



**HAL**  
open science

# Mémoire et perception : l'influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur

Loïc Heurley

► **To cite this version:**

Loïc Heurley. Mémoire et perception : l'influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur. Psychologie. Université Paul Valéry - Montpellier III, 2012. Français. NNT : 2012MON30048 . tel-00823241

**HAL Id: tel-00823241**

**<https://theses.hal.science/tel-00823241v1>**

Submitted on 16 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Université Paul Valéry – MONTPELLIER III**

**Département de Psychologie**

École doctorale 60 - Territoires, Temps, Sociétés et Développement

Laboratoire EPSYLON EA 4556

---

**Mémoire et perception: l'influence de la simulation  
de la couleur sur la perception de la couleur**

---

**THÈSE soutenue par HEURLEY Loïc**

**Pour l'obtention du grade de Docteur en Psychologie Cognitive (section 16)**

**Sous la direction de BROUILLET Denis (PU)**

**Jury**

MERMILLOD Martial (PU, Grenoble), *Rapporteur*

VERSACE Rémy (PU, Lyon 2), *Rapporteur*

NICOLAS Serge (PU, Paris V), *Examineur*

BRUNEL Lionel (MCF, Montpellier 3), *Examineur*

BROUILLET Denis (PU, Montpellier 3), *Directeur*

**Soutenance le 30 novembre 2012**

**Université Paul Valéry – MONTPELLIER III**

**Département de Psychologie**

École doctorale 60 - Territoires, Temps, Sociétés et Développement

Laboratoire EPSYLON EA 4556

---

# **Mémoire et perception: l'influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur**

---

**THÈSE soutenue par HEURLEY Loïc**

**Pour l'obtention du grade de Docteur en Psychologie Cognitive (section 16)**

**Sous la direction de BROUILLET Denis (PU)**

## **Jury**

MERMILLOD Martial (PU, Grenoble), *Rapporteur*

VERSACE Rémy (PU, Lyon 2), *Rapporteur*

NICOLAS Serge (PU, Paris V), *Examineur*

BRUNEL Lionel (MCF, Montpellier 3), *Examineur*

BROUILLET Denis (PU, Montpellier 3), *Directeur*

**Soutenance le 30 novembre 2012**

## Résumé

---

Les modèles sensorimoteurs de la cognition envisagent les connaissances comme des patterns neuronaux distribués sur l'ensemble du cerveau incluant les aires sensorielles. Différents travaux ont confirmé que l'accès à des connaissances associées à une couleur (e.g., banane) recrute un réseau neuronal similaire à celui impliqué dans la perception des couleurs. En conséquence, il est possible que l'utilisation de structures communes implique une interaction entre l'accès aux connaissances et la perception de la couleur. Pour mettre à l'épreuve cette hypothèse, la procédure utilisée consistait à présenter rapidement une amorce impliquant une simulation de la couleur (e.g., dessin d'une banane en noir et blanc) suivie d'une cible de couleur congruente (jaune) ou non (vert) sur laquelle les participants devaient réaliser un traitement perceptif (i.e., tâche de discrimination chromatique). Nous nous attendions à observer un amorçage perceptif de la couleur. Nous avons réalisé sept expériences au cours desquelles nous avons fait varier différents facteurs comme le type d'amorces (images, mots), le *SOA* ou encore le type de tâches perceptives. Les résultats obtenus montrent que la simulation de la couleur peut influencer la perception à un niveau perceptif, du moment que la tâche sur les cibles nécessite uniquement un traitement perceptif et que le lien de congruence amorce/cible est manipulé au niveau précis des teintes. Sinon, l'amorçage obtenu semble être de nature lexicale. Nous discutons de l'implication de ces résultats pour (i) l'interaction connaissance/perception, (ii) la nature des processus impliqués dans la perception des couleurs et (iii) dans la représentation mnésique des couleurs.

### Mots clés

Mémoire, perception, couleur, amorçage, simulation

## Abstract

---

**Memory and perception: The influence of color simulation on color perception.** Sensorimotor models of cognition consider knowledge as neural patterns distributed over the entire brain, including the sensory areas. Various studies have confirmed that access to knowledge associated with a color (e.g., banana) recruits a neural network similar to that involved in color perception. Consequently, it is possible that the use of common structures involves an interaction between access to knowledge and perception of color. To test this hypothesis, the procedure used was to quickly present a prime involving a simulation of the color (e.g., A black-and-white line drawing of a banana) followed by a congruent target color (yellow) or not (green) on which participants were asked to perform a perceptual processing (i.e., color discrimination task). We expected to observe a perceptual priming of color. We conducted seven experiments in which we varied different factors such as the type of primes (pictures, words), the *SOA* or the type of perceptual tasks. The results show that simulation can influence color perception at a perceptual level, as long as the task on the target requires only perceptual processing and the congruency link between prime and target is handled at the level of specific hues. Otherwise, the priming obtained seems to be of a lexical nature. We discuss the implications of these results for (i) the knowledge/perception interactions, (ii) the nature of the processes involved in color perception and (iii) in the mnemonic representation of colors.

### Keywords

Memory, perception, color, priming, simulation

Laboratoire EPSYLON - EA 4556 (Site Saint Charles)  
Université Montpellier III - Route de Mende, 34090 Montpellier

## Tables des matières

---

<b>INTRODUCTION</b> .....	12
<b>CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES</b> .....	15
<b>CHAPITRE 1</b> .....	16
L'approche simulationniste de la cognition .....	16
1.1. Trois facettes de la mémoire humaine.....	16
1.2. Modèles sensorimoteurs et approche simulationniste.....	18
1.2.1. Deux influences à l'origine de ces modèles .....	19
1.2.2. Format et organisation des connaissances .....	20
1.2.3. « L'encodage » des connaissances.....	22
1.2.4. La récupération des connaissances : le processus de simulation .....	23
1.3. Conséquences fonctionnelles et problématique .....	26
<b>CHAPITRE 2</b> .....	28
Le recrutement de réseaux neuronaux similaires .....	28
2.1. Perception de la couleur : une conception « décentralisée ».....	28
2.2. Simulation de la couleur : un réseau commun avec la perception .....	31
<b>CHAPITRE 3</b> .....	39
L'influence de la simulation sur la perception de la couleur .....	39
3.1. La reconnaissance d'objets : le rôle de la couleur associée en mémoire .....	39
3.2. La perception de la couleur : l'influence des connaissances.....	44
3.3. L'expérience de Richter et Zwaan (2008).....	51
3.4. Protocole expérimental : l'amorçage perceptif de la couleur.....	53
<b>EXPÉRIMENTATIONS</b> .....	58
<b>EXPERIENCE 1</b> .....	59
Amorçage perceptif <i>via</i> des dessins d'objets possédant une couleur typique.....	59
4.1. Méthodologie .....	60
4.2. Résultats .....	62
4.3. Discussion .....	64
Résumé de l'expérience 1 .....	66
<b>EXPERIENCE 2</b> .....	67
Le caractère proactif de la perception .....	67
5.1. Méthodologie .....	67
5.2. Résultats .....	68
5.3. Discussion .....	69

