mnésiques

Résumé des résultats présentés dans les études de la partie 2 : une nature sensorielle des connaissances

L'objectif des deux premières études présentées était d'explorer 1) la nature sensorielle des connaissances en mémoire, ainsi que 2) les effets d'un composant sensoriel réactivé en mémoire (chapitre 4) et d'un composant perceptivement présent (chapitre 5) sur des tâches de catégorisation. Dans les études du chapitre 4, un premier pattern visuel était tout d'abord associé à la modalité gustative sucrée tandis qu'un second pattern visuel ne l'était pas. Suite à cette association, les patterns visuels étaient présentés avec des images de produits typiquement sucrés ou non sucrés (ou non comestibles pour la tâche). Les participants devaient effectuer une tâche de catégorisation sur les images en indiquant si l'image présentée représentait quelque chose de comestible ou de comestible. Le pattern pouvait soit être présenté avant l'image (expérience 1) soit en même temps que l'image disposée en son centre (expérience 2). Les études du chapitre 5 reprenaient ce protocole en remplaçant les patterns

associés ou non à la modalité sucrée par des stimuli perceptivement présents : un yaourt sucré et un yaourt non sucré. Quel que soit le type d'activations (perceptive ou mnésique) du composant gustatif, les résultats montrent des temps de réponse plus courts lorsque les activations se succèdent, cet effet de facilitation étant provoqué par une pré-activation du composant gustatif. En revanche, les temps de réponse sont plus longs lorsque les activations du composant gustatif se chevauchent induisant ainsi un effet perturbateur. Les résultats obtenus sont interprétés en termes d'influences réciproques entre les processus perceptifs et mnésiques, processus qui impliqueraient l'activation des mêmes composants sensori-moteurs.

Limites de ces études

Les résultats de ces études permettent d'apporter des arguments en faveur de la nature sensorielle des connaissances mais pas sur leur nature motrice. Dans une perspective incarnée et située de la cognition, l'interaction de l'individu avec son environnement est dépendante de ses actions motrices. Ce point sera abordé plus tard au cours de la discussion.

Dans le cadre de ce travail de thèse, ces études ont permis d'effectuer un premier pas dans l'exploration de la nature sensorielle des connaissances et de la dynamique de ces activations. L'avantage de ces paradigmes réside alors dans le fait qu'il s'agit de paradigmes d'amorçage couramment utilisés dans les études sur la mémoire (e.g., [Tulving & Schacter, 1990](#) ; [Tulving, Schacter, & Shark, 1982](#) ; [Ratcliff & McKoon, 1988](#)) et plus récemment dans l'équipe, afin d'explorer la nature sensorielle des connaissances. L'observation d'un effet facilitateur peut être interprété par une approche amodale comme une influence top-down du concept "sucré" sur la catégorisation. Cependant, l'effet perturbateur est plus difficilement explicable avec cette approche, ce sont ces effets perturbateurs qui nous ont davantage intéressés par la suite. Afin d'en apprendre plus sur l'hypothèse de similarité entre les mécanismes impliqués dans les processus perceptifs et mnésiques, nous avons exploré la possibilité de répliquer des effets typiquement perceptifs avec l'intervention de dimensions mnésiques et ce à travers l'effet d'interférence de masquage.

11.2 Nature des connaissances et partage de mécanismes entre mémoire et perception

11.2.1 De la nature sensorielle des connaissances...

Présentation des études pilotes du chapitre 6

Afin de réaliser cette série d'expériences sur le masquage, nous avons créé un masque visuel à partir d'images de vingt animaux et vingt objets. Le masque ou le stimulus contrôle (i.e. un carré gris appelé aussi non-masque) était présenté soit avant (forward masking, masquage proactif) soit après (backward masking, masquage rétroactif) chaque image cible. Chaque item cible était présenté une fois avec le masque et une fois avec le stimulus contrôle dans un ordre aléatoire, les participants devaient indiquer le plus rapidement possible en faisant le moins d'erreur possible si l'image présentée correspondait à un animal ou un objet. Les résultats montraient tout d'abord un effet principal du masque, la présentation du masque induisait ainsi un ralentissement des temps de réponse lors de la catégorisation des images en comparaison à la présentation du stimulus contrôle.

La complexité visuelle du masque étant supérieure à celle du stimulus contrôle, l'effet perturbateur du masque que nous avons observé aurait pu être expliqué par un effet attentionnel. En effet, le masque aurait pu davantage capter l'attention des participants lors de la catégorisation d'images induisant un ralentissement des temps de réponse. Or, entre autres facteurs, le masquage est très sensible au chevauchement entre les propriétés visuelles du masque et celles des images cibles (Enns & Di Lollo, 2000; Breitmeyer & Ogmen, 2006). Cette sensibilité conduit à une inégalité du coût cognitif du masque en fonction des images. Par conséquent, nous avons sélectionné les images pour lesquels le coût cognitif dû à la présentation du masque était le plus élevé. Ces études pilotes ont permis non seulement de tester l'efficacité du masque mais également de sélectionner les items les plus sensibles au masque (les items pour lesquelles le temps de traitement était le plus ralenti par la présentation du masque) et les items les moins sensibles au masque. Les résultats de ces études pilotes montrent un effet de masquage des cibles ayant une forte sensibilité au masque qui n'est pas

observé pour les cibles ayant une faible sensibilité au masque, ce qui nous a permis d'écarter un effet uniquement attentionnel du masque au profit d'un effet perceptif.

Effet de masquage intermodal (résumé des résultats de l'expérience 1 présentée dans le chapitre 6)

Le modèle Act-In prédit que la présentation d'une image va permettre, non seulement l'activation des propriétés visuelles présentes dans la situation, mais aussi la réactivation des autres propriétés sensorielles associées (e.g., auditives) aux propriétés visuelles au sein d'une trace mnésique. A l'inverse, la présentation d'un son réactive les propriétés visuelles qui lui sont associées.

Afin de mettre en évidence un effet de masquage intermodal, nous avons présenté le masque visuel simultanément aux sons correspondant aux images d'animaux et d'objets précédemment utilisées. Les participants effectuaient une tâche de catégorisation de ces sons (animaux ou objets). Les résultats montrent un ralentissement des temps de réponse lorsque les sons étaient présentés avec le masque par rapport à un stimulus contrôle (i.e. un simple carré gris). Cet effet était observé pour les sons correspondant aux images les plus sensibles au masque seulement. Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux obtenus dans l'équipe par [Vallet et al. \(2011\)](#) dans un paradigme d'amorçage à court-terme inter-modal.

Dans une approche incarnée de la cognition, l'effet observé peut être attribué à la simulation des propriétés sensorielles associées au son lors de sa présentation. Le modèle Act-In explique ces résultats par la perturbation de la diffusion inter-composants (i.e. l'activation des composants visuels associés au son au sein des traces). Cette expérience apporte ainsi des arguments en faveur d'une diffusion d'activations entre les composants sensoriels liés au sein d'une trace lors de la présentation de l'un de ces composants.

Il est important de noter que les images utilisées pour la création du masque n'ont pas été présentées aux participants ayant catégorisé les sons associés. La « représentation » visuelle d'un animal ou d'un objet à partir de la présentation du son associé étant différente d'une personne à l'autre, il est possible que les items les plus sensibles dans nos expériences soient également ceux générant une image plus prototypique. Par exemple, le loup – qui est l'un

des items classés dans le groupe des "items fortement sensible au masque" – se caractérise par une image visuelle relativement constante (e.g., au niveau des couleurs, des postures). En revanche, la catégorie des chiens (le chien faisait partie du groupe des "items faiblement sensibles au masque") présente des exemplaires beaucoup plus variés. Cela démontre que l'activation inter-composants ne se limite pas à une trace spécifique mais qu'il s'agit bien d'une activation inter-modale.

Cette expérience marque la frontière entre une démonstration de la nature sensorielle des connaissances et la possibilité de recréer un effet de masquage à un niveau mnésique, autrement dit en remplaçant la dimension perceptive du composant induisant par une dimension mnésique (i.e., le composant ne sera plus perceptivement présent mais réactivé en mémoire en faisant l'hypothèse qu'il sera toujours d'une même nature sensori-motrice).

11.2.2 ... Vers des mécanismes communs

Résumé des résultats présentés dans les études de la partie 3

Dans les études reprenant l'effet de masquage (chapitres 6 et 7), nous avons proposé de réactiver un masque en mémoire afin d'en observer ses effets. En se basant sur ces résultats, nous avons ensuite conduit une autre expérience dans laquelle le masque et le stimulus contrôle n'étaient plus perceptivement présents mais réactivés en mémoire grâce à une association préalable avec deux sons. Les résultats montrent un effet de la présentation du masque sur les items du groupe "fortement sensible au masque" par rapport à la présentation du stimulus contrôle tandis qu'aucun effet n'a été observé pour les cibles du groupe "faiblement sensible au masque". Cette suite d'expériences montre qu'un masque peut perturber le traitement de cibles dont il partage les propriétés visuelles qu'il soit réellement présent ou réactivé en mémoire.

Nous pouvons souligner que l'effet de masquage à un niveau mnésique semble robuste étant donné qu'il persiste en dépit du changement de temps de présentation du masque (SOA de 100 ms dans l'expérience du masquage réactivé d'images, 1000 ms dans l'expérience

du masquage perceptif de sons, 500 ms dans l'expérience du masquage réactivé de mots).

Importance de la simultanéité des traitements

Dans ces études, il ne s'agit plus de paradigmes d'amorçage comme ceux utilisés précédemment mais d'une présentation simultanée du masque et des items. La première raison concerne la nécessité de reproduire le chevauchement perceptif du masque perceptivement présent des études pilotes. En effet, la persistance visuelle en perception n'est pas présente en mémoire, une présentation simultanée a pour objectif de reproduire le chevauchement qu'elle induit. La seconde raison est davantage théorique puisque des effets perturbateurs induits par une présentation simultanée sont difficiles à expliquer par l'intervention de processus top-down des processus conceptuels de haut-niveau.

Les résultats obtenus avec l'effet de masquage réactivé n'ont pas été observés dans une autre expérience non décrite précédemment dans laquelle le SOA était de 100 ms comme dans l'expérience pilote avec le masque perceptivement présent. Cette expérience était identique à l'expérience dans laquelle le masque était réactivé dans la tâche de catégorisation d'images (voir chapitre 6) à l'exception de la durée du SOA. Comme dans l'expérience décrite auparavant, une première phase d'apprentissage était proposée aux participants dans laquelle le masque était systématiquement présenté avec un son aigu et le stimulus contrôle (i.e. carré gris) était systématiquement présenté avec un son grave (l'association était contrebalancée entre les participants). Dans la phase de test, le son (aigu ou grave) était présenté pendant 100 ms immédiatement suivi d'une image représentant un animal ou un objet présentée pendant 100 ms (les participants catégorisaient les images en tant que "vivant" ou "non vivant"). Pour rappel, dans les expériences précédentes où le masque était réactivé, le son était présenté simultanément aux images ou aux mots, et ceci afin de recréer la persistance visuelle induite par le masque perceptivement présent dans l'effet de masquage classique. Il semble donc important de prendre en compte les différents paramètres du système cognitif (tels que la persistance visuelle) lorsque nous souhaitons reproduire des effets perceptifs avec les dimensions mnésiques.

Limites de ces études

Dans les études reprenant l'effet de masquage, nous avons tout d'abord été confrontés aux difficultés liées à la création d'un masque visuel induisant une perturbation d'un grand groupe d'items. En effet, l'une des premières limites de ces expériences réside dans la constitution des groupes d'items à partir du coût cognitif du masque. Pour rappel, le coût cognitif a été calculé en soustrayant pour chaque item la moyenne des temps de réponses dans la condition "masque" par celle dans la condition "stimulus contrôle". Les items ont été séparés en deux groupes en prenant la médiane des coûts cognitifs obtenus pour les items animaux et les items objets séparément. Ainsi, les items ayant un coût cognitif supérieur à la médiane (10 animaux et 10 objets) ont été rassemblés dans le groupe "forte sensibilité au masque" et les items ayant un coût cognitif inférieur à la médiane (10 animaux et 10 objets) ont été rassemblés dans le groupe "faible sensibilité au masque". Il est important de noter que les items dans le groupe "faible sensibilité au masque" ne présentent pas une sensibilité nulle au masque (étant donné qu'ils ont participé à son élaboration). Cette expérience pourrait être reconduite avec un groupe d'autres items dont le traitement des propriétés visuelles ne serait pas perturbé par la présentation du masque. Cela impliquerait également la création d'un pattern masque plus rigoureux qui perturberait uniquement le traitement de la première moitié des items et pas de la seconde moitié.

La création de la variable indépendante "sensibilité des items au masque" a été effectuée sur la variable dépendante des temps de réponse obtenus (calcul du coût cognitif pour chaque item en soustrayant la moyenne des temps de réponse individuels dans la condition "stimulus contrôle" à la moyenne des temps de réponse individuels dans la condition "masque"). Cette confusion peut remettre en question le choix de créer deux groupes d'items, il serait intéressant de créer ces deux groupes en se basant sur un autre facteur que les temps de réponse. Par exemple, même si les images ont été sélectionnées selon des critères de luminosité et de contraste, nous pourrions observer un chevauchement différent au niveau de ces facteurs entre les images et le masque. Une première piste a été explorée dans une expérience additionnelle décrite dans le chapitre 6. Dans cette expérience, le masque était superposé à chaque image individuellement, les participants devaient réduire l'opacité du masque jusqu'à ce qu'ils puissent identifier l'image. Les résultats montrent un seuil moyen de réduction

de l'opacité du masque plus important pour les images du groupe « fortement sensibles au masque » ce qui apporte un argument supplémentaire concernant le chevauchement de leurs propriétés visuelles avec celles du masque.

Un masquage perceptif de concepts

L'étude décrite dans le chapitre 7 reprend le protocole décrit précédemment du masque réactivé en mémoire en proposant cette fois-ci une catégorisation de mots (i.e. noms d'animaux et d'objets). Dans une première phase, le masque et le stimulus contrôle était chacun associé à un son aigu ou grave. Le choix d'un masque réactivé a été effectué étant donné qu'un masque perceptivement présent aurait également perturbé les aspects visuels des mots (chevauchement physique entre le masque et la police du mot). En effet, la présentation d'un masque visuel perceptivement présent aurait pu gêner la simple lecture des mots à cause de la persistance visuelle évoquée précédemment (que ce soit lors d'un masquage proactif avec la persistance visuelle du mot en premier ou lors d'un masquage rétroactif avec la présentation du masque en premier). Dans une seconde phase, les sons réactivant le masque et le stimulus contrôle étaient présentés simultanément aux mots que les participants devaient catégoriser comme faisant référence à des items vivants ou non vivants. Les résultats montrent un effet principal du masque avec un ralentissement des temps de réponse lorsque les mots étaient présentés avec le son réactivant le masque plutôt que le son réactivant le stimulus contrôle.

La difficulté rencontrée avec la création de deux groupes d'items en fonction de leur sensibilité au masque a été écartée ici en privilégiant une approche corrélacionnelle entre le coût cognitif du masque obtenu par item et la valeur d'imagerie visuelle pour chaque mot. Les résultats montrent que le coût cognitif était positivement corrélé avec la valeur d'imagerie des mots : plus un mot est facilement imaginable visuellement, plus son traitement est sensible à la présentation du masque réactivé. Aucune autre corrélation n'a été observée (i.e. avec aucune autre caractéristique du mot telle que la fréquence, la concrétude ou le nombre de lettres).

Cette étude révèle deux résultats intéressants. Le premier supporte la simulation sensorielle dans l'accès au concept (cf. Barsalou, 1999, 2008). En effet, les mots sont l'un des moyens les plus directs d'étudier les concepts (Collins & Loftus, 1975), par conséquent, la

perturbation du traitement d'un mot par la présentation d'un masque sensoriel réactivé apporte des arguments en faveur d'une nature sensorielle des concepts. La confrontation à un concept semble induire la simulation des propriétés sensorielles (notamment visuelles dans cette étude) qui lui sont associées. Ce résultat suggère que le concept est ancré dans ses propriétés sensorielles et que son émergence ne peut être dissociée de ces activations sensorielles.

Le second résultat concerne le poids relatif des dimensions sensorielles dans lesquelles le concept est ancré. Les résultats montrent que l'interférence (caractérisée par le coût cognitif) provoquée sur le traitement des mots par un masque visuel est positivement corrélée avec leur valeur d'imagerie mentale visuelle. Plus un concept est "visuel", plus son accès sera perturbé par la présentation d'un masque visuel. Cette observation est cohérente avec les résultats obtenus par [Yee et al. \(2013\)](#) qui démontrent une corrélation positive entre un effet d'interférence motrice sur le traitement de mots (jugement de concrétude) ou d'images (nommer des images) correspondant à des objets manipulables ou non manipulables avec leur niveau d'expérience de manipulation motrice avec ces objets.

Les résultats observés supportent l'intervention de la simulation sensorielle dans l'émergence des concepts (voir aussi [Zwaan, 2008](#) ; [Wu & Barsalou, 2009](#) ; [Zwaan & Kaschak, 2008](#)) et apportent de nouveaux éléments sur l'idée d'un poids relatif des dimensions sensorielles au sein de cette simulation. Ces travaux suscitent une autre question concernant le caractère obligatoire et nécessaire (ou non ?) des dimensions sensorielles dans l'émergence du concept. En effet, il est important d'essayer de déterminer si l'accès aux dimensions sensorielles est obligatoire pour accéder au concept. Ce point sera abordé plus tard au cours de la discussion.

Le cas des concepts abstraits ?

Selon la littérature, contrairement aux concepts concrets, les concepts abstraits correspondent à des entités dépourvues de propriétés physiques et spatiales (e.g., [Barsalou & Wiemer-Hastings, 2005](#)).