Résumé de l'expérience 2 .....	70
<b>EXPERIENCE 3</b> .....	72
Amorçage perceptif <i>via</i> des mots désignant des objets possédant une couleur typique .....	72
6.1. Méthodologie .....	73
6.2. Résultats .....	73
6.3. Discussion .....	74
Résumé de l'expérience 3 .....	75
<b>OPTIMISATION DU MATERIEL VERBAL</b> .....	76
7.1. Evaluation explicite de la couleur évoquée par les mots .....	78
7.2. Evaluation implicite de la couleur associée aux mots .....	79
7.3. Phase d'optimisation .....	81
Résumé de l'étude .....	82
<b>EXPERIENCE 4</b> .....	83
Rôle du délai entre l'amorce et la cible .....	83
8.1. Méthodologie .....	84
8.2. Résultats .....	85
8.3. Discussion .....	88
Résumé de l'expérience 4 .....	91
<b>EXPERIENCE 5</b> .....	92
Tâche de discrimination d'une similarité chromatique (inter-catégorielle) .....	92
9.1. Méthodologie .....	94
9.2. Résultats .....	96
9.3. Discussion .....	97
Résumé de l'expérience 5 .....	98
<b>EXPERIENCE 6</b> .....	100
Tâche de discrimination d'une similarité chromatique intra-catégorielle .....	100
10.1. Méthodologie .....	102
10.2. Résultats .....	104
10.3. Discussion .....	106
Résumé de l'expérience 6 .....	107
<b>EXPERIENCE 7</b> .....	108
Amorçage perceptif des teintes .....	108
11.1. Méthodologie .....	111
11.2. Résultats .....	113
11.3. Discussion .....	116
Résumé de l'expérience 7 .....	120

<b>DISCUSSION GÉNÉRALE</b> .....	121
12.1. Une influence des connaissances sur la perception.....	125
12.1.1. <i>Une influence au niveau lexical</i> .....	125
12.1.2. <i>Une influence au niveau perceptif</i> .....	128
12.1.3. <i>Une influence différée</i> .....	133
12.2. Le format des représentations de la couleur à un niveau perceptif.....	134
12.3. Le format des représentations de la couleur au niveau des connaissances .....	137
12.4. Pour aller plus loin : une influence en parallèle ? .....	140
<b>CONCLUSION</b> .....	144
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	148
<b>ANNEXES</b> .....	160
ANNEXE 1 – Listes des amorces dans les expériences 1, 2 et 3.....	161
ANNEXE 2 – Stimuli des 7 expériences .....	163
ANNEXE 3 – Liste des mots après optimisation.....	165
ANNEXE 4 – Planches du test d’Ishihara .....	166

## Index des figures

---

- Figure 1.** Schéma des connexions neuronales « pré-corticales » partant de la rétine jusqu'au cortex primaire (en jaune) et passant par les corps géniculés latéraux (en vert) sur une perspective transversale du cerveau. .... 28
- Figure 2.** Schéma du cortex avec les gyri lingual (en orange) et fusiforme (en vert). .... 30
- Figure 3.** Exemple de stimuli utilisés dans les différentes expériences : (a) Mondrian (McKeefry & Zeki, 1997), (b) séquences en dégradé ou aléatoire de différentes teintes (Beauchamp et al., 1999) et (c) des objets colorés (Zeki & Marini, 1998). .... 31
- Figure 4.** Exemple de stimuli perceptifs utilisés (a) dans l'expérience de Chao et Martin (1999) et (b) dans celle de Simmons et al. (2007). .... 35
- Figure 5.** Exemple d'une scène visuelle naturelle (i.e., plage) présentée dans trois formats de couleur différents : (a) congruent, (b) dégradé de gris et (c) incongruent (adaptée de Tanaka et al., 2001). .... 42
- Figure 6.** Exemple de stimuli utilisés par Olkkonen et al. (2008) : (a) photographie d'une banane et (b) photographie d'une banane uniformément colorée et sans texture (adapté d'Olkkonen et al., 2008). .... 48
- Figure 7.** Exemple de stimuli utilisés par Kubat et al. (2009) : (a) dessin d'un flamant rose, (b) nom anglais désignant un flamant rose et (c) condition contrôle (adapté de Kubat et al., 2009). .... 50
- Figure 8.** Temps de réponse (en ms) de l'expérience 1, en fonction du type de cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. .... 63
- Figure 9.** Temps de réponse (en ms) de l'expérience 2, en fonction du type de cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte vs. contrôle). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. .... 69
- Figure 10.** Temps de réponse (en ms) de l'expérience 3, en fonction du type de cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. .... 74
- Figure 11.** Représentations graphiques d'objets utilisées dans les expériences 1 et 2 qui pourraient impliquer la simulation d'une couleur différente (ou impliquer une force d'association différente) lorsqu'elles sont remplacées par leur représentant langagier. .... 77
- Figure 12.** Temps de réponse (en ms) de l'expérience 4, en fonction de la durée du SOA (4 modalités : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. .... 86

<b>Figure 13.</b> Temps de réponse (en ms) de l'expérience 4, en fonction de la durée du SOA (4 modalités : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms) et du type d'essais (congruent <i>vs.</i> non congruent). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.....	87
<b>Figure 14.</b> Gains pour les essais congruents (en ms) de l'expérience 4, en fonction de la durée du SOA (4 modalités : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard. ....	88
<b>Figure 15.</b> Les quatre stimuli cibles utilisés dans l'expérience 5.....	95
<b>Figure 16.</b> Temps de réponse (en ms) de l'expérience 5, en fonction du type de cibles « identiques » (jaune <i>vs.</i> verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune <i>vs.</i> à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.....	97
<b>Figure 17.</b> Les quatre stimuli cibles utilisés dans l'expérience 6.....	104
<b>Figure 18.</b> Temps de réponse (en ms) de l'expérience 6, en fonction du type de cibles (identiques <i>vs.</i> différentes), du type de couleur des cibles (jaune <i>vs.</i> verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune <i>vs.</i> à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.....	106
<b>Figure 19.</b> Type de stimuli utilisés (a) en phase de familiarisation (avec en premier, en partant d'en haut, la teinte « vert 60 » et en second la teinte « vert 80 ») et en phase test : (b) en amorce et (c) en cible. ....	110
<b>Figure 20.</b> Temps de réponse (en ms) à l'expérience 7 pour les cibles « vert 60 » en fonction du type d'amorces (grise <i>vs.</i> verte) et du type de groupes (amorce vert 60 <i>vs.</i> amorce vert 80). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.....	115
<b>Figure 21.</b> Temps de réponse (en ms) à l'expérience 7 pour les cibles « vert 80 » en fonction du type d'amorces (grise <i>vs.</i> verte) et du type de groupes (amorce vert 60 <i>vs.</i> amorce vert 80). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard (* = $p < .01$ ).....	116
<b>Figure 22.</b> Exemple de stimuli utilisés par Kristjánsson (2006, adapté de Kristjánsson, 2006). ....	136

## Index des tableaux

---

<b>Tableau I.</b> Temps de réponse moyens (en ms $\pm$ écart-type) dans l'expérience 1 et dans l'expérience 2 de Marangolo et al. (1993) ainsi que la valeur du t et du p pour chacune des comparaisons. ....	64
<b>Tableau II.</b> Pour chaque mot utilisé dans l'expérience 3, nous avons reporté : la couleur associée, la phase de l'expérience 3 dans laquelle ils ont été utilisés (f : familiarisation vs. t : test), le degré d'accord (en %) et le score moyen d'uniformité ( $\pm$ l'écart-type). ....	79
<b>Tableau III.</b> Pour chaque mot utilisé dans l'expérience 3, nous avons reporté : les temps de réponse moyen en ms ( $\pm$ écart-type) pour les différentes conditions, la différence en ms (non cong. – cong.), et le F et le p de l'ANOVA (s : significatif, t : tendance, et ns : non significatif). ....	81
<b>Tableau IV.</b> Différentes valeurs de F, de p et $\eta^2_p$ pour les ANOVA $F_1$ et $F_2$ où nous comparons les essais congruents et non congruents en fonction des durées de SOA. ....	87
<b>Tableau V.</b> Coordonnées des couleurs jaune et verte dans les modèles colorimétriques RVB et TSL, ainsi que la valeur du contraste (noté $C_w$ ) de chaque couleur sur un fond blanc (de luminance $L = 255$ ). ....	95
<b>Tableau VI.</b> Catégories lexicales et coordonnées des différentes teintes utilisées dans les modèles colorimétriques RVB et TSL. ....	104
<b>Tableau VII.</b> Différentes valeurs de F, de p et $\eta^2_p$ pour les différents effets principaux et interactions portant sur le taux d'erreurs (expérience 6). ....	105
<b>Tableau VIII.</b> Différentes valeurs de F, de p et $\eta^2_p$ pour les différentes interactions portant sur les temps de réponse (expérience 6). ....	105
<b>Tableau IX.</b> Chaque couleur utilisée avec leurs coordonnées dans les modèles colorimétriques RVB et TSL. ....	111
<b>Tableau X.</b> Différentes valeurs de F, de p et $\eta^2_p$ pour les différents effets principaux et interactions portant sur le taux d'erreurs (expérience 7). ....	113

*A ma mère et à ma grand-mère pour leurs présences bienveillantes,*

*A Sandrine pour son intérêt et son enthousiasme*

## **Remerciements**

---

Un merci infini à Denis BROUILLET pour m'avoir fait découvrir et apprécier la recherche à travers, à mon avis, ce que l'on peut appeler « sa passion ». Merci pour sa bienveillance sans faille et sa grande disponibilité. En espérant que ces 6 années de collaboration continueront encore longtemps.

Un grand merci à ma promotion de Master 2 : Julien BOUY, Julien CAPOROSSO, Jérôme GUÉGAN, Cyril KUDLINSKI et Marie-France SOUBRIER, pour cette amitié, solidarité et complicité dans la recherche et dans la vie.

Un énorme merci à mes aînés et cadets thésards : Thibaut BROUILLET, Laurent FERRIER, Audrey MILHAU, Elizabeth ROLLAND-THIERS et Emmanuel VIGLIENO pour leurs idées, nos échanges et leur bonne humeur.

Je remercie aussi Françoise ANCEAUX de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis pour son engagement impressionnant dans cette dernière année de thèse.

Merci à tous les membres de l'équipe SYNER et à ceux du Laboratoire EPSYLON.

## **INTRODUCTION**

---

Cette thèse a pour objectif de mettre à l'épreuve l'hypothèse générale, défendue par les modèles sensorimoteurs de la mémoire, selon laquelle la récupération de connaissances en mémoire (i.e., conceptualisation) est en mesure d'influencer la perception. Pour cela nous nous intéresserons plus particulièrement à la perception de la couleur. Cette thèse sera découpée en trois grandes parties : (i) considérations théoriques, (ii) expérimentations, et (iii) discussion générale.

La partie « considérations théoriques » a été subdivisée elle-même en trois chapitres. Le premier poursuivra trois objectifs. Premièrement, poser clairement les questions à propos de la mémoire qui vont animer cette thèse. Le second objectif est une présentation des modèles sensorimoteurs de la mémoire ainsi que de l'approche simulationniste de la cognition qu'ils partagent tous. Le troisième objectif est le développement des conséquences fonctionnelles de l'approche simulationniste ainsi que le développement de la problématique de cette thèse. Le second chapitre aura pour objectif d'argumenter l'idée que la perception de la couleur est un domaine adéquat afin de répondre à la question d'une possible interaction mémoire/perception. Pour cela nous présenterons des travaux suggérant que la simulation de la couleur et la perception de la couleur s'appuient sur des réseaux neuronaux similaires, ce qui est une caractéristique fondamentale de la récupération mnésique dans l'approche simulationniste. Cette argumentation nous permettra d'aboutir à l'hypothèse selon laquelle la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception de la couleur étant donné le type de réseaux neuronaux impliqués. Dans un troisième chapitre, nous présenterons de multiples travaux qui ont déjà suggéré une possible influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur. Sur la base de ces travaux et du travail de Richter et Zwaan (2009), nous affinerons notre hypothèse en suggérant que l'influence de la simulation sur la perception de la couleur peut impliquer une forme d'amorçage perceptif de la couleur alors que l'amorce n'implique pas une perception de la couleur mais une simulation de la couleur. Nous terminerons ce chapitre en présentant le protocole expérimental mis au point, ses origines et les différentes limites qu'il permet de dépasser.

Cette première partie théorique sera suivie d'une partie expérimentale dans laquelle nous développerons les sept expérimentations. Ces différentes expériences poursuivront trois objectifs. Premièrement, mettre à l'épreuve l'hypothèse simulationniste. Deuxièmement, essayer d'étendre la portée des résultats obtenus. Et troisièmement, considérer les différentes explications alternatives des résultats obtenus afin de prendre en compte et de palier les limites de chacune des expériences menées. Les sept expériences développées nous permettront d'appuyer expérimentalement l'hypothèse simulationniste défendant une influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur. Ces expériences permettront aussi la mise en évidence du rôle majeur joué par les processus lexicaux dans l'interaction mémoire/perception des couleurs. Chaque expérience sera présentée sous une forme classique : (i) méthodologie, (ii) résultats et (iii) discussion. Nous avons aussi inclus dans cette partie expérimentale, une partie « optimisation du matériel » dans laquelle nous présenterons la manière dont nous avons sélectionné notre matériel.

Enfin dans la partie discussion, nous résumerons brièvement les résultats obtenus. Puis nous développerons les conséquences de nos résultats au niveau de l'interaction

connaissance/perception des couleurs et de l'importance de ces résultats afin d'appuyer mais aussi d'amender la perspective simulationniste. Nous développerons aussi les conséquences de nos résultats concernant le format de représentation de la couleur au niveau perceptif mais aussi au niveau mnésique. L'idée centrale est qu'au niveau perceptif comme mnésique, la couleur est représentée à la fois à un niveau perceptif et à un niveau lexical, ce qui permet d'ailleurs une interaction connaissance/perception à ces deux niveaux. Nous terminerons cette thèse par une conclusion résumant le travail effectué, les apports centraux de cette thèse et les interrogations majeures auxquelles elle nous a permis d'aboutir.

## **CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES**

---

# CHAPITRE 1

## L'approche simulationniste de la cognition

Ce premier chapitre a pour objectif de présenter l'approche simulationniste de la cognition. Nous commencerons par présenter différentes questions importantes à propos de la mémoire qui animent la recherche actuelle et auxquelles cette thèse va particulièrement s'attacher. Ces questions concernent (i) le format, (ii) l'organisation et (iii) la récupération des connaissances. Dans une seconde section, nous développerons comment les modèles sensorimoteurs de la mémoire, récemment développés, envisagent ces trois facettes de la mémoire humaine, ce qui nous permettra de développer l'approche simulationniste de la récupération mnésique. L'idée centrale est que la récupération (i.e., simulation) impliquerait l'utilisation de structures neuronales identiques à celles utilisées pour percevoir. Dans une troisième section, nous aborderons les conséquences fonctionnelles à un niveau cognitif de cette nouvelle conception de la mémoire. Nous aboutirons en conséquence à la problématique autour de laquelle ce travail s'est construit : la simulation est-elle en mesure d'influencer la perception ?