La littérature rapporte un meilleur accès lexical, une meilleure compréhension et une meilleure rétention pour les concepts concrets par rapport aux concepts abstraits ([Paivio, 1971, 1986](#) ; [Schwanenflugel & Stowe, 1989](#) ; [Wattenmaker & Shoben, 1987](#)). Cette observa-

tion peut être en partie expliquée par une grande importance de l'imaginabilité d'un stimulus lors de sa mémorisation et récupération (Rubin, 1983). Deux premières hypothèses appuient cette observation et suggèrent que les propriétés sensori-motrices rendraient les concepts concrets plus résistants à l'oubli (*automatic-imagery hypothesis*) ou que les individus utiliseraient l'imagerie de manière automatique afin de mieux mémoriser les concepts (*strategic-imagery hypothesis*). En revanche, une dernière hypothèse propose qu'une bonne compréhension et un meilleur rappel seraient dépendants de la capacité des individus à rappeler les informations situationnelles (décrites comme contextuelles par les auteurs). Les mots abstraits seraient moins bien compris et moins bien rappelés parce que les individus auraient moins d'informations situationnelles pour ces concepts (*context-availability hypothesis*) (Schwanenflugel, 1991 ; Schwanenflugel, Akin, & Luh, 1992). Cette dernière hypothèse accorde une place importante à la situation dans la représentation et la compréhension des concepts que ce soit pour des concepts concrets ou abstraits (cf. Murphy & Medin, 1985 ; Clark, 1997 ; Yeh & Barsalou, 2006). Cependant, la capacité de placer un concept dans une situation serait plus difficile pour des concepts abstraits que des concepts concrets. En effet, Barsalou et Wiemer-Hastings (2005) soulignent que les concepts abstraits peuvent être associés à des situations plus variées que les concepts concrets (Galbraith & Underwood, 1973) induisant une compétition entre plusieurs situations pertinentes. De plus, l'évocation d'un concept est généralement associée à une situation spécifique (par exemple, le concept "vérité" sera évoqué dans une situation précise de la vie quotidienne) ce qui induit une plus grande difficulté à traiter des concepts abstraits en dehors de l'évocation d'une situation. Barsalou et Wiemer-Hastings (2005) formulent ainsi l'hypothèse selon laquelle le contenu des concepts abstraits (notamment le contenu introspectif) devrait pouvoir être simulé au même titre que le contenu des concepts concrets. En effet, les concepts abstraits sont ancrés dans des systèmes modalité-spécifique (Barsalou, 2003 ; Martin & Chao, 2001 ; Barsalou, Niedenthal, Barbey, & Ruppert, 2003) et contiennent des informations sensori-motrices (Glenberg & Kaschak, 2002 ; Richardson et al., 2003). Nous pouvons ainsi imaginer reprendre le paradigme de masquage précédemment utilisé en remplaçant les mots concrets par des mots plus abstraits. Si nous observons un effet d'interférence du masque visuel sur le traitement de concepts abstraits, nous pourrions essayer de déterminer s'il y a une corrélation entre le coût cognitif et la facilité à se représenter visuellement les concepts ou sur la facilité à imaginer la situation dans laquelle ils pourraient être rencontrés.

11.2.3 Des mécanismes similaires entre processus perceptifs et mnésiques

Les dernières études présentées dans ce document étaient inspirées de l'illusion d'Ebbinghaus et avaient pour objectif d'étudier la similarité des mécanismes impliqués dans l'intervention de processus perceptifs ou conceptuels.

Résumé des résultats présentés dans les études de la partie 4

Les études présentées dans la partie 4 ont été réalisées afin d'explorer la possibilité d'influencer la perception "on-line", c'est-à-dire de voir si les dimensions mnésiques peuvent créer une distorsion de la perception lors de leur présentation simultanée. Pour cela, nous avons essayé de répliquer un biais perceptif en modifiant la dimension perceptive des éléments induisant le biais pas la dimension mnésique au travers l'illusion d'Ebbinghaus. L'objectif n'était pas de remplacer les éléments présents par des éléments absents mais de changer la dimension de la présentation (perceptive par mnésique). L'illusion d'Ebbinghaus présente l'avantage d'avoir des effets qui ont été répliqués un grand nombre de fois et mesurés par des méthodes très variées (e.g., [Coren & Enns, 1993](#) ; [de Fockert et al., 2007](#) ; [Rose & Bressan, 2002](#)).

Dans ces études, nous avons proposé de remplacer la taille perceptive induisant le biais perceptif par une taille réactivée en mémoire. Les résultats montrent une influence orientée dans la même direction que les inducteurs présentent une taille perceptivement présente ou que leur taille soit réactivée en mémoire, que ce soit suite à une association entre une taille et une couleur de cercle (8) ou une taille simulée en mémoire par la présentation d'animaux de grande taille ou de petite taille (chapitre 9). Ces résultats sont interprétés en faveur de l'existence de mécanismes communs entre perception et mémoire qui peuvent influencer la perception on-line.

Dans les premières études présentées dans les chapitres 8 et 9, nous avons mesuré les temps de réponse et le type de réponse dans chacune des conditions expérimentales. Afin d'étudier la présence d'un biais perceptif et non décisionnel, nous avons utilisé des mesures

psychophysiques dans le chapitre 10.

Mesure du biais perceptif

Les effets obtenus dans les études des chapitres 8 et 9 nécessitaient une investigation plus approfondie. En effet, nous nous sommes intéressés à des variables dépendantes couramment utilisées dans des paradigmes de mémoire (i.e. pourcentage de bonnes réponses et temps de réponse) mais il s'est avéré que ces mesures ne nous permettent pas réellement de quantifier l'effet induit par une taille perceptive par rapport à une taille mnésique. La différence des temps de réponse moyens (plus rapide en mnésique qu'en perceptif) rend difficile la comparaison directe entre l'effet induit par les processus perceptifs et les processus conceptuels.

C'est ainsi que nous avons utilisé des mesures psychophysiques dans une dernière étude présentée dans le chapitre 10.

Limites concernant l'utilisation des associations

Bien que les associations entre deux composants ou dimensions aient été utilisées dans la plupart des études effectuées lors de ce travail, c'est dans les études inspirées de l'illusion d'Ebbinghaus qu'elles suscitent véritablement des questions.

Essayer de répliquer des effets impliquant les dimensions perceptives avec des dimensions mnésiques nous confronte à des difficultés méthodologiques. En effet, dans l'étude décrite au chapitre 8, les tailles perceptives petite ou grande des inducteurs ont été remplacées par des tailles réactivées. Pour cela, une association a été créée entre une taille et une couleur du cercle. Ce type d'association a auparavant été utilisé dans notre équipe entre une forme et un son (Brunel et al., 2009, 2010; Rey et al., in press) ou un pattern visuel et une propriété gustative (Rey et al., 2014). Dans ces études, les auteurs ont utilisé entre 60 et 80 essais (48 pour l'étude de Rey et al., 2014, répartis sur deux tâches) démontrant la possibilité de créer une association rapide entre deux composants sensoriels en mémoire que les composants soient réellement présents comme dans les études de Brunel et al. ou que l'un d'entre eux soit réactivé en mémoire par la situation (comme dans l'étude de Rey et al. présentée dans le chapitre 4). Cependant, nous avons observé une diminution des différences entre les différentes

conditions dans les expériences de la partie IV ayant bénéficié de cette association (expérience 2 de l'étude du chapitre 4 et expérience présentée dans le chapitre 10) qui n'a pas été observée dans les expériences utilisant le même protocole sans cette association, que ce soit lors des expériences pilotes avec des composants perceptifs (expérience 1 de l'étude du chapitre 4 et expérience présentée dans le chapitre 9). Cette observation témoigne très probablement du déclin de l'association au fil des essais (les expériences ont été découpées en trois blocs a priori) qui reste une association à court-terme. Ce déclin semble pouvoir être attribué à la durée de l'association variable entre les participants. Cette faiblesse de ce type d'association rend difficile l'élaboration d'expériences nécessitant un grand nombre d'essais en phase de test telles que l'étude menée au chapitre 10 qui avait pour objectif de mesurer le biais précédemment observé grâce à des mesures psychophysiques. En effet, les études menées en psychophysique nécessitent un grand nombre d'essais, il serait ainsi intéressant de parvenir à augmenter la durée de l'association en première phase. La réintroduction d'une phase d'association au cours de la phase de test semble difficilement réalisable si nous souhaitons éviter de la rendre trop explicite. Il pourrait être intéressant d'essayer d'augmenter le nombre d'essais en phase d'association en faisant l'hypothèse qu'un plus grand nombre d'essais permettrait d'augmenter la force de l'association et donc sa durée (en sachant que si la phase de test demande un grand nombre d'essais, il est important d'obtenir une expérience avec une durée totale raisonnable afin d'éviter les effets de fatigue). Les tâches utilisées étaient principalement des tâches de catégorisation de l'un des composants présentés (e.g., le son est-il un son aigu ou grave?). L'une des expériences proposaient aux participants de catégoriser l'un des composants puis d'effectuer un jugement d'imaginabilité sur l'autre composant. Le choix de la tâche peut ainsi être une piste à suivre pour renforcer les associations créées.

Outre la durée de l'association créant une variabilité intra-individuelle avec l'avancée de l'expérience, sa force peut également être variable entre les participants et peut créer des variabilités inter-individuelles. La dernière question concernant les associations est relative à leur amplitude. En effet, nous pouvons faire l'hypothèse qu'une plus grande différence de taille entre les deux éléments conduira à une amplification des effets (ou une plus longue durée?) qu'une plus faible différence. Cette hypothèse pourrait être testée au travers de l'association de plusieurs cercles de différentes couleurs (e.g. un cercle rouge de très grande taille, un cercle jaune de grande taille, un cercle vert de taille moyenne, un cercle bleu de

petite taille, un cercle violet de très petite taille...). Cependant, ce type d'association pourrait être sensible à la ressemblance entre les couleurs ainsi qu'aux effets de généralisation (voir Brunel, Vallet, Riou, & Versace, 2009). Cette hypothèse pourrait davantage être testée en utilisant des animaux de taille variable en s'inspirant de l'étude présentée dans le chapitre 9. Nous pouvons imaginer qu'un biais plus fort serait observé lorsqu'un éléphant et une souris seraient les inducteurs plutôt qu'un chien et une souris, la distance en taille qui les sépare étant différente.

Au travers des hypothèses d'une même nature des composants impliqués dans les processus perceptifs et conceptuels et de mécanismes communs, les études présentées dans ce travail de thèse sont interprétées dans une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire. La partie suivante propose tout d'abord de revenir sur cette perspective en la replaçant dans son contexte théorique puis d'aborder des questions qu'elle peut soulever.

11.3 Questionnements et perspectives

11.3.1 Une vision horizontale des liens perception/mémoire

Retour sur une perspective horizontale des liens perception/mémoire

Ce travail s'est inspiré des travaux démontrant un effet des connaissances sur la perception (e.g., Bruner & Goodman, 1947) et plus spécifiquement des processus conceptuels sur des jugements perceptifs (e.g., Goldstone, 1995; Hansen et al., 2006). Nous nous sommes basés sur les travaux inscrits dans le cadre de la cognition incarnée ayant démontré des activations cérébrales communes dans des tâches perceptives et mnésiques (e.g., Slotnick, 2004; Slotnick & Schacter, 2006), une influence réciproque (e.g., Pecher et al., 2004; van Dantzig et al., 2008; Rajaram & Geraci, 2000), ainsi qu'un partage de ressources (Vermeulen et al., 2008; Vermeulen, Chang, Mermillod, et al., 2013; Vermeulen et al., 2013). Pour cela, nous sommes partis de l'exploration de la nature des connaissances conceptuelles au travers de la dynamique des activations avec des effets de facilitation ou d'interférence (chapitres 4 et 5) en passant

par la mise en place de paradigme visant à répliquer des effets perceptifs avec la réactivation d'éléments en mémoire (chapitres 6 et 7) pour aboutir à l'investigation d'une symétrie entre les processus perceptifs et conceptuels (chapitres 8, 9 et 10).

L'ensemble de ces travaux s'inscrit dans une approche précédemment développée dans l'équipe suggérant une conception horizontale des liens entre perception et mémoire. Selon cette approche, l'influence de la mémoire sur la perception ne consisterait pas en l'activation de représentations conceptuelles de haut-niveau sur des traitements perceptifs de bas niveau. Au contraire, elle postule une interaction horizontale avec une influence réciproque d'unités perceptives ou mnésiques activées ou réactivées au cours de la situation présente. Dans cette approche, la mémoire n'est pas composée de représentations amodales détachées des expériences sensori-motrices, elle est au contraire caractérisée par sa nature sensori-motrice et constitue le reflet des situations passées en interaction avec la situation présente.

Dans cette approche, la confrontation à la situation présente induit l'activation de composants perceptivement présents (cf. sphères violettes dans la figure Figure 11.1). L'activation de ces composants entraîne la réactivation de leurs composants associés en mémoire (sphères bleues). Ces composants présents et réactivés, liés au sein d'une trace mnésique, vont permettre l'émergence de connaissances. L'idée sous-jacente à la notion de composants présents et réactivés réside dans le fait qu'un même composant peut être perceptivement présent (et traité par les processus perceptif) dans une situation tandis dans une autre situation il sera réactivé (et traité par les processus mnésiques) par d'autres composants présents dans l'environnement.

Insertion des résultats obtenus dans le modèle Act-In : la création d'une trace mnésique dans une perspective horizontale

En résumé, l'émergence des connaissances est réalisée grâce à l'interaction entre la situation présente et les traces mnésiques d'expériences passées. Nous pouvons replacer la vision horizontale des liens perception/mémoire dans le cadre du modèle Act-In à traces multiples (les numéros indiqués dans le paragraphe suivant correspondent à la figure 11.2). (1) Lors de la toute première confrontation à un objet, l'individu perçoit des propriétés sensorielles et motrices propres à l'objet et à la situation présente. (2) Ces propriétés, traitées par les

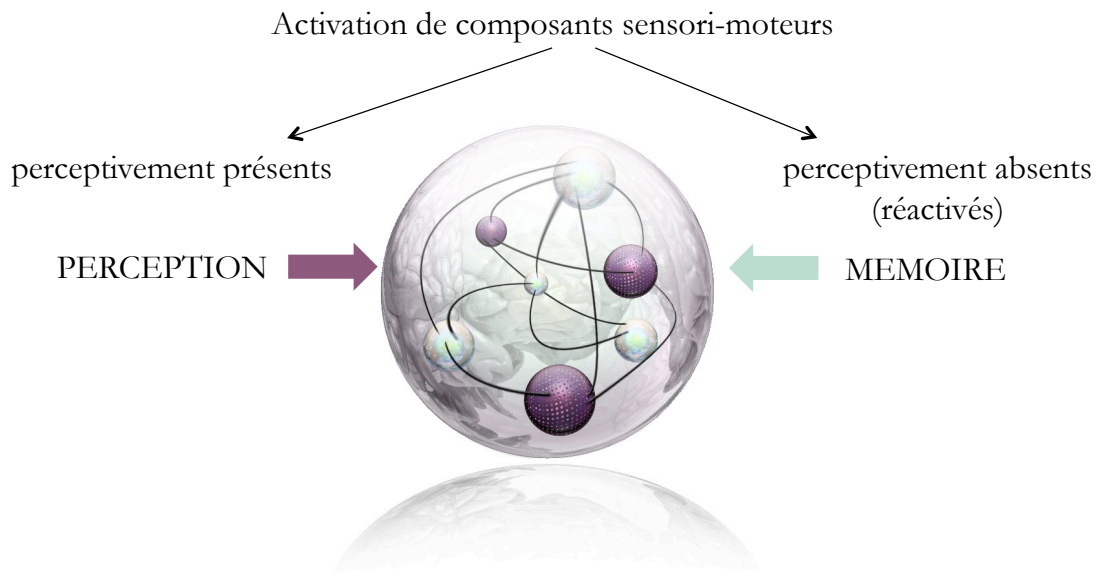


FIGURE 11.1 – Illustration d’une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire.

zones sensori-motrices qui sont dédiées à chacune, vont être intégrées ensemble au sein d’une trace mnésique. (3) Par la suite, la confrontation avec les mêmes propriétés sensori-motrices de cet objet ou d’un objet très similaire va se traduire par l’activation d’un même pattern neuronal que celui induit par l’objet dans le passé (*activation inter-traces*). Ce même pattern neuronal est distribuée au sein du système et est caractérisé par une diffusion d’*activations inter-composants* entre les propriétés au sein de la trace ce qui va permettre l’émergence de la trace mnésique. Etant donné que les propriétés sont liées au sein de la trace - ce lien se renforçant au fil des interactions notamment lorsque l’objet présente systématiquement les mêmes propriétés ou des propriétés très proches - la présence de l’une de ces propriétés va permettre la réactivation des autres propriétés qui lui sont liées. Ainsi, lorsqu’une partie des propriétés de l’objet est présente dans la situation, la réactivation des propriétés en mémoire sera possible afin de récupérer la totalité des connaissances sur l’objet (e.g., nous savons qu’un réveil est sonore même s’il ne sonne pas au cours de la situation présente). (4) Les traces sont caractérisées par un aspect dynamique dans le sens où l’interaction avec les différentes situations permet leur enrichissement au cours de leurs modifications. L’activation et

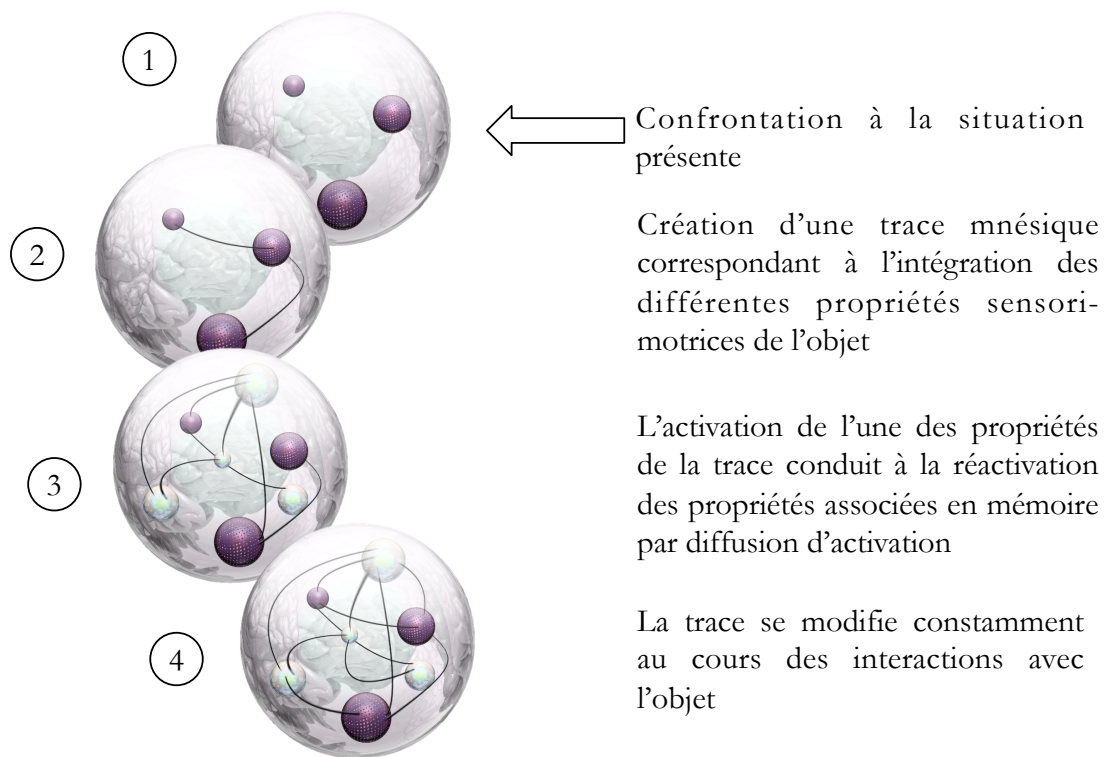


FIGURE 11.2 – L'émergence des connaissances dans une perspective horizontale des liens entre perception et mémoire selon le modèle Act-In.

la réactivation commune des composants au sein de la trace vont renforcer leurs liens grâce à *l'intégration multi-composants*.