### 1.1. Trois facettes de la mémoire humaine

La mémoire humaine, au fur et à mesure du développement de la Psychologie Cognitive et plus largement des Sciences Cognitives, est devenue un objet de recherche central. Cette centralité se révèle, par exemple, dans l'ambition de certains chercheurs de constituer une « Science de la Mémoire » (Roediger III, Dudai, & Fitzpatrick, 2007), dans le souhait d'adopter une perspective « mnémocentriste » (Nicolas, 2000) ou encore dans le désir de dégager des principes généraux du fonctionnement mnésique (Surprenant & Neath, 2009). Dans cette section, nous allons plus précisément nous intéresser à trois facettes de la mémoire interdépendantes qui se sont révélées fondamentales. Ces trois facettes sont (i) le format des connaissances, (ii) l'organisation des connaissances et (iii) la récupération des connaissances. Ces facettes conduisent à différentes interrogations sur lesquelles vont s'opposer les deux approches classiques de la mémoire : l'approche cognitiviste classique et l'approche épisodique de la mémoire. Nous développerons ces différentes interrogations dans le but de mieux appréhender les modifications conceptuelles qu'apportent les modèles sensorimoteurs de la mémoire, en particulier au niveau de la récupération mnésique.

Les deux premières interrogations concernent le format des connaissances. La question du format est importante car le format choisi va conditionner la nature des processus utilisés pour construire, conserver et accéder aux connaissances. Premièrement, une connaissance est-elle amodale ? L'approche classique, dite « cognitiviste », répond positivement à une telle interrogation. Selon cette approche, les connaissances conservées en mémoire sont stockées sous un format proche de celui de langage. Dans ce contexte, les représentations perceptives

qui se produisent au niveau du (ou des) système(s) perceptif(s) doivent être traduites, par un processus hypothétique de transduction, en un nouveau langage de nature symbolique. C'est en cela que Clancey (1997) qualifie ces modèles de « descriptifs » dans le sens où les connaissances ne sont que des descriptions symboliques du monde et plus précisément des descriptions symboliques de ce qui se produit à un niveau perceptif. Ces représentations ont été tantôt conçues comme des nœuds dans un réseau (Collins & Loftus, 1975; Collins & Quillian, 1969), tantôt comme des listes de propriétés, etc. Une approche alternative, souvent qualifiée « d'épisodique », envisage en revanche que les connaissances ne sont pas des unités figées conservées en mémoire sous un format symbolique. Dans cette perspective, seules des traces de nature épisodique (i.e., souvenirs), plus ou moins élémentaires, sont conservées en mémoire. Les connaissances sont quant à elles chaque fois reconstruites dans une situation donnée en intégrant un grand nombre de traces épisodiques (e.g., Hintzman, 1984; Medin & Schaffer, 1978; Nosofsky, 1984; Whittlesea, 1987). Néanmoins, tous les modèles épisodiques ne s'opposent pas de manière radicale à une perspective amodale (e.g., Brooks, 1978; Smith & Medin, 1981). Seuls les modèles défendant l'existence de traces perceptives (i.e., conservant un format similaire à celui des représentations perceptives) s'opposent à cette perspective. Ainsi, ces modèles conçoivent que les connaissances sont « conservées » sous un format modal (e.g., Hintzman, 1984).

Deuxièmement, les connaissances sont-elles contextualisées ? Il est important de souligner que la plupart du temps, les modèles développés acceptent, ou s'opposent, sur la nature amodale et décontextualisée des connaissances. Néanmoins, il peut exister des modèles hybrides n'acceptant pas la nature amodale des connaissances mais acceptant leur nature décontextualisée. C'est pour cela que nous séparons ces deux points. Dans l'approche cognitiviste classique, les connaissances sont considérées comme étant décontextualisées, il s'agit de concepts (i.e., représentations mentales des catégories) n'incluant que les traits communs aux différents exemplaires de la catégorie. Les caractéristiques propres à chaque exemplaire (e.g., la couleur dans certains cas) ou encore le contexte associé à chaque exemplaire (ou même épisode) ne sont pas inclus. En d'autres termes, les connaissances sont des abstractions. Le point central des modèles classiques est que ces connaissances ou abstractions sont construites lors de l'encodage et sont ensuite conservées en mémoire sous cette forme. Ce qui a pour conséquence, la perte définitive des caractéristiques idiosyncrasiques et contextuelles des différents exemplaires. En revanche, les modèles épisodiques existants défendent l'idée que ces informations sont conservées en mémoire (e.g., Hintzman, 1984; Medin & Schaffer, 1978; Nosofsky, 1984; Whittlesea, 1987). Suivant cette approche, la nature plus ou moins abstraite des connaissances (i.e., l'inclusion ou non des caractéristiques idiosyncrasiques et contextuelles) résulte du couplage d'un grand nombre de traces lors de la récupération. Suivant le contexte certaines caractéristiques idiosyncrasiques ou contextuelles peuvent être conservées.

Une autre question fortement liée aux précédentes concerne la manière dont sont organisées les connaissances en mémoire. Cette organisation découle du format des connaissances qui a été choisi (Barsalou, 2008). Dans le cas de l'approche classique, ces connaissances étant des représentations abstraites et amodales, il est nécessaire d'organiser ces connaissances afin de les retrouver comme dans une bibliothèque. Différents modes

d'organisation ont été avancés : modèle hiérarchique, prototypique, etc. (pour une revue voir McNamara, 2005; Neath & Surprenant, 2003, p. 223). A l'inverse, l'approche « épisodique » envisage uniquement le stockage de traces épisodiques. Le stockage se fait alors dans un mode parallèle où l'ensemble des traces sont stockées dans un même espace. Une telle perspective est d'ailleurs proche des perspectives connexionnistes (e.g., McClelland & Rumelhart, 1985).

Enfin le dernier point que nous aborderons concerne la nature des processus envisagés afin d'accéder aux connaissances. Cet accès est bien entendu un processus essentiel pour que l'organisme puisse s'adapter au monde complexe qui l'entoure et qui est en perpétuel changement (Lamberts & Shanks, 1997; Murphy, 2004). L'approche classique qui considère que la mémoire conserve des représentations abstraites et amodales, soutient que pour être accessibles, ces représentations doivent être réactivées. Radicalement opposé à une telle perspective, l'approche épisodique défend l'idée que l'accès à une connaissance résulte d'une construction intégrant un nombre plus ou moins important de traces épisodiques, relativement similaires, réactivées en fonction du contexte présent. Ainsi, alors que l'approche classique envisage que différents accès à une même connaissance impliquent toujours la même représentation (et donc la même connaissance), l'approche épisodique suggère que de multiples accès à la même connaissance induirait l'accès à des versions de la connaissance à chaque fois légèrement différentes. Ces différences résultent de l'intégration du contexte présent lui-même différent d'une situation à une autre (e.g., environnement, contrainte de la tâche, objectifs). De plus, dans ce cas, le niveau d'abstraction d'une connaissance récupérée découle du nombre de traces couplées afin de construire la connaissance. Plus ce nombre est important, plus la connaissance est abstraite.

L'appréhension de ces différentes questions a récemment été bouleversée par l'intégration du support biologique de la cognition : le cerveau. Loin d'avoir réduit l'étude de la cognition à la neurophysiologie, l'étude du cerveau, principalement à travers la neuro-imagerie, a grandement enrichie et modifiée les modèles cognitifs existants et ont permis le développement de nouvelles questions de recherche. Les modèles sensorimoteurs de la mémoire sont issus de ce bouleversement tant théorique que méthodologique. Dans la partie suivante, nous développerons les bouleversements apportés par les modèles sensorimoteurs de la mémoire à propos du format, de l'organisation et de la récupération des connaissances afin d'aboutir à l'approche simulationniste de la récupération mnésique.

## **1.2. Modèles sensorimoteurs et approche simulationniste**

Les modèles sensorimoteurs de la mémoire font partie des nombreux modèles développés en réaction à l'approche cognitiviste classique défendant que (i) les connaissances sont stockées sous un format amodal, abstrait et symbolique et (ii) où la perception, la cognition et l'action sont conçues comme des modules indépendants. Plus précisément, les modèles que nous allons présenter sont une branche particulière de l'approche générale incorporée, située et dynamique de la cognition qui a émergé en réaction à la métaphore informatique de la cognition (Clancey, 1997; De Vega, Glenberg, & Graesser, 2008; Gibbs Jr, 2005; Johnson, 1987; Kelso, 1995; Lakoff, 1987; Núñez & Freeman, 1999; Pecher & Zwaan, 2005; Robbins

& Aydede, 2009; Thelen & Smith, 1994). Concrètement, il existe au moins six modèles différents partageant de très nombreuses caractéristiques : (i) *Distributed Associative Memory* (Allport, 1985), (ii) *Distributed Semantic Memory* (Martin & Chao, 2001), (iii) *Word Webs Theory* (Pulvermüller, 1999, 2001, 2003, 2010), (iv) *Capture and Re-enactment of brain's modal states* (Barsalou, Simmons, Barbey, & Wilson, 2003), (v) *Constructive Memory Framework* (Schacter, Norman, & Koutstaal, 1998) et (vi) le modèle Act-In (Versace, Labeye, Badard, & Rose, 2009; Versace, et al., en révision). Nous nous appuyerons sur ces différents modèles afin de développer les idées centrales qui fondent la conception sensorimotrice et simulationniste de la mémoire. Lorsque cela sera nécessaire, nous détaillerons plus profondément les modèles afin d'appréhender les mineures divergences qui peuvent exister. Compte tenu de cet objectif, cette section sera subdivisée en quatre sous-sections. La première sous-section précisera les deux influences qui sont à l'origine des modèles sensorimoteurs et qui permet de mieux comprendre leur nécessaire développement. La seconde sous-section a pour objectif de discuter à la fois du format et de l'organisation des connaissances qui fait la spécificité de ces modèles ce qui permettra dans une troisième sous-section de détailler le processus par lequel les connaissances seraient « encodées ». Ces différents points nous permettront d'aborder, dans une dernière sous-section, le processus de récupération mnésique envisagée par ce type de modèles : le processus de simulation.

### **1.2.1. Deux influences à l'origine de ces modèles**

Outre le fait que ces modèles se sont constitués en opposition à l'approche cognitiviste classique, deux autres influences permettent de mieux comprendre leur émergence. La première réside dans la nécessité d'intégrer la contrainte du substrat neuronal (i.e., *hardware*) dans les modèles de la mémoire et plus largement de la cognition. Cette influence découle d'une double contrainte. D'un côté, il y a la nécessité neuropsychologique concrète de disposer de modèles permettant de lier chez un patient le type de lésions cérébrales, les symptômes résultant et le type de fonction altérée. Cette nécessité est flagrante dans le travail d'Allport (1985) qui s'intéresse à la dysphasie, mais aussi dans les travaux de Barsalou (e.g., Simmons & Barsalou, 2003), de Pulvermüller (e.g., Boulenger, et al., 2008) ou encore de Martin et Chao (2001). En effet, ces chercheurs intéressés par divers troubles neuropsychologiques se sont rapidement rendu compte de l'inadéquation des modèles cognitifs classiques à propos de la mémoire. D'un autre côté, il y a l'influence de plus en plus prégnante de la théorie de l'évolution (Darwin, 1871/2006, 1872/2001; Romanes, 1884/2006). Appliqué au domaine de la cognition, la théorie de l'évolution insiste sur l'idée que la cognition, à l'instar d'autres fonctions biologiques, a évolué afin de permettre la survie des espèces. Ainsi, le substrat neuronal est devenu un objet de recherche central afin de comprendre comment l'évolution a pu le transformer et par la même, la cognition. La seconde influence qui a permis d'aboutir aux modèles sensorimoteurs est l'explosion des techniques d'imagerie cérébrale. Ces techniques ont permis d'analyser finement les corrélats entre les activations du cortex et les processus cognitifs. La mise en évidence de ces corrélats a légitimé les modèles sensorimoteurs, leurs extensions à différents domaines comme la conceptualisation, la compréhension du langage et a permis le développement de nouvelles questions de recherche. Cette double influence a conduit les modèles sensorimoteurs à

s'adosser de manière importante sur les modèles connexionnistes tout en les étendant. En effet, les partisans des modèles sensorimoteurs ne se sont pas contentés de se référer à des modèles connexionnistes qui ont comme source d'inspiration le cerveau à un niveau *micro* (e.g., fonctionnement neuronal sous la forme d'une fonction à seuil « tout ou rien », constitution de réseaux neuronaux à travers des modifications à un niveau synaptique) mais ont développé une forme de connexionnisme de 2<sup>nd</sup> génération qui intègre aussi l'organisation du cerveau à un niveau *macro*. Principalement, en intégrant l'organisation cérébrale en aires dédiées à des traitements sensoriels, moteurs et émotionnels plus ou moins spécifiques. En conséquence, les modèles sensorimoteurs résultent de bouleversements tant théoriques que méthodologiques permettant de comprendre le rôle central joué par la métaphore biologique dans de tels modèles.

### ***1.2.2. Format et organisation des connaissances***

L'organisation et le format des connaissances défendus par les modèles sensorimoteurs constituent la spécificité majeure de ces modèles par rapport aux modèles de la mémoire développés jusqu'alors. Afin de comprendre ce point, nous développerons le modèle d'Allport (1985). Cet auteur est l'un des premiers à avoir défendu un tel modèle sensorimoteur (voir aussi Farah & McClelland, 1991; Warrington & Shallice, 1984). Allport (1985) construit ce modèle à partir d'interrogations à propos des dysphasies. Il s'interroge plus particulièrement sur l'impossibilité de lier les modèles de la mémoire sémantique (e.g., le modèles des réseaux sémantiques, Collins & Loftus, 1975) aux connaissances à propos du cerveau et en particulier aux lésions cérébrales à l'origine des dysphasies. Fort de cette interrogation, Allport (1985) se tourne vers les modèles connexionnistes afin de construire un modèle de la mémoire qui pourrait prendre en compte les connaissances concernant le cerveau. Il pose ainsi les fondations connexionnistes des modèles sensorimoteurs de la mémoire, en particulier au niveau de l'organisation des connaissances. Allport (1985) explique qu'il y a deux manières de concevoir l'implémentation d'une connaissance dans le cerveau. La première consiste à considérer qu'une connaissance correspond à une unité physique précise (e.g., neurone ou ensemble de neurones), ce qui implique qu'une unité physique serait dédiée à l'implémentation d'une seule et unique connaissance. La seconde possibilité est de concevoir qu'une connaissance correspond à un pattern d'activations particulier d'un ensemble de neurones. Ainsi un même ensemble de neurones peut supporter différentes connaissances du moment que des patterns d'activations différents sont impliqués. Il parle alors de connaissances distribuées.