Une question d'attribution de la source ?

Si la mémoire et la perception sont basées sur des unités perceptives communes et des mécanismes communs, comment savoir quand nous nous trouvons dans une situation perceptive ou une situation impliquant des souvenirs ? Pourtant, nous savons qu'il y a une différence entre "je sais que je perçois" et "je sais que je me souviens". Les processus perceptifs et mnésiques interagissent de manière constante pour permettre la création du monde environnant et les interactions que nous avons avec lui. Cependant, certaines manifestations psychiques semblent montrer que ce processus d'attribution de ce que je perçois ou de ce dont je me souviens peut présenter des dysfonctionnements. L'évocation de ces possibles manifestations n'est pas sans rappeler les phénomènes d'hallucinations souvent attribués à un déficit du self-monitoring ou

trouble de la mémoire de source (Brunelin et al., 2006 ; Carter, MacDonald, Ross, & Stenger, 2001 ; Johns et al., 2001). La mémoire de source (source monitoring) correspond à l'ensemble des processus cognitifs permettant la reconnaissance de l'origine de l'information (pour une revue, voir Ferchiou et al., 2010). Les propositions d'explications des hallucinations (notamment auditives) sont multiples, Franck et al. (2000) formulent l'hypothèse selon laquelle les hallucinations résultent de l'impossibilité de discriminer le discours intérieur et le discours verbalisé. D'autres propositions suggèrent que les hallucinations résultent d'un trouble au niveau des processus impliqués dans la discrimination entre événements réellement présents et les événements imaginaires qui relèvent de la mémoire (Bentall, 1990 ; Bentall, Baker, & Havers, 1991 ; Baker & Morrison, 1998). L'objectif ici n'est pas de développer ce thème qui serait annexe au présent travail mais il serait intéressant de pouvoir investiguer ce type de symptômes au regard des conclusions que nous avons formulées afin d'apporter, à plus long-terme, une dimension appliquée à ce travail.

11.3.2 Cognition incarnée et mémoire : questions actuelles

Des activations neuronales similaires ?

Plusieurs arguments dans la littérature tendent à démontrer que les processus perceptifs et conceptuels ne sont pas nécessairement sous-tendus par les mêmes régions cérébrales. Par exemple, des lésions du cortex ventro-temporal (et plus spécifiquement du gyrus fusiforme) n'empêchent pas une bonne perception des couleurs mais perturbent l'accès aux connaissances sur les couleurs (Miceli et al., 2001). En revanche, le déficit de perception des couleurs (cf. achromatopsie) est provoqué par des lésions du gyrus lingual (e.g., Bartolomeo, Bachoud-Lévi, & Denes, 1997 ; Zeki, 1990). Ces études démontrent que la perception des couleurs et l'accès aux connaissances liées à la couleur implique des zones neuronales différentes. Toutefois, il est envisageable que des mécanismes communs soient possibles entre processus conceptuels et perceptifs concernant le traitement des couleurs. En effet, il a été démontré que l'accès à une connaissance spécifique sur un objet (e.g., la couleur rouge d'une fraise) ne serait pas possible sans l'implication des systèmes neuronaux traitant cette propriété spécifique. Amsel, Urbach, et Kutas (in press) ont mené une expérience afin d'étudier le rôle fonctionnel des

systèmes sensori-moteurs dans les processus conceptuels. Selon l'approche amodale, l'accès aux connaissances n'est pas supporté par les systèmes sensori-moteurs (Caramazza, Hillis, Rapp, & Romani, 1990 ; Pylyshyn, 1984 ; Riddoch, Humphreys, Coltheart, & Funnell, 1988). Par conséquent, l'accès aux connaissances ne devrait pas être affecté par la variation des caractéristiques sensorielles de l'objet, autrement dit une dégradation du processus perceptif ne devrait pas avoir d'influence sur le traitement conceptuel. En revanche, selon l'approche incarnée de la cognition (Barsalou, 1999, 2008 ; Allport, 1985 ; Pulvermüller, 2013), les systèmes sensori-moteurs jouent un rôle fonctionnel dans le stockage et l'accès aux connaissances de sorte que la dégradation du processus perceptif perturberait l'intervention des systèmes sensori-moteurs et donc les processus conceptuels. Dans le cadre de leur expérience, Amsel et collaborateurs ont fait varier le contraste visuel des mots présentés dans une tâche de vérification de propriété (décision sémantique) de concepts liés à des couleurs (vert – citron) ou à des localisations d'objets (cuisine – citron). Selon l'approche amodale, la décision sémantique ne devrait pas être influencée par le contraste visuel des mots présentés quel que soit le type de connaissances conceptuelles impliquées dans la décision (couleurs ou localisations). En revanche, selon l'approche modale, les décisions impliquant le traitement de la couleur (mais pas ceux impliquant les localisations) devraient être ralenties par un faible contraste visuel par rapport à un fort contraste visuel, étant donné que le traitement de la couleur implique des zones visuelles sensibles au contraste visuel. Pour départager ces deux hypothèses, les auteurs ont étudié les potentiels évoqués en enregistrant l'activité électrique du système nerveux en s'intéressant plus spécifiquement au délai d'activation de l'onde N200 (qui caractérise l'accès au traitement sémantique) dans un paradigme go/no-go. Les résultats montrent un délai plus important dans l'accès aux connaissances (traduit par l'activation de la N200) pour les décisions portant sur les couleurs par rapport aux décisions portant sur les localisations. Ainsi, bien que les études en neuro-imagerie montrent des activations de zones cérébrales différentes entre le traitement perceptif et le traitement conceptuel des couleurs, les auteurs expliquent qu'un chevauchement de type fonctionnel est possible ici.

Une activation automatique ou dépendante de la situation : exemple de l'activation des composants moteurs et pertinence de la tâche

James Gibson soulignait les critiques des situations de laboratoire. Cette critique peut

se retrouver dans une approche située de la cognition dans laquelle la situation présente influence les processus cognitifs. L'approche située de la cognition accorde une place centrale à la situation présente et ses liens avec les expériences passées vécues par l'individu ce qui nous permet de supposer un lien étroit entre la situation présente et les conséquences d'actions passées. En effet, les conséquences sensori-motrices d'expériences passées feraient partie de la trace en mémoire. Par exemple, il a été démontré que la présence d'indices dans la situation présente liés aux conséquences motrices d'expériences passées (réussite ou échec) influencent les performances de reconnaissance en mémoire (voir [Brouillet et al., accepté](#)).

Face à l'observation de l'influence de composants moteurs dans la situation présente, nous avons exploré une question qui semble primordiale aujourd'hui dans le champs de la cognition incarnée : l'activation des composants moteurs est-elle automatique ou dépendante de la tâche ? ([Rey, Roche, Versace, & Chainay, soumis](#)). Nous ne résumerons que les résultats principaux (pour plus de détails, l'article est présenté dans sa totalité en Annexe D). Dans cette étude, nous avons présenté un premier outil suivi d'un second outil sur lequel le participant devait effectuer une tâche perceptive ou une tâche motrice (tous les participants effectuaient les deux types de tâches, la moitié des participants commençaient par la tâche perceptive puis effectuaient la tâche motrice et inversement pour l'autre moitié des participants). Trois paires d'outils ont été créées de telle manière que les deux outils d'une même paire présente une similarité gestuelle proche (marteau-maracas, sifflet-langue de belle mère, vaporisateur-pistolet). Trois conditions expérimentales étaient testées : « geste identique » (i.e. un même objet était présenté une première puis une seconde fois), « gestes similaires » (i.e. deux objets d'une même paire étaient présentés en premier et en second) et « gestes différents » (i.e. deux objets appartenant à une paire différente étaient présentés en premier et en second). La tâche perceptive que nous évoquerons ici consistait en une tâche de comparaison entre les deux outils dans laquelle les participants devaient indiquer (le plus rapidement possible en faisant le moins d'erreur possible) si le second outil était identique ou différent par rapport au premier outil présenté en appuyant sur les touches correspondantes sur le clavier. Dans la tâche motrice, les participants avaient pour consigne de regarder le premier objet puis de saisir le second objet afin de mimer l'utilisation correspondant aux gestes du premier objet (e.g., si le premier objet était un marteau et le second objet était le pistolet, les participants devaient saisir le pistolet et mimer l'utilisation d'un marteau). Les temps d'initiation du geste

étaient mesurés grâce à un boîtier sur lequel les participants posaient leur main, l'initiation du geste étant indiqué par un relâchement du boîtier. Cette tâche motrice a été choisie afin d'imposer aux participants la comparaison entre le premier et le second objet étant donné qu'une comparaison était effectuée dans la tâche perceptive. Afin que les tâches soient moins monotones, l'orientation des outils variait systématiquement entre le premier et le second outil de 45° vers la droite ou vers la gauche.

Si les composants moteurs sont activés lors de la tâche, une similarité gestuelle entre les deux outils devrait faciliter le traitement du second outil. L'hypothèse sous-jacente est que l'activation des composants moteurs par le premier outil devrait faciliter le traitement d'un second outil induisant une activation de composants similaires ou très proches. Cette hypothèse est cohérente avec les résultats précédemment observés dans les chapitres 4 et 5 avec une influence de la pré-activation de composants sensoriels sur le traitement d'objets réactivant ces composants. Les résultats montrent un effet de la similarité du geste uniquement dans la tâche motrice avec des temps moyens d'initiation du geste (pour aller saisir et utiliser le second outil) plus courts dans la condition "gestes similaires" que dans la condition "gestes différents". En revanche, aucune différence entre ces conditions n'était observée dans la tâche perceptive. Ces résultats sont interprétés en termes de pertinence de l'activation de composants moteurs en fonction de la tâche à réaliser. Dans une approche située de la cognition, la situation va déterminer les processus cognitifs, ainsi l'activation de composants moteurs serait plus utile lors d'une tâche dans laquelle nous aurons un outil à saisir par rapport à une tâche perceptive de comparaison. Cependant, les résultats observés ne nous permettent pas de conclure si les composants moteurs des outils ne sont pas activés lors de la tâche perceptive ou s'ils sont activés mais n'influencent pas le traitement en cours. D'avantage d'investigations sont nécessaires.

Suite à ces résultats, la présentation visuelle du premier outil a été remplacée par une présentation auditive. Les participants entendaient le son d'un premier outil puis voyait le second outil, les tâches perceptive et motrice étaient identiques à celles décrites précédemment. En effet, dans une perspective incarnée de la cognition, l'accès à la trace en mémoire devrait être possible quelle que soit la modalité des composants perceptivement présents dans la situation. Une présentation auditive d'un outil semble intéressante étant donné que l'utili-

sation d'outils est associée à un son d'une manière générale. La présentation d'un son permet également une présentation plus "dynamique" d'un objet "en action" par rapport à une présentation visuelle d'un objet statique. Les résultats observés présentent un même pattern que ceux observés précédemment avec temps moyens d'initiation plus courts dans la condition "gestes similaires" par rapport à la condition "gestes différents" tandis que cette différence n'était pas observée dans la tâche perceptive. Quelle que soit la modalité de présentation du premier outil, le fait qu'il présente un geste similaire au second outil accélère les temps d'initiation du geste.

Concernant la modalité de présentation du premier outil, la littérature montre que la vision est considérée comme le sens privilégié dans l'utilisation des outils (Milner & Goodale, 2008; Jeannerod & Jacob, 2005), toutefois cette étude montre qu'une autre modalité sensorielle (i.e. auditive) peut induire l'activation de composants moteurs. Ce résultat s'intègre au sein d'une approche située de la cognition dans laquelle l'individu encode toutes les dimensions sensori-motrices de la situation lors de l'interaction avec l'environnement (Versace et al., 2009).

En conclusion, l'influence de l'activation des composants moteurs est dépendante de la tâche en cours et se traduit ici par des temps d'initiation du geste plus courts dans la tâche motrice lorsque les deux outils présentent une similarité gestuelle plutôt que lorsqu'ils n'en présentent pas. Lorsque la réalisation du mouvement n'est pas demandée, cet effet n'est pas observé dans la tâche perceptive. Cette suite d'expériences soulève plusieurs questions d'actualité dans le cadre de la cognition incarnée et située. En effet, nous pouvons nous demander si les connaissances concernant la manipulation de l'objet ne font pas partie des connaissances sur l'objet et place la situation, et non l'activation de composant moteurs, comme centrale dans la manipulation d'objet (Osiurak, 2014).

Les processus sensori-moteurs sont-ils nécessaires et obligatoires à l'émergence des connaissances conceptuelles ?

La cognition est-elle complètement ancrée dans les processus perceptivo-moteurs ? Les représentations sensori-motrices sont-elles suffisantes à la cognition, ou est-ce que certaines tâches cognitives nécessitent des représentations plus abstraites ? Face à ces questions, le

champ de la cognition incarnée et située se doit d'essayer de déterminer si les processus sensori-moteurs sont toujours impliqués dans les processus cognitifs. Quand et de quelle manière les systèmes sensori-moteurs sont engagés dans les processus cognitifs? (Willems & Francken, 2012).

Ainsi, il semblerait que le cadre de la cognition incarnée et située a aujourd'hui besoin d'explorer si les processus sensoriels sont nécessaires à l'émergence des connaissances. Afin d'essayer d'apporter des éléments de réponse, nous pouvons imaginer reprendre le protocole de masquage utilisé au cours de ce travail de recherche. Nous avons utilisé des tâches de catégorisation d'images, de sons ou de mots et observé un effet perturbateur d'un masque sensoriel sur cette catégorisation. Or si nous souhaitons déterminer si les processus sensoriels sont nécessaires aux processus conceptuels, nous devons envisager un paradigme qui permette d'observer un effet de masquage sensoriel qui empêche (et non perturbe) les processus conceptuels. En effet, le fait de trouver une tâche qui permettrait d'observer une impossibilité d'accès au concept apporterait davantage d'arguments en faveur de la nécessité des processus sensori-moteurs dans le traitement conceptuel. Pour cela, nous pouvons proposer un paradigme inspiré des études de Vallet et al. (2010) et Vallet et al. (2011) en se basant sur les résultats obtenus aux chapitres 6 et 7.