Sur la base du travail de Hebb (1949), il propose que les patterns se forment et se renforcent du moment que des activations co-occurentes (pré- et post-synaptiques) se produisent entre des neurones. Cela le conduit à parler de « patterns auto-associés » pour appuyer l'idée qu'un tel pattern est une unité stable dotée de propriétés particulières. Jusque là, Allport (1985) se contente néanmoins de détailler un modèle des connaissances déjà développé par les connexionnistes (Farah & McClelland, 1991; Hinton, 1981; Hinton, McClelland, & Rumelhart, 1986; McClelland & Rogers, 2003; McClelland & Rumelhart, 1985; Rogers & McClelland, 2006). L'apport majeur d'Allport (1985) qui va caractériser les

modèles sensorimoteurs de la mémoire, est la manière dont il envisage l'implémentation de telles connaissances au niveau du cerveau. Selon lui, les patterns auto-associés, représentant les objets en mémoire, sont composés de sous-patterns auto-associés distribués sur l'ensemble des « domaines » sensoriels et moteurs. Il prend l'exemple d'un téléphone et explique que le pattern représentant cet objet est distribué au niveau visuel, tactile, auditif et moteur codé sous la forme d'attributs visuels (e.g., forme, taille), tactiles (e.g., texture), auditifs (e.g., sonnerie) et moteurs (i.e., routines motrices réalisées avec l'objet : le saisir, le tenir, etc.). Il explique aussi que les attributs associés à l'interaction verbale à propos du téléphone, tels que les attributs phonologiques, orthographiques et écrits du mot référent peuvent être respectivement conservés au niveau auditif, visuel et moteur. En définitive, il développe véritablement l'idée centrale qui fonde encore aujourd'hui les modèles sensorimoteurs de la mémoire :

*The essential idea is that same neuronal elements that are involved in coding the sensory attributes of a (possibly unknown) object presented to eye or hand or ear also make up the elements of the auto-associated activity-patterns that represent familiar object-concepts in 'semantic memory'. (Allport, 1985, p. 53)*

De plus, il explique que les sous-patterns auto-associés peuvent aussi être incorporés à d'autres patterns du moment qu'ils représentent des objets partageant des attributs similaires. Par exemple, le pattern associé à l'action de saisir peut faire partie du pattern représentant un téléphone mais aussi un marteau, une poignée, etc. Ainsi, Allport (1985) pose les premières et plus importantes fondations des modèles sensorimoteurs qui seront développées quinze ans plus tard.

Dès lors, les connaissances (ou les concepts) sont des patterns d'activations cérébrales distribués sur l'ensemble du cortex dont les aires sensorielles et motrices qui sont aussi impliquées dans la perception et l'action. La distribution des patterns sur ces différentes structures neuronales dépend des attributs sensoriels et moteurs composant les connaissances. Par exemple, le concept de « BANANE » composé d'attributs visuels comme la couleur ou la forme devrait impliquer les aires occipitales impliquées dans la vision mais aussi les aires fronto-centrales impliquées dans l'action car il est possible de tenir ou encore de mastiquer une banane. D'autres aires peuvent être impliquées dans la représentation de la "banane", comme celles liées aux attributs tactiles, gustatifs et olfactifs. De même que les concepts de « REVEIL » ou de « TRONCONNUEUSE » font intervenir les aires impliquées dans la perception sonore. Ou encore le concept de « SOLEIL » fait intervenir les aires impliquées dans la perception de la chaleur, etc. Notons que deux idées supplémentaires seront ajoutées par les modèles qui ont vu le jour depuis. Premièrement, Pulvermüller (2001, 2003) propose l'idée d'unité fonctionnelle des patterns. Suivant cet auteur, les différentes parties composant le pattern travaillent comme une unité dont le fonctionnement optimal dépend de l'intégrité de chacune de ses parties. Si une partie du cortex venait à être lésée, les patterns fondés sur cette partie s'en trouveraient en conséquence plus ou moins lourdement affectés. Deuxièmement, Barsalou (2009) avance que les patterns neuronaux représentant les connaissances ne sont pas uniquement composés d'attributs perceptifs et moteurs mais aussi d'attributs émotionnels.

Comme le défendait déjà Allport (1985), une telle perspective à propos de l'organisation des connaissances se trouve en radicale opposition avec les modèles de la

mémoire sémantique habituel envisageant que les connaissances sont représentées dans un domaine conceptuel abstrait et indépendant des modalités sensorimotrices (Fodor, 1983; Tulving, 1972). En effet, dans les modèles sensorimoteurs les connaissances sont conservées sous un format dit « modal » c'est-à-dire sous un format similaire au format perceptif (et moteur). Notons que l'idée suivant laquelle les connaissances sont distribuées sur des structures neuronales impliquées dans la perception et dans l'action permet de comprendre pourquoi de tels modèles sont considérés comme une branche particulière des approches incorporées, situées et dynamiques de la cognition. En effet, dans ces modèles, l'incorporation existe mais c'est une incorporation neuronale. En d'autres termes, les connaissances sont incorporées dans des structures neuronales impliquées dans le contrôle du corps. Elles ne font pas partie d'un module indépendant des influences qui pèsent sur le corps physique (i.e., position désincarnée, symbolique) et ne sont pas non plus dépendantes des éléments périphériques composant le corps (e.g., muscles, organes sensoriels ; position incorporée radicale).

### ***1.2.3. « L'encodage » des connaissances***

Au niveau du processus d'encodage, la majorité des modèles sont d'accord pour dire qu'une connaissance résulterait de la constitution d'un pattern d'activations par le biais d'un apprentissage par corrélation (Hebb, 1949). Plus précisément, lors de l'interaction réelle avec un objet, un pattern neuronal se constituerait pas à pas *via* la modification des poids synaptiques entre les neurones. Ce point est accepté par Allport (1985), Pulvermüller (2003), Martin et Chao (2001) et Schacter et al. (1998). Barsalou et al. (2003) proposent en revanche une approche de l'encodage légèrement différente. Lors de la perception d'un objet dans l'environnement (e.g., une voiture) des détecteurs de caractéristiques (i.e., *features detectors*, Lettvin, Maturana, McCulloch, & Pitts, 1959) seraient activés et représenteraient à un niveau visuel l'objet perçu par le biais d'un état modal (ici un état visuel correspondant peu ou prou à une représentation visuelle). Un état modal est simplement un pattern d'activations particulier au niveau de l'aire visuelle. Lors de la perception d'un objet, des états modaux se produiraient simultanément pour toutes les modalités sensorielles. Ces différents états modaux fondent alors la représentation perceptive de l'objet. Ces états, qui ont lieu au niveau des aires sensorielles, seraient alors « capturés » par des aires neuronales adjacentes à chaque aire sensorielle primaire, dans lesquelles se trouvent des neurones dits « conjonctifs ». D'autres aires de plus haut niveau vont alors intégrer ces états issus d'une première intégration. Cette conception de l'encodage est différente de la conception connexionniste envisageant la conservation de patterns d'activations *via* la modification des poids synaptiques (Allport, 1985; Pulvermüller, 2001). En revanche, une telle approche est en accord avec la théorie des zones de convergence défendue par Damasio (1989). Cette théorie envisage que des zones de convergences commencent par intégrer des informations issues des modalités spécifiques (e.g., vision, audition) puis d'autres zones de convergence de plus haut niveau intègrent les zones de convergence de plus bas niveau, et ainsi de suite.

Versace et al. (2009; Versace, et al., en révision) sont d'accord avec la position connexionniste mais soulignent l'importance du couplage de la trace activée (ou pattern) avec

les traces conservées antérieurement qui partagent de fortes similitudes. Dans ce modèle, Versace et al. (en révision) développent l'idée de traces mnésiques multimodales. Ces traces sont constituées de composants perceptifs, moteurs et émotionnels/motivationnels et seraient représentées au niveau du cerveau par des patterns neuronaux distribués sur l'ensemble du cortex (Versace, et al., 2009). Versace et al. (en révision) détaillent précisément deux processus : l'intégration et l'activation. Plus précisément, deux processus d'intégration permettraient d'aboutir à une trace. Le premier type est l'intégration dite « intra-traces ». Ce processus permet de rassembler différents composants sensorimoteurs au préalable « activés » en une trace cohérente. En cela, ce processus permet la construction d'un pattern neuronal représentant la connaissance. L'autre type d'intégration est l'intégration dite « inter-traces ». Ce processus, original par rapport aux modèles précédents, va combiner la trace présente avec un ensemble de traces similaires conservées en mémoire. Notons que dans ce modèle, la distinction encodage/récupération relativement appropriée pour comprendre les modèles précédents est mise à mal. En effet, l'encodage d'une trace comme la récupération d'une trace implique les deux types d'intégration. En conséquence, toute trace (encodée ou récupérée) est une construction intégrant à la fois les différents composants sensorimoteurs de l'expérience ainsi que les différentes traces relativement similaires conservées en mémoire.

Pour conclure, le processus d'encodage est avant tout un processus associatif suivant lequel différents attributs sensoriels, moteurs voire même émotionnels, supportés par des structures cérébrales éparpillées sur l'ensemble du cerveau doivent se constituer en une unité (i.e., *binding*). Les divergences entre les modèles « connexionnistes » (Allport, 1985; Martin & Chao, 2001; Pulvermüller, 2001) et le modèle de Barsalou et al. (2003) n'est finalement pas une différence de fond mais concerne uniquement le processus par lequel cette unité construite peut être conservée. Versace et al. (2009) étendent le processus de base consistant à construire une trace cohérente (ou pattern) en développant le possible couplage de cette traces avec des traces antérieures similaires déjà conservées.

#### ***1.2.4. La récupération des connaissances : le processus de simulation***

Compte tenu de la manière dont les connaissances sont encodées et organisées, les différents modèles sensorimoteurs de la mémoire vont s'accorder sur la nature du processus de récupération. Encore une fois, le modèle développé par Allport (1985) pose les fondations conceptuelles de la récupération mnésique dans ce type de modèles. Allport (1985) explique que la récupération mnésique découle d'un processus inhérent à tout pattern auto-associé : le processus de complétion de pattern. Plus précisément, ce processus implique que la stimulation d'un faible nombre de neurones, membres d'un pattern, tend à réactiver l'ensemble des neurones et permet donc de reformer le pattern entier. Ce processus découle de la formation des représentations distribuées par modification des poids synaptiques et constitue l'atout majeur des modèles connexionnistes (Hinton, et al., 1986). L'application de ce processus à la compréhension du langage par Pulvermüller (2001) en permet une meilleure appréhension. Lorsqu'une personne lit un mot ou un verbe d'action par exemple, seule une partie restreinte du réseau représentant la connaissance associée est stimulée : celle équivalente à la représentation orthographique des mots. Néanmoins, cette stimulation

partielle suffirait à réactiver l'ensemble du réseau dont les composants sensorimoteurs supportés par les aires sensorimotrices. En conséquence, la simple lecture du verbe « COURIR » tend à réactiver l'ensemble du pattern dont les aires motrices (e.g., Pulvermüller, 2001).

Allport (1985) précise plusieurs caractéristiques de cette forme de récupération mnésique. Par exemple, il explique qu'étant donné la propriété de complétion, la reconstitution d'un pattern s'étend toujours dans le temps : la durée que le pattern soit complètement reformé. De plus, il explique que plus un pattern est proche d'autres patterns représentant des connaissances différentes, plus le temps pour reformer le pattern sera long. En effet, les patterns auto-associés et distribués étant implémentés sur le même support physique, ces patterns peuvent rentrer en conflit. Concrètement, une stimulation qui induit un pattern nouveau mais similaire à un pattern fortement auto-associé va être « capturé » par le pattern déjà stabilisé et renforcé par l'expérience. En conséquence, une stimulation nouvelle mais proche d'une stimulation connue sera alors « catégorisée ». Ainsi, Allport (1985) capture habilement des caractéristiques importantes de la récupération mnésique : (i) la capacité à accéder à une connaissance alors que la stimulation perceptive n'est que partielle, (ii) l'idée que la récupération est un processus dynamique au cours duquel des interférences peuvent avoir lieu et (iii) la capacité à catégoriser des éléments nouveaux sur la base d'expériences antérieures.

Le modèle de Barsalou et al. (2003) envisage aussi la possibilité que l'activation partielle d'une connaissance tend à réactiver l'ensemble de la connaissance. Néanmoins, le processus sous-jacent n'est pas exactement le même. Cela découle, de la position de Barsalou et al. (2003) à propos de l'encodage qui diffère de la position connexionniste. Rappelons qu'une connaissance résulterait de l'encodage d'un état modal par des zones de convergence. En conséquence, dans ce modèle, la récupération se fait *via* un processus de re-simulation (i.e., *reenactment*). En l'absence d'une entrée sensorielle ou en présence d'une entrée sensorielle partielle, les neurones conjonctifs des zones de convergence de haut niveau réactiveraient des zones de convergence de plus bas niveau et ainsi de suite jusqu'à la réactivation de l'ensemble des détecteurs de caractéristiques impliqués dans la perception d'origine. Si nous suivons l'exemple utilisé par Barsalou et al. (2003), lors d'une tâche de conceptualisation dans laquelle la connaissance d'une voiture doit être récupérée, les neurones conjonctifs re-simulent au niveau des aires sensorielles primaires les différents états modaux d'origine. Cela conduit à la reconstruction de la représentation perceptive construite lors de la perception antérieure de la voiture. Suivant Barsalou (2009) le processus de re-simulation a pour conséquence la construction d'une représentation multimodale des concepts qui implique l'activation de tous les systèmes modaux du cerveau habituellement impliqués dans la perception, l'action et l'émotion. Bien entendu comme l'expliquent eux-mêmes Barsalou et al. (2003), une telle re-simulation n'est que partielle et se trouve être le théâtre de nombreuses distorsions.