Dans une *première phase*, des sons d'animaux ou d'objets seront présentés aux participants (la tâche de participants est à déterminer). La moitié des sons sera présentée avec un masque visuel (essais masqués) tandis que l'autre moitié sera présentée seule (essais non masqués). La présentation du masque visuel devrait ainsi perturber l'activation des composants visuels associés aux sons (cf. expérience 2 décrite dans l'étude du chapitre 6). Dans une seconde phase, les images correspondant aux sons présentés précédemment seront accompagnées d'un bruit blanc afin d'empêcher l'activation des composants auditifs associés aux images (cf. Brunel et al., 2009, 2010) (voir Figure 11.3). Ainsi, le bruit blanc sera présenté avec les items anciens (items anciens masqués et items anciens non masqués) et des items nouveaux nécessaires à la réalisation de la tâche de reconnaissance (cet image correspond-t-elle à un son présenté dans la première phase?). Si le masque a réellement empêché l'accès aux composants visuels associés aux sons, alors leur reconnaissance basée sur ces composants visuels devrait être perturbée. Nous pourrions nous attendre à un moins bon taux de bonnes réponses dans la

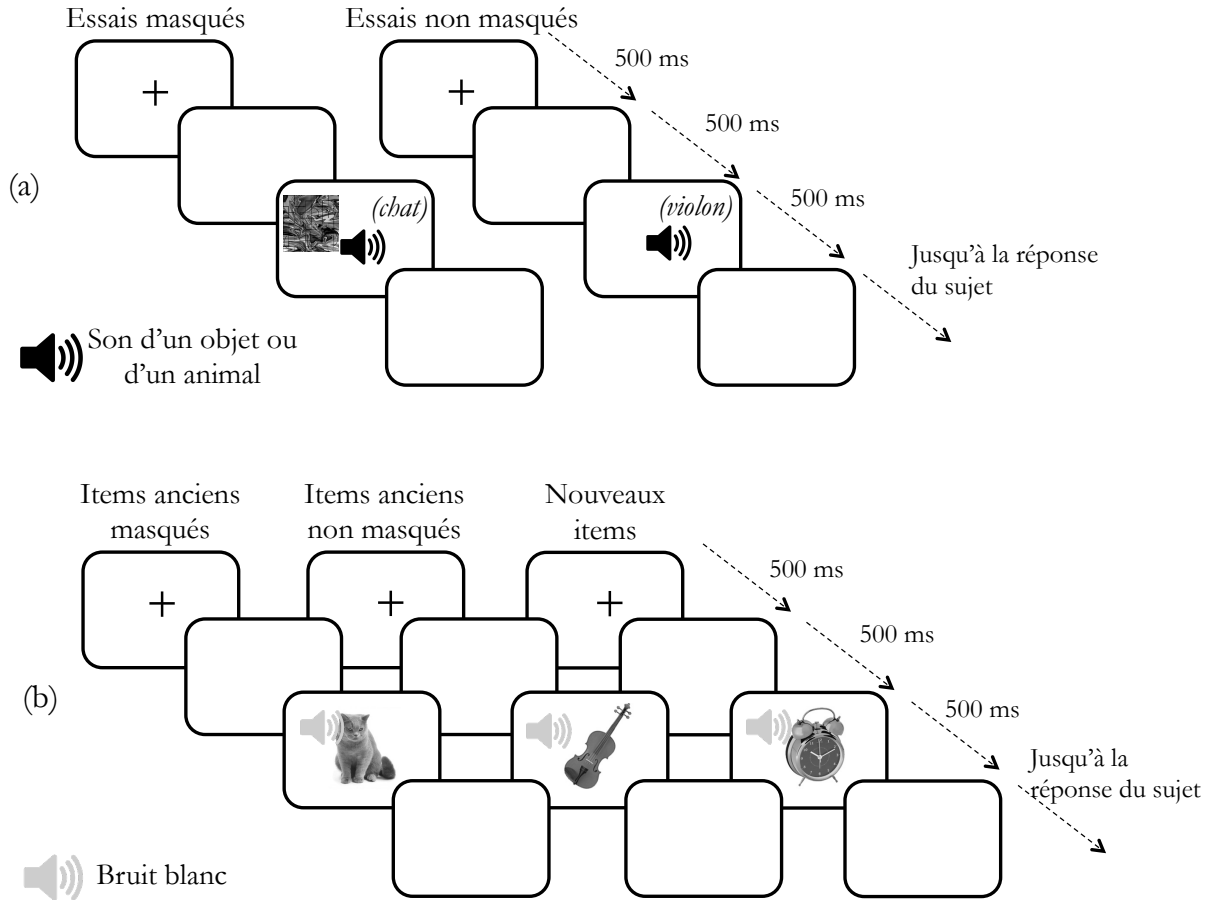


FIGURE 11.3 – Illustration du protocole expérimentale proposé avec (a) la phase d'apprentissage et (b) la phase de test

condition "items anciens masqués" par rapport à la condition "items anciens non masqués". En effet, dans la première phase, l'activation des composants visuels devrait être perturbée par le masque visuel, les participants ne pourront pas s'appuyer sur les dimensions visuelles de l'item pour la tâche de reconnaissance de la seconde phase. La tâche de reconnaissance ne pourra être réalisée en se basant sur les composants visuels (qui ont été masqués dans la première phase) ni sur la réactivation des composants auditifs entendus dans la première phase (les composants auditifs seront masqués par le bruit blanc dans la seconde phase). Si la cognition nécessite l'intervention de processus perceptifs, masquer la réactivation de composants (visuels et auditifs) permettant un lien direct entre l'item sonore et l'item visuel devrait non plus perturber - mais empêcher - l'émergence des connaissances en lien avec l'item. Les items anciens masqués ne devraient pas être reconnus comme ayant déjà été vus.

Ceci est un exemple de paradigme qui pourrait être davantage réfléchi et mis en place. L'important réside dans le fait qu'il semble aujourd'hui primordial d'étudier le caractère nécessaire et obligatoire (ou non) de l'intervention des processus sensori-moteurs dans la cognition afin d'en apprendre davantage sur les liens entre perception et mémoire.

11.3.3 Ouvertures

L'objectif de ce travail était d'explorer les liens entre perception et mémoire au travers de l'étude de la nature des composants impliqués dans les processus perceptifs et conceptuels ainsi que de l'intervention de mécanismes communs. L'ensemble des résultats observés rapproche la mémoire et la perception en proposant des mécanismes communs basés sur des unités partagées. Ces travaux suscitent toutefois de nouvelles questions. En effet comme cela a été mentionné précédemment, les arguments expérimentaux de la littérature observés à ce jour ne permettent pas de conclure que les processus sensori-moteurs sont nécessaires et obligatoires aux processus conceptuels (pour une revue, voir [J. A. Collins & Olson, 2014](#)), il semble alors nécessaire de se demander jusqu'à quel point les concepts sont incarnés ([Hauk & Tschentscher, 2013](#)). Les récentes données de la littérature tendent à montrer de grande variabilité inter-individuelle dans les performances à des tâches perceptives et mnésiques qui dépend de l'expérience de chaque individu avec les objets présents dans la situation ([Yee, Ahmed, & Thompson-Schill, 2012](#); [Beilock, Lyons, Mattarella-Micke, Nusbaum, & Small, 2008](#); [Lyons et al., 2010](#), ces observations font écho aux résultats de l'étude du chapitre 7). Le fait que cette variabilité soit expliquée par les interactions sensori-motrices passées des individus souligne l'importance de considérer la cognition dans une perspective située et incarnée. En résumé, l'étude des liens entre perception et mémoire ouvre les portes plus générales des liens entre processus sensori-moteurs et cognition.

En conclusion, est-il possible de percevoir sans mémoire ? Le présent travail nous amène à considérer les unités perceptives comme des connaissances perceptives émergeant de la mémoire et les unités mnésiques comme des connaissances conceptuelles émergeant de la perception. C'est le couplage entre unités présentes et réactivées qui permet entre autres à l'individu d'interagir de manière adaptée avec son environnement. Notre manière d'appréhender

der et de percevoir le monde est définie par notre mémoire, autrement dit par nos interactions passées avec l'environnement. "*We don't see things as they are ; we see them as we are.*" (Anaïs Nin, *Seduction of the Minotaur*, 1961, p. 124). Nous ne percevons pas les choses de manière objective telles qu'elles apparaissent dans l'environnement, nous les construisons au travers de nos expériences passées sans lesquelles les choses resteraient insignifiantes, comme dénuée de perception.

Bibliographie Générale

- Allport, D. A. (1985). Distributed memory, modular subsystems and dysphasia. In S.K. Newman & R. Epstein (Ed.), *Current perspectives in dysphasia* (p. 32-60). Edinburgh : Churchill Livingstone.
- Allport, D. A. (1987). Selection for action : Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In A. S. E. In H. Heuer (Ed.), *Perspectives on perception and action* (p. 395-419). Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Amsel, B. D., Urbach, T., & Kutas, M. (in press). Empirically grounding grounded cognition : The case of color. *NeuroImage*.
- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory and thought*. Lawrence Erlbaum.
- Anderson, M. C., & Green, C. (2001). Suppressing unwanted memories by executive control. *Nature*, *410*, 366-369.
- Anderson, M. L. (2003). Embodied cognition : A field guide. *Artificial intelligence*, *149*, 91-130.
- Anderson, S. J., Yamagishi, N., & Karavia, V. (2002). Attentional processes link perception and action. *Proceedings of the Royal Society of London B*, *269*, 1225-1232.
- Ansuini, C., Giosa, L., Turella, L., Altoè, G., & Castiello, U. (2008). An object for an action, the same object for other actions : effects on hand shaping. *Experimental Brain Research*, *185*, 111-119.
- Ayedede, M., & Robbins, P. (2009). *The cambridge handbook of situated cognition*. New York, NY : Cambridge University Press.
- Baker, C. A., & Morrison, A. P. (1998). Cognitive processes in auditory hallucinations : attributional biases and metacognition. *Psychological Medicine*, *28*, 1199-1208.
- Bangert, M., Peschel, T., Schlaug, G., Rotte, M., Drescher, D., Hinrichs, H., et al. (2006).

- Shared networks for auditory and motor processing in professional pianists : evidence from fmri conjunction. *NeuroImage*, 30, 917–926.
- Barbey, A. K., & Patterson, R. (2011). Architecture of explanatory inference in the human prefrontal cortex. *Frontiers in psychology*, 2, 162-171.
- Barsalou, L. W. (1999). Language comprehension : Archival memory or preparation for situated action ? *Discourse processes*, 28, 61–80.
- Barsalou, L. W. (2003). Abstraction in perceptual symbol systems. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 358, 1177–87.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Barsalou, L. W., Niedenthal, P., Barbey, A. K., & Ruppert, J. A. (2003). Social embodiment. *Psychology of Learning and Motivation*, 43, 43-92.
- Barsalou, L. W., & Wiemer-Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. In D. P. . R. A. Zwaan (Ed.), *Grounding cognition : The role of perception and action in memory, language, and thought* (p. 129-163). Cambridge University Press.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A. C., & Denes, G. (1997). Preserved imagery for colours in a patient with cerebral achromatopsia. *Cortex*, 33, 369-378.
- Beilock, S. L., Lyons, I. M., Mattarella-Micke, A., Nusbaum, H. C., & Small, S. L. (2008). Sports experience changes the neural processing of action language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 13269-13273.
- Bekkering, H., & Neggers, S. F. (2002). Visual search is modulated by action intentions. *Psychological science*, 13, 370-374.
- Bentall, R. P. (1990). The illusion of reality : a review and integration of psychological research on hallucinations. *Psychological bulletin*, 107, 82-95.
- Bentall, R. P., Baker, G. A., & Havers, S. (1991). Reality monitoring and psychotic hallucinations. *British Journal of Clinical Psychology*, 20, 213-222.
- Bergen, B. K., Lindsay, S., Matlock, T., & Narayanan, S. (2007). Spatial and linguistic aspects of visual imagery in sentence comprehension. *Cognitive Science*, 31, 733-764.
- Bergson, H. (1896). *Matière et mémoire*. Paris, PUF, Quadrige, 1997.
- Bhalla, M., & Proffitt, D. R. (1999). Visual-motor recalibration in geographical slant perception. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 25, 1076-1096.
- Binet, A. (1884). La rectification des illusions par l'appel aux sens. *Mind*, 9, 206-222.

- Binet, A. (1895). La mesure des illusions visuelles chez les enfants. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 40, 11-25.
- Blake, R. R., & Ramsey, G. V. (1951). *Perception : an approach to personality*. New York : Ronald.
- Blakemore, C., & Cooper, G. F. (1970). Development of the brain depends on the visual environment. *Nature*, 228, 477-478.
- Bliss, T. V. P., & Lomo, T. (1973). Synaptic plasticity in the hippocampus. *Journal of Physiology*, 232, 331-356.
- Boas, F. (1911). Introduction. *Handbook of American Indian languages, vol. 1 : Bureau of American Ethnology Bulletin*(40), 5-83.
- Borghi, A. (2004). Object concepts and action : Extracting affordances from objects parts. *Acta Psychologica*, 115, 69-96.
- Borghi, A. (2005). Object concepts and action. In In Pecher & Zwaan (Ed.), *Grounding cognition : The role of perception and action in memory, language, and thinking*. (p. 8-34). Cambridge University Press.
- Boulenger, V., Roy, A. C., Paulignan, Y., Deprez, V., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2006). Cross-talk between language processes and overt motor behavior in the first 200 msec of processing. *Journal of cognitive neuroscience*, 18, 1607-1615.
- Breitmeyer, B., & Ogmen, H. (2006). *Visual masking : Time slices through conscious and unconscious vision* (Vol. 41). Oxford University Press.
- Brouillet, D., Vagnot, C., Brunel, L., Briglia, J., Versace, R., & Rousset, S. (accepté). Sensory-motor properties of past actions bias memory in recognition task. *Psychological Research*.
- Brunel, L., Labeye, E., Lesourd, M., & Versace, R. (2009). The sensory nature of episodic memory : sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 35, 1081-1088.
- Brunel, L., Lesourd, M., Labeye, E., & Versace, R. (2010). The sensory nature of knowledge : Sensory priming effects in semantic categorization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 955-964.
- Brunel, L., Oker, A., Riou, B., & Versace, R. (2010). Memory and consciousness : Traces distinctiveness in memory retrievals. *Consciousness and Cognition*, 19, 926-937.
- Brunel, L., Vallet, G., Riou, B., & Versace, R. (2009). The sensory nature of knowledge :

- Generalisation vs. specification mechanisms. Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- Brunelin, J., Combris, M., Poulet, E., Kallel, L., D'Amato, T., Dalery, J., et al. (2006). Source monitoring deficits in hallucinating compared to non-hallucinating patients with schizophrenia. *European Psychiatry, 21*, 259-261.
- Bruner, J. S. (1957). On perceptual readiness. *Psychological Review, 64*, 123-152.
- Bruner, J. S. (1992). Another look at new look 1. *American Psychologist, 46*, 780.
- Bruner, J. S., & Goodman, C. (1947). Value and need as organizing factors in perception. *Journal of Abnormal and Social Psychology, 64*, 33-44.
- Bub, D. N., & Masson, M. E. (2010). Grasping beer mugs : on the dynamics of alignment effects induced by handled objects. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 36*, 341-358.
- Buxbaum, L. J., & Kalénine, S. (2010). Action knowledge, visuomotor activation, and embodiment in the two action systems. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1191*, 201-218.
- Calvert, G., & Thensen, T. (2004). Multisensory integration : Methodological approaches and emerging principles in the human brain. *Journal of Physiology, 98*, 191-205.
- Caramazza, A., Hillis, A. E., Rapp, B. C., & Romani, C. (1990). The multiple semantics hypothesis : Multiple confusions? *Cognitive Neuropsychology, 7*, 161-189.
- Carter, C. S., MacDonald, A. W., Ross, L. L., & Stenger, V. A. (2001). Anterior cingulate cortex activity and impaired self-monitoring of performance in patients with schizophrenia : an event-related fmri study. *American Journal of Psychiatry, 158*, 1423-1428.
- Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *Neuroimage, 12*, 478-484.
- Clark, A. (1997). *Being there : Putting brain, body, and world together again*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Clark, A. (1998). Embodied, situated and distributed cognition. In W. Betche & G. Graham (Ed.), *A companion to cognitive science* (p. 506-517). Malden, MA : Blackwell.
- Clark, A. (2008). Pressing the flesh : A tension in the study of the embodied, embedded mind? *Philosophy and Phenomenological Research, 76*, 37-59.
- Collins, A., & Loftus, E. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological review, 6*, 407-428.

- Collins, J. A., & Olson, I. R. (2014). Knowledge is power : How conceptual knowledge transforms visual cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *1*, 1-18.
- Coren, S., & Enns, J. (1993). Size contrast as a function of conceptual similarity between test and inducers. *Perception & Psychophysics*, *44*, 579-588.
- Coren, S., & Miller, J. (1974). Size contrast as a function of figural similarity. *Perception & Psychophysics*, *16*, 355-357.
- Craigero, L., Fadiga, L., Rizzolatti, G., & Umiltà, C. (1998). Visuomotor priming. *Visual Cognition*, *5*, 109-125.
- Craik, F. I. M. (1979). Human memory. *Annual Review of Psychology*, *30*, 63-102.
- Creem-Regehr, S. H., & Lee, J. N. (2005). Neural representations of graspable objects : are tools special? *Cognitive Brain Research*, *22*, 457-469.
- D'Ausilio, A., Altenmüller, E., Olivetti Belardinelli, M., & Lotze, M. (2006). Cross-modal plasticity of the motor cortex while listening to a rehearsed musical piece. *European Journal of Neuroscience*, *24*, 955-958.
- Davis, H. (1964). Enhancement of evoked cortical potentials in humans related to a task requiring a decision. *Science*, *145*, 183-183.
- de Fockert, J., Davidoff, J., Fagot, J., Parron, C., & Goldstein, J. (2007). More accurate size contrast judgments in the ebbinghaus illusion by a remote culture. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *33*, 738-742.
- Derbyshire, N., Ellis, R., & Tucker, M. (2006). The potentiation of two components of the reach-to-grasp action during categorisation in visual memory. *Acta Psychologica*, *122*, 74-98.
- Dresslar, F. (1894). Studies in the psychology of touch. *American Journal of Psychology*, *6*, 313-368.
- Ebbinghaus, H. (1885). *La mémoire. recherches de psychologie expérimentale (édition 2011)*. Paris : L'Harmattan.
- Ebbinghaus, H. (1908). *Psychology : An elementary text-book*. Boston : DC Heath.
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Microaffordance : The potentiation of components of action by seen objects. *British journal of psychology*, *91*, 451-471.
- Enns, J., & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 345-352.
- Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). Mnésis : towards the integration of current multisys-

- tem models of memory. *Neuropsychology Review*, 18, 53-69.
- Fenske, M., Aminoff, E., Gronau, N., & Bar, M. (2006). Top-down facilitation of visual object recognition ; object-based and context-based contributions. *Progress in Brain Research*, 155, 3-21.
- Ferchiou, A., Schürhoff, F., Bulzacka, E., Mahbouli, M., Leboyer, M., & Szöke, A. (2010). Mémoire de source-présentation générale et revue des études dans la schizophrénie. *L'Encéphale*, 36, 326-333.
- Flournoy, T. (1894). Illusion de poids. *L'année psychologique*, 1, 198-208.
- Fodor, J. A. (1975). *The language of thought*. Harvard University Press.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Franck, N., Rouby, P., Daprati, E., Daléry, J., Marie-Cardine, M., & Georgieff, N. (2000). Confusion between silent and overt reading in schizophrenia. *Schizophrenia research*, 41, 357-364.
- Frégnac, Y. (1996). Les palais corticaux de la mémoire visuelle. In F. Eustache, B. Lechevalier, & F. Viader (Ed.), *La mémoire : Neuropsychologie clinique et modèles cognitifs, séminaire jean-louis signoret* (p. 199-235). Bruxelles, Belgique : De Boeck Université.
- Gabay, S., Leibovitch, T., Henik, A., & Gronau, N. (2013). Size before numbers : Conceptual size primes numerical value. *Cognition*, 129, 18-23.
- Galbraith, R. C., & Underwood, B. J. (1973). Perceived frequency of concrete and abstract words. *Memory & Cognition*, 1, 56-60.
- Gallese, V. (2005). Embodied simulation : From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 4, 23-48.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts : The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive neuropsychology*, 22, 455-479.
- Galliot, M. T., Baumeister, R. F., DeWall, C. N., Maner, J. K., Plant, E. A., Tice, D. M., et al. (2011). Self-control relies on glucose as a limited energy source : Willpower is more than a metaphor. *Cognition and Emotion*, 25, 174-182.
- Garcea, F. E., & Mahon, B. Z. (2012). What is in a tool concept ? dissociating manipulation knowledge from function knowledge. *Memory cognition*, 40, 1303-1313.
- Gibson, J. J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston : Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston : Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach of visual perception*. Boston : Houghton Mifflin.

- Gibson, J. J., & Walk, R. D. (1960). The "visual cliff". *Scientific American*, *202*, 64-71.
- Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. *Behavioral and Brain Sciences*, *1*, 1-55.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*, 558-565.
- Godden, D., & Baddeley, A. (1975). Context-dependant memory in two natural environments : On land and underwater. *British journal of Psychology*, *66*, 325-331.
- Goldstone, R. (1995). Effects of categorization on color perception. *Psychological Science*, *6*, 298-304.
- Gottfried, J. A., Smith, A. P., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2004). Remembrance of odors past : human olfactory cortex in cross-modal recognition memory. *Neuron*, *42*, 687-695.
- 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.
- Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York : Wiley.
- Gregory, R. (1970). *The intelligent eye*. London : Weidenfeld & Nicolson.
- Griffiths, T. D., Rees, G., Rees, A., Green, G. G., Witton, C., Rowe, D., et al. (1998). Right parietal cortex is involved in the perception of sound movement in humans. *Nature neuroscience*, *1*, 74-79.
- Hansen, T., Olkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, *9*, 1367-1368.
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, *41*, 301-307.
- Hauk, O., & Tschentscher, N. (2013). The body of evidence : what can neuroscience tell us about embodied semantics? *Frontiers in psychology*, *4*, 50.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior : A neuropsychological theory*. Psychological Press.
- Henik, A., & Tzelgov, J. (1982). Is three greater than five : The relation between physical and semantic size in comparison tasks. *Memory & Cognition*, *10*, 382-395.
- Hesslow, G. (2002). Conscious thought as simulation of behaviour and perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*, 242-247.
- Hinton, G. E., McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1986). Distributed representations.

- Parallel Distributed Processing : Explorations in the Microstructure of Cognition, 1*, 77-109.
- Hintzman, D. L. (1984). Minerva 2 : A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, 16*, 96-101.
- Hintzman, D. L. (1986). "schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review, 93*, 411-428.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review, 95*, 528-551.
- Hintzman, D. L. (1990). Human learning and memory : Connections and dissociations. *Annual Review of Psychology, 41*, 109-139.
- Hopfield, J. J. (1984). Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons. *Proceedings of the national academy of sciences, 81*, 3088-3092.
- Houdé, O., Kayser, D., Koenig, O., Proust, J., & Rastier, F. (1998). *Vocabulaire de sciences cognitives*. Paris : PUF.
- Hubel, D., & Wiesel, T. (1965). Receptive fields and functional architecture in two nonstriate visual areas (18 and 19) of the cat. *Journal of Neurophysiology, 28*, 229-289.
- Hume, D. (1739/1946). *Traité de la nature humaine* (Vol. 1740). P. Saltel (Ed.). Paris : Aubier.
- Jääskeläinen, I. P., Ahveninen, J., Belliveau, J. W., Raij, T., & Sams, M. (2007). Short-term plasticity in auditory cognition. *Trends in neurosciences, 30*, 653-661.
- Jacob, P., & Jeannerod, M. (s. d.). The motor theory of social cognition : a critique. *Trends in cognitive sciences, 9*, 21-25.
- 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., Kelley, C. M., & Dywan, J. (1989). Memory attributions. *Varieties of memory and consciousness : Essays in honour of Endel Tulving*, 391-422.
- Jahnke, J. C. (1963). Serial position effects in immediate serial recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 2*, 284-287.
- James, W. (1890). Principles of psychology. *New York : Holt*.
- Jeannerod, M. (2001). Neural simulation of action : a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage, 14*, 103-109.

- Jeannerod, M., & Jacob, P. (2005). Visual cognition : a new look at the two-visual systems model. *Neuropsychologia*, *43*, 301-312.
- Johns, L. C., Rossell, S., Frith, C., Ahmad, F., Hemsley, D., Kuipers, E., et al. (2001). Verbal self-monitoring and auditory verbal hallucinations in patients with schizophrenia. *Psychological medicine*, *31*, 705-715.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. E. (2000). *Principles of neural science* (Vols. Vol. 4, pp. 1227-1246). New York : McGraw-Hill.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M. E., Blanchard, A., et al. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, *94*, B79-889.
- Kay, P., & Kempton, W. (1984). What is the sapir-whorf hypothesis? *American Anthropologist*, *86*, 65-79.
- Kim, K., & Yi, D.-J. (2013). Out of mind, out of sight : perceptual consequences of memory suppression. *Psychological Science*, *24*, 569-574.
- Kohler, E., Keysers, C., Umiltà, M., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2002). Hearing sounds, understanding actions : action representation in mirror neurons. *Science*, *297*, 846-848.
- Köhler, W. (1940). *Dynamics in psychology*. New York : Liveright.
- Kull, K. (2001). Jakob von uexküll : an introduction. *Semiotica*, *134*, 1-59.
- Labeye, E., Oker, A., Badard, G., & Versace, R. (2008). Activation and integration of motor components in a short-term priming paradigm. *Acta psychologica*, *129*, 108-111.
- Lahav, A., Saltzman, E., & Schlaug, G. (2007). Action representation of sound : audio-motor recognition network while listening to newly acquired actions. *The journal of neuroscience*, *27*, 308-314.
- Laroche, S. (2001). Neuro-modelage des souvenirs. *La Recherche*, *1108*, 20-24.
- Lee, C. L., Middleton, E., Mirman, D., Kalénine, S., & Buxbaum, L. J. (2013). Incidental and context-responsive activation of structure-and function-based action features during object identification. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *39*, 257-270.
- Lindemann, O., Stenneken, P., Schie, H. T. van, & Bekkering, H. (2006). Semantic activation in action planning. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *32*, 633-643.

- Lloyd-Jones, T., & Vernon, D. (2003). Semantic interference from visual object recognition on visual imagery. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *29*, 563-580.
- Locke, J. (1690/1970). *An essay concerning human understanding*. P. H. Nidditch, ed. Oxford : Oxford.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, *94*, 492-527.
- Lyons, I. M., Mattarella-Micke, A., Cieslak, M., Nusbaum, H. C., Small, S. L., & Beilock, S. L. (2010). The role of personal experience in the neural processing of action-related language. *Brain and language*, *112*, 214-222.
- Mandler, J., & Parker, R. (1976). Memory for descriptive and spatial information in complex pictures. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *2*, 38-48.
- Mandler, J., & Stein, N. (1974). Recall and recognition of pictures by children as a function of organization and distractor similarity. *Journal of Experimental Psychology : General*, *102*, 657-669.
- Marr, D. (1982). A computational investigation into the human representation and processing of visual information. *Sans Francisco : Freeman and Company*.
- Marr, D., & Nishihara, H. (1978). Visual information processing : artificial intelligence and the sensorium of sight. *Technological Review*, *81*, 2-23.
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain : structure and processes. *Current opinion in neurobiology*, *11*, 194-201.
- Martin, A., Wiggs, C. L., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1996). Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, *379*, 649-652.
- Martin, L. (1986). Eskimo words for snow : A case study in the genesis and decay of an anthropological example. *American Anthropologist*, *88*, 418-423.
- Martin, S. J., Grimwood, P. D., & Morris, R. G. (2003). Synaptic plasticity and memory : and evaluation of hypothesis. *Annual Review of Neuroscience*, *23*, 649-711.
- Massaro, D., & Anderson, N. (1971). Judgmental model of the ebbinghaus illusion. *Journal of Experimental Psychology*, *89*, 147-151.
- Massen, C., & Prinz, W. (2009). Movements, actions and tool-use actions : an ideomotor approach to imitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological*

- Sciences*, 364, 2349-2358.
- Masson, M. E., Bub, D. N., & Breuer, A. T. (2011). Priming of reach and grasp actions by handled objects. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 37, 1470-1484.
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). Opensesame : An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44, 314-324.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1985). Distributed memory and the representation of general and specific information. *Journal of Experimental Psychology : General*, 114, 159-188.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1986). *Parallel distributed processing*. Cambridge, MA : MIT Press.
- McNair, N. A., & Harris, I. M. (2012). Disentangling the contributions of grasp and action representations in the recognition of manipulable objects. *Experimental brain research*, 220, 71-77.
- McNamara, T., & Diwadkar, A. (1966). The context of memory retrieval. *Journal of Memory and Language*, 35, 877-892.
- Miceli, G., Fouch, E., Capasso, R., Shelton, J. R., Tomaiuolo, F., & Caramazza, A. (2001). The dissociation of color from form and function knowledge. *Nature Neuroscience*, 4, 662-667.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46, 774-785.
- Murphy, G. L., & Medin, D. L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological review*, 92, 289-316.
- Nairne, J. (2006). Modeling distinctiveness : Implication for general memory theory. In R.R. Hunt & J.B. Worthen (Ed.), *Distinctiveness and memory* (p. 27-46). New York : Oxford University Press.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New-York : Appleton-Century-Crofts.
- Niedenthal, P., & Setterlund, M. (1994). Emotion congruence in perception. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 20, 401-411.
- Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*. New York : Basic Books.
- Oppenheimer, D. M., & Frank, M. C. (2007). A rose in any other font would not smell as sweet : Effects of perceptual fluency on categorization. *Cognition*, 106, 1178-1194.

- O'Regan, J. K. (1992). Solving the "real" mysteries of visual perception : the world as an outside memory. *Canadian journal of psychology*, *46*, 461-488.
- O'Regan, J. K. (2011). *Why red doesn't sound like a bell : Understanding the feel of consciousness*. Oxford University Press.
- Osiurak, F. (2014). What neuropsychology tells us about human tool use ? the four constraints theory (4ct) : mechanics, space, time, and effort. *Neuropsychology Review*, *24*, 88-115.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental representation : A dual coding approach*. New York : Oxford University Press.
- Palmer, S. (1999). Les théories contemporaines de la perception de la gestalt. *Intellectica*, *28*, 53-91.
- Pecher, D. (2013). No role for motor affordances in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *39*, 2-13.
- Pecher, D., Klerk, R. M. de, Klever, L., Post, S., Reenen, J. G. van, & Vonk, M. (2013). The role of affordances for working memory for objects. *Journal of Cognitive Psychology*, *25*, 107-118.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. (2003). Verifying different-modality properties for concepts produces switching costs. *Psychological Science*, *14*, 119-124.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2004). Sensorimotor simulations underlie conceptual representations : Modality-specific effects of prior activation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 164-167.
- Pecher, D., & Zwaan, R. (2005). *Grounding cognition : The role of perception and action in memory, language, and thinking*. Cambridge University Press.
- Pellicano, A., Iani, C., Borghi, A. M., Rubichi, S., & Nicoletti, R. (2010). Simon-like and functional affordance effects with tools : The effects of object perceptual discrimination and object action state. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*, 2190-2201.
- Pfannmüller, L., Hegenloh, M., Müller, H. J., & Zehetleitner, M. (2012). Visuomotor priming effects in grasping depend on the quality of cue processing. *Journal of Vision*, *12*, 1094-1094.
- Piaget, J., & Osterrieth, P. A. (1953). *L'évolution de l'illusion d'oppel-kundt en fonction de l'âge*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.

- Postle, N., Ashton, R., McFarland, K., & De Zubicaray, G. I. (2013). No specific role for the manual motor system in processing the meanings of words related to the hand. *Frontiers in human neuroscience*, *25*, 107-118.
- Predebon, J. (1985). Age trends in the MuellerLyer and Ponzo illusions. *British journal of developmental psychology*, *3*, 99-103.
- Prinz, J. (2002). *Furnishing the mind : Concepts and their perceptual basis*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Proffitt, D. R. (2006). Embodied perception and the economy of action. *Perspectives on Psychological Science*, *1*, 110-122.
- Proffitt, D. R. (2013). An embodied approach to perception : By what units are visual perceptions scaled? *Perspectives on Psychological Science*, *8*, 474-483.
- Pulvermüller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behavioral and brain sciences*, *22*, 253-279.
- Pulvermüller, F. (2001). Brain reflections of words and their meaning. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*, 517-524.
- Pulvermüller, F. (2013). How neurons make meaning : brain mechanisms for embodied and abstract-symbolic semantics. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*, 458-470.
- Pulvermüller, F., Härle, M., & Hummel, F. (2000). Neurophysiological distinction of verb categories. *Neuroreport*, *11*, 2789-2793.
- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and cognition*. Cambridge, MA : MIT press.
- Quak, M., Pecher, D., & Zeelenberg, R. (2014). Effects of motor congruence on visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *39*, 1-8.
- Rajaram, S., & Geraci, L. (2000). Conceptual fluency selectively influence knowing. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *26*, 1070-1074.
- Randerath, J., Martin, K. R., & Frey, S. H. (2013). Are tool properties always processed automatically? the role of tool use context and task complexity. *Cortex*, *49*, 1679-1693.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1988). A retrieval theory of priming in memory. *Psychological Review*, *95*, 385-408.
- Reber, R., Wurtz, P., & Zimmermann, T. (2004). Exploring "fringe" consciousness : The subjectiv experience of perceptual fluency and its objective bases. *Consciousness and Cognition*, *13*, 47-60.
- Rey, A. E., Riou, B., Cherdieu, M., & Versace, R. (2014). When memory components act as

- perceptual components : Facilitatory and interference effects in a visual categorisation task. *Journal of Cognitive Psychology*, *26*, 221-231.
- Rey, A. E., Riou, B., & Versace, R. (in press). Demonstration of an ebbinghaus illusion at a memory level : manipulation of the memory size and not the perceptual size. *Experimental Psychology*.
- Rey, A. E., Roche, K., Versace, R., & Chainay, H. (soumis). Does the motor activation depend on the intention to act ? visual and auditory presentation of tools in perceptual and motor tasks.
- Richardson, D. C., Spivey, M. J., Barsalou, L. W., & McRae, K. (2003). Spatial representations activated during real-time comprehension of verbs. *Cognitive science*, *27*, 767-780.
- Riddoch, M., Humphreys, G., Coltheart, M., & Funnell, E. (1988). Semantic systems of system — neuropsychological evidence re-examined. *Cognitive Neuropsychology*, *5*, 3-25.
- Riener, C. R., Stefanucci, J. K., Proffitt, D. R., & Clore, G. (2011). An effect of mood on the perception of geographical slant. *Cognition and Emotion*, *25*, 174-182.
- Riou, B., Lesourd, M., Brunel, L., & Versace, R. (2011). Visual memory and visual perception : when memory improves visual search. *Memory & Cognition*, *29*, 1094-1102.
- Roche, K., & Chainay, H. (2013). Visually guided grasping of common objects : Effects of priming. *Visual Cognition*, *21*, 1010-1032.
- Roche, K., & Chainay, H. (2014). Pointing treatments are task relevant : A visuomotor priming study. *Plos One*, *9*, e96154.
- Rock, I., & Palmer, S. (1990). The legacy of gestalt psychology. *Scientific American*, *236*, 84-90.
- Rose, D., & Bressan, P. (2002). Going round in circles : shape effects in the ebbinghaus illusion. *Spatial Vision*, *15*, 191-203.
- Rosenbaum, D. A., & Halloran, R. G., E. S. and Cohen. (2006). Grasping movement plans. *Psychonomic bulletin & review*, *13*, 918-922.
- Rousset, S. (2000). Les conceptions "système unique" de la mémoire : aspects théoriques. *Revue de neuropsychologie*, *10*, 27-52.
- Rubin, D. C. (1983). Associative asymmetry, availability, and retrieval. *Memory & Cognition*, *11*, 83-92.

- Rubin, D. C. (2006). The basic-systems model of episodic memory. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 277-311.
- Sapir, E. (1921). *Language. an introduction to the study of speech*. New York, Harcourt, Brace & World.
- Schnall, S., Zadra, J., & Proffitt, D. R. (2010). Direct evidence for the economy of action : Glucose and the perception of geographical slant. *Perception*, 39, 464-482.
- Schneider, T., Engel, A., & Debener, D. (2008). Multisensory identification of natural objects in a two-way crossmodal priming paradigm. *Experimental Psychology*, 55, 121-132.
- Schwanenflugel, P. J. (1991). Why are abstract concepts hard to understand. *The psychology of word meanings*, 11, 223-250.
- Schwanenflugel, P. J., Akin, C., & Luh, W. M. (1992). Context availability and the recall of abstract and concrete words. *Memory & Cognition*, 20, 96-104.
- Schwanenflugel, P. J., & Stowe, R. W. (1989). Context availability and the processing of abstract and concrete words in sentences. *Memory & Cognition*, 20, 96-104.
- Schwarz, W., & Heinze, H. J. (1998). On the interaction of numerical and size information in digit comparison : A behavioral and event-related potential study. *Neuropsychologia*, 36, 1167-1179.
- Schwarzkopf, D., Song, C., & Rees, G. (2011). The surface area of human v1 predicts the subjective experience of object size. *Nature Neuroscience*, 14, 28-30.
- Shapiro, L. (2011). *Embodied cognition*. New York : Routledge Press.
- Shebani, Z., & Pulvermüller, F. (2013). Moving the hands and feet specifically impairs working memory for arm-and leg-related action words. *Cortex*, 49, 222-231.
- Simmons, W. K., Martin, A., & Barsalou, L. (2005). Pictures of appetizing foods activate gustatory cortices for taste and reward. *Cerebral Cortex*, 15, 1602-1608.
- Slotnick, S. D. (2004). Visual memory and visual perception recruit common neural substrates. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, 3, 207-221.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2004). Perceptual simulation in property verification. *Memory & Cognition*, 32, 244-259.
- Spence, C., Nicholls, M., & Driver, J. (2001). The cost of expecting events in the wrong sensory modality. *Perception & Psychophysics*, 63, 330-336.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain : a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, 82, 171-177.

- Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological science*, *12*, 153–6.
- Sumner, P., & Husain, M. (2008). At the edge of consciousness : automatic motor activation and voluntary control. *The Neuroscientist*, *14*, 474-486.
- Symes, E., Ellis, R., & Tucker, M. (2007). Visual object affordances : Object orientation. *Acta Psychologica*, *124*, 238-255.
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., et al. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of cognitive neuroscience*, *17*, 273-281.
- Tiberghien, G. (1984). *Initiation à la psychophysique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory : Quo vadis? In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (p. 839-847). Cambridge, Mass : MIT Press.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, *247*, 301-306.
- Tulving, E., Schacter, D. L., & Shark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent of recognition memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *8*, 336-342.
- Tulving, E., & Thomson, D. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, *80*, 352-373.
- Tyler, L. K., Bright, P., Dick, E., Tavares, P., Pilgrim, L., Fletcher, P., et al. (2003). Do semantic categories activate distinct cortical regions? evidence for a distributed neural semantic system. *Cognitive Neuropsychology*(541-559).
- Tzelgov, J., Meyer, J., & Henik, A. (1992). Automatic and intentional processing of numerical information. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *18*, 166-179.
- Vallet, G., Brunel, L., & Versace, R. (2010). The perceptual nature of the cross-modal priming effect : arguments in favor of a sensory-based conception of memory. *Experimental Psychology*, *57*, 376-382.
- Vallet, G., Riou, B., Versace, R., & Simard, M. (2011). The sensory-dependent nature of audio-visual interactions for semantic knowledge. In *Proceedings of the 33rd annual conference of the cognitive science society*, 2077-2082.

- van Dantzig, S., Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L. W. (2008). Perceptual processing affects conceptual processing. *Cognitive Science*, *32*, 579-590.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : Sciences cognitives et expérience humaine*. Edition du seuil.
- Vermeulen, N., Chang, B., Corneille, C., Pleyers, G., & Mermillod, M. (2013). Verifying properties of concepts spontaneously requires sharing resources with same-modality percept. *Cognitive processing*, *14*, 81-87.
- Vermeulen, N., Chang, B., Mermillod, M., Pleyers, G., & Corneille, C. (2013). Memory for words representing modal concepts spontaneously require sharing resources with same-modality percepts. *Experimental Psychology*, *60*, 293-301.
- Vermeulen, N., Corneille, C., & Niedenthal, P. (2008). Sensory load incurs conceptual processing costs. *Cognition*, *109*, 287-294.
- Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*, 522-560.
- Versace, R., Nevers, B., & Padovan, C. (2002). *La mémoire dans tous ses états*. Marseille : Solal.
- Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., Labeye, E., & Brunel, L. (2014). Act-in : An integrated view of memory mechanisms. *Journal of Cognitive Psychology*, *26*, 280-306.
- Vingerhoets, G. (2008). Knowing about tools : Neural correlates of tool familiarity and experience. *NeuroImage*, *40*, 1380-1391.
- Vingerhoets, G., Vandamme, K., & Vercammen, A. (2009). Conceptual and physical object qualities contribute differently to motor affordances. *Brain and Cognition*, *69*, 481-489.
- Von Hornbostel, E. (1927). The unity of the senses. *Psyche*, *7*, 83-89.
- Wattenmaker, W. D., & Shoben, E. J. (1987). Context and the recallability of concrete and abstract sentences. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, *13*, 140-150.
- Wertheimer, M. (1938). *Laws of organisation in perceptual forms*. London : Harcourt, Brace.
- Wertheimer, M. (1944). Gestalt theory. *Social Research*, *11*, 78-99.
- Wheeler, M. E., Peterson, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo : Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,

- 97, 11125-11129.
- Whittlesea, B. (1987). Preservation of specific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 13, 3-17.
- Whittlesea, B. (1989). Selective attention, variable processing and distributed representation : Preserving particular experiences of general structures. In R. G. M. Morris (Ed.), *Parallel distributed processing : Implications for psychology and neurobiology*. Oxford University Press.
- Willems, R., & Francken, J. (2012). Embodied cognition : taking the new step. *Frontiers in psychology*, 3, 582.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625-636.
- Wohlwill, J. F. (1960). Developmental studies of perception. *Psychological Bulletin*, 57, 249.
- Wu, L., & Barsalou, L. (2009). Perceptual simulation in conceptual combination : Evidence for property generation. *Acta psychologica*, 132, 173-189.
- Wu, L., & Barsalou, L. W. (2005). Prior knowledge and functionally relevant features in concept learning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 21, 449-468.
- Yang, S., Gallo, D. A., & Beilock, S. L. (2009). Embodied memory judgments : a case of motor fluency. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 35, 1359-1365.
- Yee, E., Ahmed, S., & Thompson-Schill, S. L. (2012). Colorless green ideas (can) prime furiously. *Psychological Science*, 23, 364-369.
- Yee, E., Chrysikou, E. G., Hoffman, E., & Thompson-Schill, S. L. (2013). Manual experience shapes object representations. *Psychological science*, 24, 909-919.
- Yeh, W., & Barsalou, L. (2006). The situated nature of concepts. *The American journal of psychology*, 119, 349-384.
- Zeki, S. (1990). A century of cerebral achromatopsia. *Brain*, 113, 1721-1777.
- Zwaan, R. A. (2008). Experiential traces and mental simulations in language comprehension. In *Symbols and embodiment : Debates on meaning and cognition*. Manuel de Vega, Arthur Glenberg & Arthur Graesser.

- Zwaan, R. A., & Kaschak, M. P. (2008). Language in the brain, body and world. In *The cambridge handbook of situated cognition* (p. 368-381). P. Robbins and M. Ayede.
- Zwaan, R. A., & Yaxley, R. H. (2004). Lateralization of object-shape information in semantic processing. *Cognition*, *94*, B35–43.

Sixième partie

Annexes

Annexe A

**Matériel utilisé dans les études
présentées dans les Chapitres 4 et 5**



FIGURE A.1 – Images de produits typiquement sucrés présentées dans les études des Chapitres 4 et 5



FIGURE A.2 – Images de produits non sucrés présentées dans les études des Chapitres 4 et 5



FIGURE A.3 – Images de produits non comestibles présentées dans les études des Chapitres 4 et 5

Annexe B

Matériel utilisé dans l'étude présentée dans le Chapitre 6

.....



FIGURE B.1 – Stimuli utilisés comme cibles dans la catégorie "items fortement sensibles au masque" dans le paradigme de masquage du Chapitre 6



FIGURE B.2 – Stimuli utilisés comme cibles dans la catégorie "items faiblement sensibles au masque" dans le paradigme de masquage du Chapitre 6

Annexe C

Matériel utilisé dans l'étude présentée dans le Chapitre 9

.....

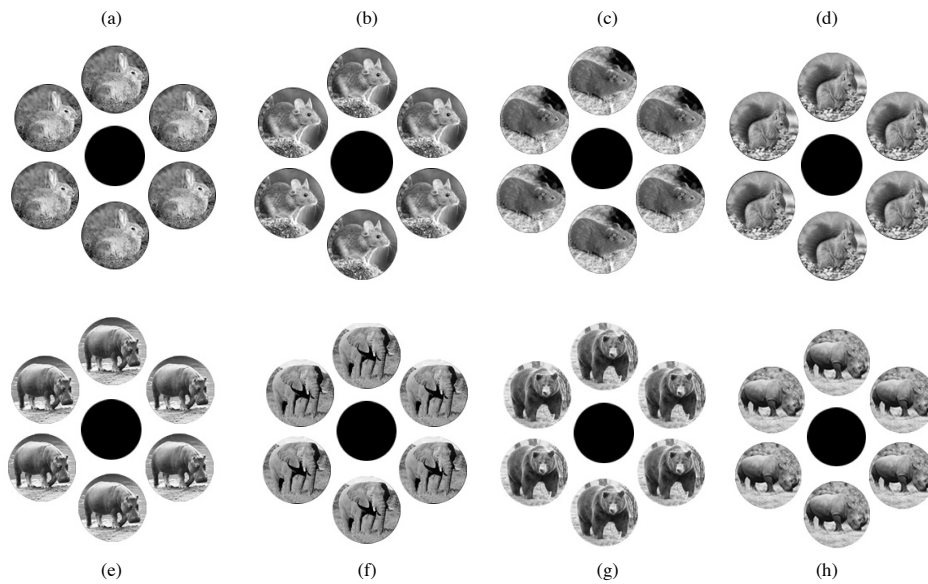


FIGURE C.1 – Stimuli utilisés dans le paradigme inspiré de l'illusion d'Ebbinghaus présenté dans l'étude du Chapitre 4

Annexe D

Motor activation and task demand

.....

**Does motor activation depend on the intention to act ?
Visual and auditory presentation of tools in perceptual and motor tasks.**

Amandine E. Rey[§], Kévin Roche[§], Rémy Versace, & Hanna Chainay

EMC Laboratory, Lyon2 University (France)

[§] Amandine E. Rey and Kévin Roche have contributed equally to this work.

.....

Article soumis dans *Frontiers in Cognition, Research Topic "Dynamic of sensori-motor interactions in embodied cognition"* le 16 juin 2014

Les références sont répertoriées dans la bibliographie générale.

Abstract

Grounded and embodied cognition theories claim that knowledge is for action and is grounded in sensory-motor systems. Some data from neurological and behavioral studies that have used perceptual tasks partially confirm the hypothesis that motor components can be activated by simply seeing a tool. However, the question remains whether the processing of the properties of these tools is always automatic or depends on the context and the intention to act. The conflicting patterns of results reported in the literature might suggest that preparation for action is fundamental for the activation of relevant processing of motor information. The present study investigated whether the motor components of gestures involved in tool use are activated as a function of the intention to act and/or the modality of tool presentation. Indeed, it has been suggested that all the senses are connected to motor components in sensory-motor loops. However, it has also been claimed that vision is the sense that primarily activates motor components. In our study, the participants saw a first tool (or heard the sound of it being used) immediately followed by a second tool on which they had to perform the perceptual tasks (i.e. indicate whether the second tool was identical to or different from the first tool) and the motor task (i.e. manipulate the second tool on the basis of the use of the first tool). In both tasks, the similarity of the gesture employed for the first and the second tool was manipulated (Identical, Similar or Different gestures). The results showed that, in the motor task, the participants initiated their movements faster when the gesture used for the two tools was Similar than when it was Different. Furthermore, this effect was observed independently of the presentation modalities: visual or auditory. However, no effect was observed in the perceptual tasks. We therefore suggest that the activation of motor components depends on the task and the intention to act. We discuss these motor activation results in terms of the task relevance and demand.

Keywords: Embodied cognition, Gesture, Visual and auditory presentation, Perceptual task, Motor task, Situated cognition.

D.1 Introduction

Grounded and embodied cognition theories claim that knowledge is assembled in order to prepare for action (Wilson, 2002) and is grounded in sensory-motor systems (Barsalou, 1999, 2008). The cognitive processes that underpin the use of knowledge are thought to be deeply rooted in physical action, with close links existing between perception, action and the environment (Glenberg, 1997; Clark, 2008). In addition, motor interaction between individuals and the environment depends on the situation (Borghetti, 2004, 2005). Consequently, the motor processes play an important role in cognition and in the capacity to remain adapted to the environment. Despite this, the question of the activation of the motor components involved in everyday cognitive and motor tasks is still far from clear, especially in the case of perceptual tasks in which motor components are irrelevant to the task demands. The first aim of the present study was to gain a better understanding of the activation of motor components as a function of the situation and, more specifically, as a function of the task (perceptual or motor).

The second aim relates to the equipotentiality of the sensory modalities in inducing the activation of motor components. At the level of action, in particular, it has been proposed that visual information is the preferred basis for the efficient conduct of actions (Jacob & Jeannerod, n.d.; Milner & Goodale, 2008). Most studies of the motor activation of tool knowledge have used only visual stimuli. It is reasonable to ask whether the visual presentation of a tool is equal in terms of the activation of motor and tool-related knowledge to a presentation in another modality, such as the auditory modality involving, for example, the sound of the tool. Indeed, it has been suggested that the processing of environmental information from different sensory modalities leads to the construction and emergence of knowledge (Slotnick, 2004; Jääskeläinen et al., 2007; Versace et al., 2014). Thus, our second aim was to compare the activation of motor components in response to visual (static tools in this study) and auditory (dynamic action-related) presentations of tools in perceptual and motor tasks.

Some data from neurological and behavioral studies involving perceptual tasks has partially confirmed the idea that motor components can be automatically activated by the simple

fact of seeing a tool. Indeed, Anderson, Yamagishi, and Karavia (2002) showed that neural motor areas are activated by a visual presentation of tools even in the absence of any intention to use them. Furthermore, Chao and Martin (2000) showed that both naming and viewing tools activated the ventral premotor cortex, whereas other "objects", such as faces or animals, did not. These automatic activations are consistent with the suggestion that tools are different from other objects because tool-related knowledge includes specific information about how to use them (Creem-Regehr & Lee, 2005). If this is true, familiar and unfamiliar tools should have different patterns of neural activation. This comparison has been undertaken by Vingerhoets (2008) who observed that specific brain areas are activated in response to familiar tools, thus suggesting that they are associated with specific motor knowledge which is based on previous experiences with the tools. Surprisingly, Vingerhoets (2008) also found that certain common brain areas were activated in response to familiar and unfamiliar tools. To better understand this common activation, which is unrelated to familiarity, Vingerhoets et al. (2009) ran a second study designed to collect behavioral data. The task consisted in pressing a button with the right or left hand when a target (an arrow) appeared on the right or left side. Before the target appeared, a prime, which could represent a highly or poorly graspable familiar or unfamiliar tool, was presented. In this protocol, the familiarity and graspability of the primes were irrelevant to the task, with the result that only automatic activation of the prime could induce a priming effect. The results showed that initiation times were shorter for highly graspable tools irrespective of their familiarity. The authors concluded that the automatic activation of motor components by a tool is due to the processing of its perceptual properties independently of conceptual processing, especially that relating to tool use. This could explain why common brain areas are activated for different tools that are grasped in similar ways or whose grasping at least shares common motor components (Vingerhoets, 2008). These results suggest that motor components are activated automatically based on the perceptual properties of the tool, whether or not these are relevant to the task, namely whether they are motor or not (i.e., perceptual).

In the above-mentioned studies, the gesture associated with a tool (i.e. manipulation knowledge) and the conceptual information associated with the tool (use knowledge) were confounded. However, it has been suggested that seeing a tool automatically activates manipulation knowledge rather than use knowledge in order to prepare for future possible use of

it. The study conducted by McNair and Harris (2012) tested this assumption by comparing congruent vs. incongruent grasp and congruent vs. incongruent utilization gestures for a prime and a target (both presented as pictures on a computer screen). The participants' task was to select the name of the target from a choice of many other tool names. The results showed that only grasp congruency enhanced participants' accuracy when identifying the target tool. In addition to the results reported by Vingerhoets et al. (2009), the study conducted by McNair and Harris (2012) seems to indicate that neither use nor manipulation knowledge are automatically activated by seeing a tool. Furthermore, it seems that grasp components can be activated by seeing a tool even when there is no intention to grasp it. Indeed, many studies have reported that tool presentation facilitates grasp behaviors in a motor task. For example, the studies by Derbyshire, Ellis, and Tucker (2006) and Sumner and Husain (2008) used a special response device which allowed participants to make two kinds of response with the same hand. One response required them to press the device with the full hand, as if they were grasping forcefully, whereas the other response required them to press a part of the device with the thumb and index finger as if they were gripping an object with precision. These two studies revealed a compatibility effect, with participants responding with precision grips for small tools (which usually require a precision grip) and with a forceful grasp for large tools (normally requiring a forceful grasp). To summarize, it seems that only grasp-related motor components are activated by seeing a tool in perceptual tasks in which there is no intention to act (for contrasting results and a discussion, see Bub & Masson, 2010). It is possible that only grasp-related components can be activated in the absence of any real intention to act because grasping is the inevitable first step of more complex tool uses (Vingerhoets et al., 2009). In addition, it has been suggested that relevant motor information is selected depending on the intention of the actor (Allport, 1987). Consequently, if there is no intention to act, both use and manipulation knowledge, as well as familiarity with the tools, remain irrelevant to the task. However, it is unclear whether a tool and its associated gesture knowledge can be activated in a way that is irrelevant to the task.

Without going so far as asking participants to handle real stimuli, some studies have investigated whether a concurrent motor task could interfere with the processing of the motor components of manipulable tools. These studies have reported divergent results. Pecher and

colleagues asked their participants to perform a perceptual task based on the perceptual or motor properties of the stimulus, while also performing a concurrent motor task (i.e., various movements with their free hands). For instance, the participants performed visual tasks on manipulable and non-manipulable objects (e.g., they had to indicate whether a photograph of a tool was the same as or a mirror image of a preceding photograph) while performing a concurrent motor task. The authors assumed that if the processing of manipulable tools is based partially on the activation of motor components, a concurrent motor task should interfere with processing. However, these studies revealed no difference between the processing of manipulable and non-manipulable tools in a concurrent motor task paradigm (Pecher, 2013; Pecher et al., 2013; Quak, Pecher, & Zeelenberg, 2014).

Studies of action-related words have also yielded divergent results since some studies have revealed no evidence suggesting that the motor system is involved in reading or remembering action words (Postle, Ashton, McFarland, & De Zubicaray, 2013), whereas other studies have found that memory for hand or foot-related words are affected by hand or foot-tapping tasks (Shebani & Pulvermüller, 2013). Given these divergent results, it seems possible that it is essential to prepare for an action in order to activate the processing of relevant motor information, even if the information comes from a stimulus other than the target of the action (Lindemann, Stenneken, Schie, & Bekkering, 2006). For example, a study by Bekkering and Neggers (2002) provides support for this suggestion. The participants in this study had to select a target defined by a combination of color and orientation in order to act upon it. Their task was to point at the target or to grasp it. The authors observed that the first ocular saccade made by the participants was affected by the action required of them but not by the color of the target. When a grasping response was required, the first saccade tended to be made toward distractors having the same orientation as the target. It seems that the orientation of the distractor affected the first saccade because orientation information is relevant for grasping but not for pointing (Roche & Chainay, 2014). This suggestion is consistent with the selection-for-action viewpoint (Allport, 1987), which predicts that the processing of relevant motor information depends on the intentions and plans of the person concerned. To summarize, the intention to act determines the nature of the relevant information for processing and this information can be processed irrespective of the target of the action (Craighero, Fadiga, Rizzolatti, & Umiltà, 1998; Bekkering & Neggers, 2002; Lee,

Middleton, Mirman, Kalénine, & Buxbaum, 2013; Roche & Chainay, 2014). Consequently, only motor tasks can induce processing that facilitates motor action. However, the processing performed is specific to the purpose of the task.

In the present study, we compared perceptual and motor tasks in order to explore the activation of motor components as a function of the intention to act. In Experiment 1, the first perceptual task involved judgments of orientation (identical/different orientations of visually presented tools), while the second perceptual task consisted of judging whether the two tools were visually identical or different. The motor task related to the way the second tool was handled as a function of its specific mode of utilization. In all the tasks, a first tool was presented to the participants just before the presentation of a second tool on which they had to perform a perceptual and a motor task. In all the experiments, we manipulated the factor of Gesture Similarity between the first and second tool in three conditions. The gesture used for the two tools could be Identical (same tool, same gesture), Similar (different tools but similar gesture) or Different (different tools and gestures). We assumed that the activation of a similar gesture for both tools would facilitate the subject's response (i.e. faster response times or initiation times) if manipulation knowledge is activated by the presentation of a tool. In addition, different results should be observed depending on the demands of the motor task. Indeed, if motor components are activated when they are relevant to the task, participants should respond faster in the Similar than in the Different condition only in the motor task since the activation of motor components is not relevant for the perceptual tasks.

D.2 Experiment 1

D.2.1 Method

Participants

Sixteen participants from the University of Lyon 2 took part in Experiment 1 (13 women, $M = 20.06$, $SD = 2.05$) and completed a written consent form. All of them had normal or



Figure D.1: The tools presented in the three experiments. Grouped tools correspond to the couple created according to their gesture similarity of utilization.

corrected-to-normal vision and audition.

Stimuli

The present study used the same stimuli across all the experiments. The stimuli were presented as pictures for the perceptual tasks and physically in front of the participants for the motor tasks. We used a set of six everyday manipulable tools which were associated with the distinctive sound they make during use in Experiment 3.

They were subdivided into three pairs depending on the similarity of the gestures required for their use, in line with the study conducted by McNair and Harris (2012). The pairs were: hammer and maracas; whistle and party blowouts; gun and spray cleaner (see Figure D.1).

The pictures were colored photographs of the six tools (2725×1187 pixels with a resolution of 300×300 dots per inch), taken from the same angle at which they were presented in the motor task. The photographs were presented at a distance of 65 cm from the participant's eyes.

Tasks assignment and general design

The participants were tested individually in each of the three tasks. The assignment of participants to the perceptual tasks and the motor task was counterbalanced across participants. Before starting the experiment, we made sure that the participants knew the tools and the gesture associated with their use. The participants were first asked to say the name of the tools. If they failed to say the correct name, they were asked to describe the context of use (this was particularly useful for the party blowouts and spray cleaner since they have unfamiliar names in French). They were then asked to grasp the tool and demonstrate how to use it. If the gesture they made was only approximate, we told them "normally we use it like this", showed them the correct movement and asked them to replicate the gesture (for example, maracas are moved front-to-back and not left-to-right). After this preparatory phase, the participants were invited to start performing the task to which they had been assigned.

In all the experiments presented in this study, we manipulated the factor of Gesture Similarity between the first and second tool over three conditions: (1) Identical: the first tool was identical to the second; (2) Similar: the first tool belonged to the same pair of tools as the second one; (3) Different: the first tool was different and did not belong to the same pair of tools as the second one (the first tool was chosen pseudo-randomly across the four remaining tools).

Perceptual tasks

Materiel. The experiment was conducted on a Macintosh IMac. OpenSesame software was used to set up and control the experiment (Mathôt et al., 2012).

Procedure. For the perceptual tasks, the participants were positioned facing the computer, with their right hand on the keyboard. After a fixation point, a first tool was presented to the participants for 1000 ms. After an Inter Stimulus Interval (ISI) of 500 ms, a second tool was presented. The second tool was displayed until the subject responded and was followed by an inter-trial interval of 1500 ms. The participants were asked to respond as quickly as possible

by pressing the appropriate key on the keyboard (corresponding to the "J" and "K" keys, with the key assignment being counterbalanced across participants). The perceptual tasks consisted of an orientation discrimination task which was always followed by a comparison task.

In the Orientation Discrimination task, the participants had to indicate whether the orientations of the first and second tools were identical (congruent) or different (incongruent), independently of the identity of the tools. Both tools were presented in one of three orientations: 0° (aligned with the participant's midline), as well as 90° or 45° to the right. In the present study, the tools were always rotated in such a way that their midpoint remained aligned the participant's midline. Orientation congruency was manipulated between the two tools in a trial (Congruent vs. Incongruent). The six tools were presented in each Gesture Similarity condition - Identical, Similar and Different - in both Orientation Congruency conditions (Congruent and Incongruent). We repeated each condition of this simple interaction three times which were identically distributed across three different orientations (0° , 45° and 90°) to give a total of 108 trials which were presented in a random order. In the Comparison task, the participants had to indicate whether the tools were visually identical or different. Both tools were presented in one of the Gesture Similarity conditions (Identical, Similar and Different). The first tool was always presented at 45° to the right (relative to the participant's midline), while the second tool was presented twice at 0° (aligned with the participant's midline) and twice at 90° , thus giving a total of 72 trials.

Motor tasks

Material. A Dell computer equipped with E-prime2 software (Psychology Software Tools, Inc., USA) was used to run the experiment and record initiation times. Liquid-crystal goggles (Plato Translucent Technologies, Toronto, ON, USA) were used to control the subjects' vision and a home-made spherical trigger button of 4 cm diameter was connected to the computer and used to collect gesture initiation times. The tools were placed on a board measuring 40 cm by 50 cm.

Procedure. Participants were positioned facing the experimental board, with their right hand on the release button. The primes and targets, respectively first and second tools

to be consistent with the others tasks, were presented on the experimental board one at a time, approximately 45 cm from the participant hand and with their grasp part towards the participant. To avoid an affordance of exactly the same grasp movement between first and second tools, we always changed the orientation between them. The orientations were 0° (on the participant midline) or 90° for the second tool and always 45° to the right for the first one.

After 10 training trials in which all conditions and tools had been presented, each participant performed 72 trials which were identical to those used in the comparison task (see Figure D.2). The second tool was oriented at either 0° and 90° to create a variation in the grasp parameters and thus avoid repetitive grasp movements across trials. The trials were divided into 3 mini-blocks which were counterbalanced across participants.

All the trials started with a "beep" to remind the participant to place his/her hand on the release button. Simultaneously, the goggles became opaque for 1500 ms, during which time a first tool was placed on the experimental board. The goggles then became transparent for 500 ms so that the prime was visible, before turning opaque again for a further 1500 ms. During the ISI, the experimenter replaced the first tool on the experimental board with the second or, in the Identical condition, simply changed the orientation of the tool. At the end of the ISI, the goggles became transparent again and a simultaneous "go" signal indicated to the participant that he/she should grasp the second tool and show how to use it. The next trial then started with a "beep". The participants were told to initiate the movement toward the tool as quickly as possible and simulate its use. They were given 3000 ms to do so.

To summarize, there were three differences between the tasks: the time interval between the stimuli (500 ms in the perceptual tasks and 1500 ms in the motor task), the presentation of the stimuli (pictures in the perceptual tasks and real tools in the motor task) and the nature of the task (orientation discrimination and identification of the tool in perceptual tasks and execution of the utilization gesture in the motor task).

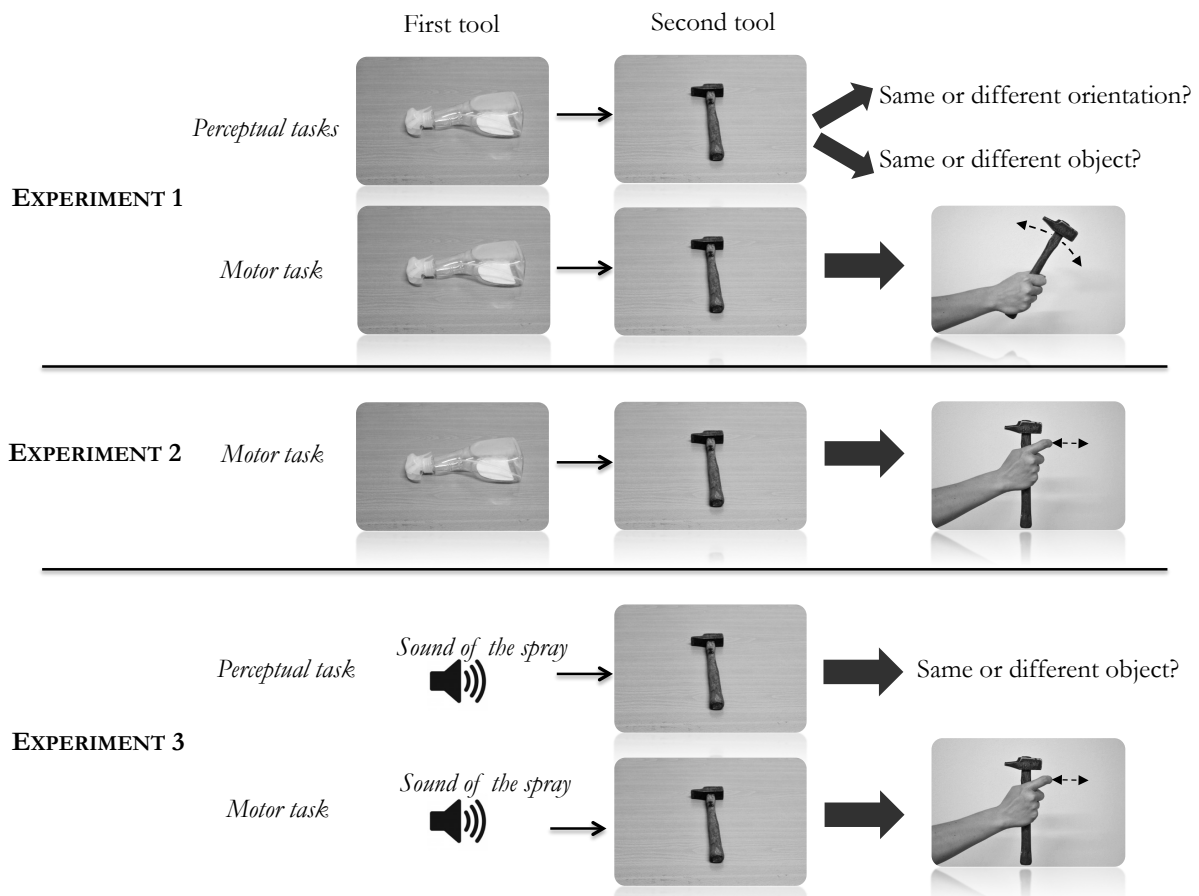


Figure D.2: Illustration of the perceptual and motor tasks in the three experiments.

Statistical analyses

We measured Reaction Times (RT) in the perceptual tasks and Initiation Time (IT) in the motor task (Initiation Time corresponded to the time that elapsed between the "go" signal and the time when the participants removed their hand from the release button). Reaction (or Initiation) times that were greater than 1500 ms and less than 250 ms and also differed by more than 2.5 standard deviations from the individual mean for each condition were removed (less than 3% of the data). Preliminary analyses were conducted to check for normality (Shapiro-Wilk's test) and sphericity (Mauchly's test) and no violations were found. We used the mean correct reaction (or initiation) times for the analyses. For the Orientation Discrimination task, an analysis of variance (ANOVA) was performed on the reaction times, with subjects as random variable and Gesture Similarity and Congruency as within-subjects factors. For both the Identification and Motor tasks, an analysis of variance (ANOVA) was performed on the Reaction (or Initiation) Times, with subjects as random variable and Gesture Similarity as a within-subjects factor. Given that we tested specific hypotheses, planned comparisons were performed. A significance level of $p = .05$ was used for all statistical analyses. Means and standard errors for all the tasks and experiments are presented in Table D.1.

Table D.1: Means and confidence intervals of reaction (initiation) times for Experiments 1, 2 and 3 (between subjects standard errors in parenthesis).

| Experiments | 1 st tool modality | Task | Gesture similarity | | | |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|----------|-----------|----------|
| | | | Identical | Similar | Different | |
| Exp. 1 | Visual | Orientation discrimination | <i>Congruent</i> | 672 (95) | 803 (67) | 801 (67) |
| | | | <i>Incongruent</i> | 763 (92) | 813 (82) | 849 (82) |
| | | Comparison task | | 575 (38) | 600 (41) | 602 (40) |
| | | Motor task (priming) | | 521 (35) | 528 (71) | 520 (67) |
| Exp. 2 | Visual | Motor task | | 543 (23) | 565 (27) | 603 (29) |
| Exp. 3 | Auditive | Comparison task | | 609 (27) | 641 (31) | 640 (29) |
| | | Motor task | | 458 (30) | 475 (32) | 490 (32) |

For control purposes, we checked for a possible Tool Pair effect as well as for an interaction with the Gesture Similarity factor. We also checked for a possible Task Order effect and for an

interaction between this and the Gesture Similarity factor. The data analyses were performed using STATISTICA (version 8.0, Stat-Soft, Inc.). The same analyses and controls were used for all the data presented in this article.

D.2.2 Results and discussion

Orientation Discrimination Task. The participants performed the task accurately with an overall correct response rate of 87.04%. No simple effect of Task Order or Tool Pairs was observed and neither Task Order nor Tool Pair interacted with Gesture Similarity ($p > .1$).

Results showed a significant effect of Gesture Similarity, $F(2, 30) = 32.17$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .68$ and an interaction between Congruency and Gesture Similarity, $F(2, 30) = 4.08$, $p < .02$, $\eta_p^2 = .24$. Planned comparisons of the interaction showed that, in the Congruent condition, the RT were shorter in the Identical than in the Similar ($p < .001$) and Different conditions ($p < .001$), while RT in the Similar condition did not differ significantly from in the Different condition ($p = .90$). In the Incongruent condition, the RT were shorter in the Identical than in the Similar ($p < .005$) and Different conditions ($p < .004$) and RT in the Similar condition was also shorter than in the Different condition ($p < .05$). A comparison of the Congruent and Incongruent conditions showed that there was a significant difference in RT only in the Similar condition ($p < .001$), with responses being faster in the Similar condition than in the Different condition.

Comparison task. The participants performed the task accurately with an overall correct response rate of 89.32%. No simple effect of Task Order or Tool Pair was observed and there was no interaction between either Task Order or Tool Pair and Gesture Similarity ($p > .1$).

The results revealed a significant effect of Gesture Similarity, $F(2, 30) = 4.49$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .23$. Planned comparisons showed that RT were faster in the Identical condition than in either the Similar condition ($p < .02$) or the Different condition ($p < .02$), but no difference was observed between the Similar and Different conditions ($p = .91$).

Motor task. The participants performed the task accurately with an overall correct re-

sponse rate of 99%. No simple effect of the Task Order and Couple of Tools was observed, neither individually in interaction with Gesture Similarity ($p > .1$). No significant effect was observed for Gesture Similarity, $F(2, 30) = .49$, $p = .62$.

In the orientation task, the interaction between Congruency and Gesture Similarity showed that the RT were shorter in the Identical condition with a Congruent orientation than in the other Congruent orientation conditions (Similar and Different). However, there was no significant difference between the Similar and Different conditions. The difference between the congruent and incongruent conditions was also significant in the Identical condition. We interpreted the shorter RT in the Identical – Congruent orientation condition as facilitator because the same picture (same tool in the same orientation) was presented in both the first and second presentations. Consequently, it was easier for the participants to respond in the Identical – Congruent condition because the two tool presentations matched perfectly. As we had expected, in the incongruent condition, the differences between the three Gesture Similarity conditions were significant. We explained these differences in terms of the visual characteristics of the tools. More specifically, the tools used in this study were functionally asymmetrical and had longitudinal shapes: one extremity of the tool was for grasping and the opposite end corresponded to the tool's function. It therefore seems likely that the participants saw the tools as vectors with a direction and not as a bidirectional line. As suggested by [Pellicano, Iani, Borghi, Rubichi, and Nicoletti \(2010\)](#), this "vectorisation" of the tools could explain the Gesture Similarity differences in the Incongruent orientation because a change in angle of orientation could encourage the participants to also check the direction of the tools. These unexpected effects of Gesture Similarity with an Incongruent orientation require further investigations that are unrelated to the purposes of the present study. Originally, this orientation task was conceived of as a simple visual discrimination task implying no involvement of tool-relevant information or motor components. However, it seems that the orientation of a tool is processed in a more complicated manner than simple visual discrimination. Returning, therefore, to the issue addressed in the current study, the difference between the Similar and Different conditions was observed only with an Incongruent orientation and we cannot therefore conclude that it involved the automatic motor processing of the gesture appropriate for the tool.

In the Comparison task, the fact that the two tools required a similar gesture did not facilitate the subject's response (no difference between the Similar and Different conditions). The processing of the first tool seemed irrelevant for the processing of the second tool even if use of the two tools required a similar gesture.

Surprisingly, no effect at all was found in the motor task. A previous study using an identical protocol and a grasping task, found priming effects when the prime and the target took the form of identical tools (Roche & Chainay, 2013). One way to explain this difference with the present motor task is to consider that the movement is planned and controlled as a function of its purpose and that this determines the different steps involved in the movement, including the grasp (Rosenbaum & Halloran, 2006; Ansuini, Giosa, Turella, Altoè, & Castiello, 2008). If this is indeed the case then it is possible that a priming effect will be found in a grasping task, whereas no such effect will occur in a task in which a tool-specific gesture guides the entire movement (Massen & Prinz, 2009). In addition, (Pfanmüller, Hegenloh, Müller, & Zehetleitner, 2012) have shown that visuomotor priming effects depend on the quality of prime processing and its memorization. It is possible that various of the processes involved in grasping are more likely to be activated automatically and are less intentional than those involved in the utilization gesture. In line with the Pfanmüller et al. (2012) study, we changed our motor task protocol in Experiment 2 and asked the participants to grasp the second tool while reproducing the action corresponding to the first tool. This change of protocol increased the memorization and quality of prime processing (Pfanmüller et al., 2012). Thus, in this experiment, the intention to act was directed toward the second tool, whereas the planned gesture was determined in advance by the first tool.

D.3 Experiment 2

D.3.1 Method

Sixteen participants took part in this experiment (8 women, $M = 23.25$, $SD = 5.65$), none of them had participated in Experiment 1.

The same material and procedure as in the motor task in the previous experiment were used except that we did not use a visuomotor protocol. In this experiment, the participants were told to grasp the second tool as quickly as possible while reproducing the action corresponding to the first tool, irrespective of the grasped tool.

The same analyses as are described in Experiment 1 were performed.

D.3.2 Results and discussion

The participants performed the task accurately with an overall correct response rate of 97%. The Tool Pairs effect did not differ and did not interact significantly with the Gesture Similarity factor ($p > .1$). The results showed a significant effect of Gesture Similarity, $F(2, 30) = 11.92$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .44$. Planned comparisons showed that IT were shorter for the Identical condition compared to Similar ($p < .03$) than for the Different condition ($p < .001$), and that IT were slower for the Similar condition than the Different condition ($p < .02$).

To gain a better understanding of the difference between the motor tasks of Experiments 1 and 2, we performed an ANOVA with the two Experiments as group factor and Gesture Similarity as repeated measure factor. The analysis revealed a significant effect of Gesture Similarity ($F(2, 60) = 7.67$, $p < .002$, $\eta_p^2 = 0.20$) and, more interestingly, showed that the interaction between Experiments and Gesture Similarity ($F(2, 60) = 8.55$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .22$) was significant. Planned comparisons are reported separately in the results section of each experiment.

In Experiment 2, we found an effect of Gesture Similarity. First of all, the results showed that movement initiation times were faster when the first and second tools were Identical rather than Similar or Different. We interpret this finding in terms of a facilitatory effect enabling subjects to plan their action in advance on the basis of the first tool presented just before manipulating the same (Identical) tool. Secondly, we found shorter initiation times in the Similar than in the Different condition. In both conditions, although the tools changed

between the first and second presentation, their similarity in terms of motor manipulation nevertheless facilitated the initiation of the movement. In addition, and unlike in the motor task in Experiment 1, increasing the memorization and quality of the processing of the first tool enabled us to obtain an effect of Gesture Similarity. It seems possible that, unlike in a perceptual or grasping task, a more complex action like demonstrating the actual utilization of a tool demands more situated processing. More generally, the results of Experiment 2 suggest that it is the intention to act that determines the processing of motor components (Allport, 1987) in the light of the objective guiding the overall action (Massen & Prinz, 2009).

To take this interpretation further within the perspective of grounded cognition, if all the sensorimotor components are activated during the situation, then this activation should be induced by any sensory modality (e.g., the sound of a hammer should allow access to its action in just the same way as a hammer presented visually). We cannot know our environment through one modality only because real-life experience is inherently multimodal. In this vein, authors have reported the existence of trimodal neurons (visual, auditory and motor) which might be able to transform an acoustic representation of action into a motor plan (Kohler et al., 2002). Some studies involving musicians have investigated the effect of music on motor facilitation (Bangert et al., 2006; D’Ausilio, Altenmuller, Olivetti Belardinelli, & Lotze, 2006; Lahav, Saltzman, & Schlaug, 2007). It has been showed that in a passive music listening task, the left premotor regions are activated more in musicians than they are in non-musicians. In addition, it seems that in expert musicians, hearing a piece of music they have practiced induces a pre-motor facilitation compared to a new, non-practiced piece (D’Ausilio et al., 2006). This could indicate that a sound or piece of music associated with a motor response induces a motor activation that could facilitate future motor production (Lahav et al., 2007). Moreover, sounds can be considered as dynamic stimuli. Indeed, the presentation of a sound can induce a dynamic perception (Griffiths et al., 1998) and is processed as a whole, not as a succession of auditory events (Lahav et al., 2007). In everyday life, some actions are accompanied by a specific sound. For example, the sound of a tool being used makes it possible to understand the situation without any visual information (Gallese & Lakoff, 2005). In our present study, by using common tools with a well-known associated sound of utilization, we expected to show that the sound of a tool is directly related to the associated gesture, as music is for musicians.

Experiment 3 explored the possibility of obtaining the effects previously observed with a purely visual presentation by presenting the sounds corresponding to the tools. Our assumption was that if the motor components are encoded during tool utilization, they should be activated by any related sensory stimulus, such as a related sound. The first tool was no longer visually but auditorily presented by playing its sound of utilization. The participants performed the perceptual identity task from Experiment 1 and the motor task from Experiment 2.

D.4 Experiment 3

D.4.1 Method

Sixteen participants took part in this experiment (13 women, $M = 21.38$, $SD = 3.12$). None of them had taken part in the previous experiments.

The same general material and procedure as in the first experiment were used for this experiment. We only replicated the comparison task from Experiment 1 and used the same protocol for the motor task as in Experiment 2. The only difference concerned the modality in which the first tool was presented. The visual presentation in Experiments 1 and 2 was replaced by the corresponding sound of tool utilization. We kept the same exposure duration of 1000 ms for the first tool. The second tool was presented in the same way as in the previous experiments (pictures in the comparison task and the physical tool in the motor task). In the motor task, the goggles did not become transparent during the presentation of the sound.

The same controls and analyses as are described in Experiment 1 were performed.

D.4.2 Results and discussion

Comparison task. The participants performed the task accurately with an overall correct response rate of 92.40%. No simple effect of Task Order or Tool Pair was observed and neither Task Order nor Tool Pair interacted with Gesture Similarity ($p > .1$).

The results showed a significant effect of Gesture Similarity, $F(2, 30) = 3.81$, $p < .04$, $\eta_p^2 = .19$. Planned comparisons showed that RT were faster for the Identical condition than for either the Similar condition ($p = .05$) or the Different condition ($p < .02$). However, no difference was observed between the Similar and Different conditions ($p = .94$).

Motor task. The participants performed the task accurately with an overall correct response rate of 97%. No simple effect of Task Order and Tool Pair was observed, and neither Task Order nor Tool Pair individually interacted with Gesture Similarity ($p > .1$).

The results revealed a significant effect of Gesture Similarity, $F(1, 15) = 10.91$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .42$. Planned comparisons showed that IT were faster for the Identical condition than for the Similar ($p < .03$) and the Different condition ($p < .001$), and that IT were faster for the Similar than for the Different condition ($p = .05$).

In the comparison task, the same pattern of results was observed as in the comparison task of Experiment 1, but this time with an auditory presentation of the first tool.

In the motor task, the results revealed shorter movement initiation times when the two tools were Identical than when they were Similar or Different. This result revealed that there was a facilitatory effect on the planning of an action with the second tool when the participants had seen the same tool before. Moreover, in accordance with our assumption, the effect of Gesture Similarity (previously observed in the motor task of Experiment 2 with a similar protocol) was also observed when the two tools were Similar. In fact, the participants responded faster in this condition than in a condition in which the tools were different. The difference between these two conditions lay in the similarity of the motor manipulation between the two tools in the Similar condition. To summarize, this experiment showed that

the effect of manipulation similarity can be observed not only when the first tool is presented in the visual but also when it is presented in the auditory modality.

D.5 Discussion

The present study investigated the automaticity of activations of the motor components related to common tools. In three experiments, we presented pairs of tools with three degrees of gesture similarity: identical, similar or different gestures. Using this method, the activation of motor components of the gesture should be reflected by shorter reaction times or movement initiation times when the two presented tools share a similar gesture. More specifically, we explored whether the activation of gesture components depends on the intention to act. Consequently, we asked our participants to perform both perceptual and motor tasks, with the motor task requiring the physical execution of the movement. In addition, we also investigated whether the presentation modality of tools, i.e. visual or auditory, can influence the activation of gesture components.

As far as presentation modality, which could play a role in motor activation, is concerned, we focus our discussion on the perceptual comparison tasks of Experiment 1 (visual) and Experiment 3 (auditory) and the motor tasks of Experiment 2 (visual) and Experiment 3 (auditory) which were identical, except for the modality of presentation of the first tool. In these experiments, we observed a similar pattern of results in both the perceptual and the motor tasks following both a visual and an auditory presentation of the first tool. It has been argued that vision is the preferred sense for tool use ([Milner & Goodale, 2008](#); [Jeannerod & Jacob, 2005](#)). However, the present results revealed that another sensory modality (i.e. auditory) can also induce the activation of motor components. These results are consistent with the theoretical framework of embodied and situated cognition. According to this framework, individuals encode all the sensory components of the situation when they interact with the environment, with there being no difference between a static (in this experiment, visual) and a more dynamic, action-related (auditory) presentation ([Versace et al., 2009](#)) Consequently, motor components can be reactivated not only by visual presentation but also by another sensory modality of presentation.

With reference to the intention to act, which could play a role in motor activation, the gestures associated with the tools in the perceptual comparison tasks in Experiments 1 and 3 were irrelevant to the task and there was no intention to act. In these perceptual tasks, we did not find any difference between the similar and different gesture conditions. These results are consistent with the suggestion made by [Vingerhoets et al. \(2009\)](#) that motor knowledge about tools and especially about their manipulation (corresponding gesture) is not activated by simply seeing a tool. These authors also found that grasp motor components could be automatically activated by seeing a tool and this finding is consistent with the observation of shorter reaction times in the identical gesture condition than in the similar and different gesture conditions in our perceptual task, as well as with other studies ([Ellis & Tucker, 2000](#); [Sumner & Husain, 2008](#); [McNair & Harris, 2012](#)). All our motor tasks involved an intention to act. However, while in Experiment 1 the first tool presentation was irrelevant to the task, the motor tasks of Experiments 2 and 3 required the participants to plan their movements as a function of the first presented tool and to perform the gesture with the second tool. Thus, in Experiments 2 and 3, the results of the motor tasks revealed shorter initiation times in the similar compared to the different gesture condition only. The different patterns of results between the motor tasks of Experiment 1 and Experiments 2 and 3 showed that an intention to act is not the only source of motor component activations. Indeed it seems that the motor components for tools need to be relevant to the task if they are to induce motor facilitation, especially when the task demands a more complex activity than simply grasping and carrying the tool. Unlike grasping, which is the non-reducible first step for action with tools, we can suppose that tool use requires more specific processing of the situation and of the individual's needs. The fact that, in complex motor task such as tool use, individuals process only specific, relevant information can be seen as economical at the level of cognitive resources ([Randerath, Martin, & Frey, 2013](#)). Another possibility is that manipulation knowledge, including the gesture corresponding to a tool, is not a part of tool knowledge. Embodied cognition theories claim that knowledge about objects and tools comes from previous sensorimotor experiences with them (e.g., [Buxbaum & Kalénine, 2010](#); [Gallese & Lakoff, 2005](#)). However, the question remains as to whether this knowledge could include manipulation knowledge. This question, and especially that of the role of the situation in motor behavior ([Garcea & Mahon, 2012](#); [Osiurak, 2014](#)), needs to be studied in more detail. Indeed, motor component activation cannot be the basis for manipulation knowledge but it could be used to establish the motor

plan and also the cost and utility of an action (Osiurak, 2014).

Unlike in the motor tasks of Experiments 2 and 3, no effect of gesture similarity was observed in comparison tasks involving tool pairs sharing similar gestures. One explanation could be that no motor components were activated when the participants saw the first and the second tool. The second explanation could be that motor components were activated but that these activations were not sufficiently relevant to the task to facilitate the processing of the second object. It seems difficult to choose between these possibilities since some of the data in the literature provides evidence in favor of the activation of motor components in perceptual tasks with irrelevant primes (e.g., Symes, Ellis, & Tucker, 2007; Masson, Bub, & Breuer, 2011) whereas other studies have found no evidence at all (e.g., Pecher, 2013). Within the perspective of situated cognition, the influence of motor components on the activation will need to be explored using more ecological situations in which participants either do or do not have an intention to act, and also in which the activation of motor components seems to be relevant or not for the individual in the current situation.

To conclude, the evidence in support of the idea that the activation of motor components only has an impact in motor tasks (irrespective of the modality of tool presentation) found in the present study emphasizes the need to further explore the processes involved in tool manipulation and its relation to tool knowledge. It seems that the best way to address this question would be to explore it in relation to the intention to act on the object and the relevance of the activation of motor components in the current situation.

VALORISATION DES TRAVAUX DE THÈSE

Publications dans des revues internationales à comité de lecture*Articles publiés/sous presse/acceptés*

Rey, A.E., Riou, B., Cherdieu, M., & Versace, R. (2014). When memory components act as perceptual components : Facilitatory and interference effects in a visual categorisation task. *Journal of Cognitive Psychology*, 2, 221-231.

Rey, A.E., Riou, B., & Versace, R. (in press). Demonstration of an Ebbinghaus illusion at a memory level : manipulation of the memory size and not the perceptual size. *Experimental Psychology*.

Rey, A.E., Riou, B., & Versace, R. (accepté). Memory is deceiving : a typical size induces the judgment bias in the Ebbinghaus illusion. *Proceedings of the 36st Annual Conference of the Cognitive Science Society. Cognitive Science Society*.

Rey, A.E., Riou, B., Muller, D., Dabic, S., & Versace, R. (accepté avec révision mineure). The mask who wasn't there : visual masking with the perceptual absence of the mask. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*.

Riou, B., Rey, A.E., Cuny, C., & Versace, R. (accepté avec révision mineure). Perceptual processing affects the reactivation of sensory dimension during categorization task. *The Quaterly Journal of Experimental Psychology*.

Articles soumis ou en préparation

Rey, A.E., Riou, B., Vallet, G.T., & Versace, R. (soumis). Stop the simulation : a memory reactivated mask makes you blind to words. *Cognition*.

Rey, A.E., Roche, K., Versace, R., & Chainay, H. (soumis). Does motor activation depend on the intention to act ? Visual and auditory presentation of tools in perceptual and motor tasks. *Frontiers in Cognition, Research Topic "Dynamic of sensori-motor interactions in embodied cognition"*.

Rey, A.E., Vallet, G.T., Riou, B., & Versace, R. (en préparation). Memory tricks on me : Perceptual bias induced by a conceptual size in Ebbinghaus illusion.

Communications orales

Rey, A.E., Riou, B., & Versace, R. (2014). Memory is deceiving : a typical size induces the judgment bias in the Ebbinghaus illusion. 36st Annual Conference of the Cognitive Science Society. Cognitive Science Society, 23-26 July 2014, Québec (Canada).

Rey, A.E. & Versace, R. (2014). The mask who wasn't there : A ghost mask makes you blind to pictures and words. Scientific Meeting of NSCo doctoral school, Lyon, France.

Brunel, L., *Rey, A., Riou, B., & Versace, R. (2013).* Liens entre Perception et Memoire dans une Mémoire à Traces Multiples Multimodales. Workshop "Embodied Cognition", Grenoble, France.

Rey, A.E., & Versace, R. (2012). Similarité des mécanismes perceptifs et mnésiques : mise en évidence d'une illusion d'Ebbinghaus d'origine mnésique. 54ème Congrès de la Société Française de Psychologie (SFP), Montpellier, France.

Communications affichées

Rey, A.E., Vallet, G.T., Riou, B., & Versace, R. (2014). Visual simulation of word access : A memory reactivated mask interferes with conceptual processing. Workshop "TRACE", 27-28 Juny, Montpellier, France.

Rey, A.E., Dabic, S., Muller, D., Riou, B., & Versace, R. (2013). When a visual masking is possible with a perceptual absent mask. International Symposium Vision, Action and Concepts : Behavioural and neural basis of embodied perception and cognition, 28-30 October 2013, Lille, France.

Rey, A.E., Riou, B., & Versace, R. (2013). Replication of a sensory illusion with reactivated memory components : a memory illusion. International Symposium Vision, action and concepts, 28-30 October, Lille, France.

Rey, A.E., Riou, B., & Versace, R. (2013). Quand les dimensions mnésiques modifient la perception : influence d'une amorce visuelle sur le jugement gustatif. 55ème Congrès de la Société Française de Psychologie (SFP), 11-13 Septembre 2013, Lyon, France.

Rey, A.E., Dabic, S., & Versace, R. (2013). Replication of a sensory masking effect with reactivated memory components : a memory masking effect. Poster presented at the 18th meeting of the European Society for Cognitive Psychology, Budapest, Hungary, 29 August-2 September 2013