Soulignons que le modèle développé par Versace et al. (2009; Versace, et al., en révision) étend les deux conceptions précédentes. En effet, comme lors de l'encodage, ils proposent une intégration de la trace récupérée (i.e., pattern complété) avec les autres traces similaires conservées en mémoire. Suivant ce modèle, la trace récupérée résulterait d'un

processus d'intégration intra-trace, relativement similaire au processus de complétion de pattern. Mais ces auteurs défendent aussi l'idée suivant laquelle il y aurait une fusion plus ou moins importante entre la trace récupérée et les traces similaires conservées (i.e., intégration inter-traces). Cela permet de comprendre comment Versace et ses collaborateurs (Versace, et al., 2009; Versace, et al., en révision) expliquent à la fois l'accès à des connaissances générales/génériques et l'accès à des souvenirs spécifiques dans la veine des modèles épisodiques à traces multiples (Hintzman, 1984, 1986; Whittlesea, 1987). Dans leur modèle, une connaissance générale émergerait de l'intégration d'un très grand nombre de traces. Plus le nombre de traces intégrées est important plus la connaissance (i.e., concept) perd les spécificités propres à chaque trace et devient générale. Par exemple, l'accès à une catégorie (e.g., chien) nécessite la réactivation de nombreuses traces multimodales à propos des chiens. Ce modèle s'appuie ainsi sur le concept de similarité comme les modèles à traces multiples. D'un autre côté, pour accéder à un souvenir spécifique, le nombre de traces réactivées doit être faible. Pour ce faire, les processus d'intégration intra-traces et inter-traces doivent se combiner. Le processus d'intégration inter-traces doit être « faible » (i.e., contacte peu de traces) alors que le processus d'intégration intra-traces doit être important, ce qui induira une très forte cohésion des différents éléments composant la trace (ou le nombre restreint de traces). Cette forte cohésion permettra de rendre la trace distinctive par rapport aux autres sur certain de ces composants. Plus faible sera l'intégration inter-traces et plus grande sera l'intégration intra-traces, plus grande alors sera la distinctivité et plus facile sera la récupération d'une trace spécifique.

Pour résumer, la récupération résulterait de la réactivation complète du réseau représentant la connaissance alors qu'une fraction relativement faible des neurones composant le réseau, ont été stimulés par l'entrée sensorielle (i.e., processus de complétion de patterns). Ce processus de complétion implique donc la réactivation des aires sensorielles et motrices aussi impliquées dans la perception et dans l'action. En d'autres termes, tout se passe comme si le cerveau simulait, à un niveau neuronal, son interaction passée avec le référent des connaissances récupérées. Par exemple, la récupération du concept de « BANANE » implique une réaction neuronale très proche de la réaction qui se produirait si une banane était réellement perçue. C'est cette capacité à simuler l'interaction avec le référent réel des connaissances, lors de la récupération, qui conduit à l'idée que les modèles sensorimoteurs de la mémoire partagent tous une approche simulationniste de la récupération.

Pour conclure, il est important de dégager l'idée centrale, déjà explicité il y a plus de vingt cinq ans par Allport (1985) : les connaissances sont conservées dans le cerveau au niveau des aires sensorimotrices, voire aussi émotionnelles (Barsalou, 2009; Versace, et al., 2009). De plus, l'implication de chacune des aires sensorielles dépend des attributs sensoriels composant la connaissance conservée. Par exemple, dans le cas où la connaissance est composée d'attributs visuels (couleur, forme) et sonores, les aires occipitales et pariétales utilisées respectivement pour la perception visuelle et auditive seront impliquées. Finalement, lors de l'accès à une connaissance, le cerveau simulerait son interaction passée avec le référent réel des connaissances *via* l'activation des structures neuronales impliquées dans l'interaction sensorimotrice avec l'objet.

### 1.3. Conséquences fonctionnelles et problématique

Les conceptions défendues par les modèles sensorimoteurs de la mémoire conduisent à deux conséquences fonctionnelles interdépendantes importantes : (i) l'interaction possible entre la mémoire et la perception et (ii) la pro-activité de la perception et de la cognition. Par conséquences fonctionnelles, nous entendons les fonctions concrètes que confèrent une telle architecture au système cognitif.

Rappelons que dans la perspective classique, la perception et la mémoire sont envisagées comme deux processus ne pouvant interagir, conséquence à la fois du modularisme et du format des connaissances. En effet, la mémoire et la perception sont conçues comme deux fonctions réalisées par deux modules séparés et indépendants (Fodor, 1983). Plus précisément, la perception est conçue comme un système d'entrée encapsulé et modulaire alors que la mémoire est envisagée comme une « boîte cognitive » dans laquelle l'information est conservée (Fodor, 1983). Même si les modèles de la mémoire n'assument pas clairement un tel modularisme fodorien extrême, ils adhèrent à une telle position théorique. Par exemple, le modèle d'Atkinson et Shiffrin (1968) envisage que la perception précède la (ou les) mémoire(s) sensorielle(s), précédant elle(s)-même(s) la mémoire à court-terme ou la mémoire de travail, elle-même précédant la mémoire à long-terme. Plus récemment, les positions suggérant que les aires sensorielles du cortex sont uniquement allouées à la perception alors que les aires non sensorielles sont uniquement allouées aux fonctions cognitives perpétuent ce positionnement théorique (Caramazza & Mahon, 2006; Mahon & Caramazza, 2008). En conséquence de ce modularisme, l'approche cognitiviste soutient que les connaissances sont stockées dans le module « mémoire » sous un format amodal, abstrait (décontextualisé) et symbolique radicalement différent du format dans lequel « les connaissances » sont conservées à un niveau sensoriel (Newell, 1960; Newell & Simon, 1972). Plus précisément, au niveau du module cognitif, les représentations utilisées seraient des re-descriptions des représentations sensorimotrices dans un nouveau langage radicalement différents (voir Barsalou, 2003; Clancey, 1997, pour une description de cette conception). Un tel processus est par exemple en œuvre dans les modèles de la reconnaissance d'objets dans lequel un processus d'extraction d'une représentation schématique est avancé (e.g., théorie des Géons, Biederman, 1987). Contrairement à la perspective classique, la perspective sensorimotrice de la mémoire permet d'envisager une interaction entre mémoire et perception, comme cela était déjà défendu durant la période pré-cognitiviste (e.g., Neisser, 1967). En effet, cette approche, considérant que l'accès à une connaissance (i.e., simulation) conduit au recrutement des mêmes structures neuronales, des mêmes ressources et/ou des mêmes processus que ceux impliqués dans la perception, une interaction est possible. Le substrat neuronal (i.e., aires sensorielles) devient alors un point de rencontre entre ces deux fonctions. En d'autres termes, la perception est conçue comme un processus *bottom-up* débutant par la stimulation des organes sensoriels alors que la simulation (i.e., mémoire) est envisagée comme un processus *top-down* débutant par une récupération des connaissances. Ces deux processus se rencontrent alors au niveau des aires sensorielles. Bien entendu, l'interaction entre la mémoire et la perception dépend à la fois de la nature des connaissances récupérées et du type de perception. En effet, les connaissances récupérées doivent impliquer des attributs sensoriels (e.g., connaissances à propos d'objets concrets) concordant avec la perception. Par

exemple, pour que l'accès à des connaissances puisse influencer la perception de la couleur, les connaissances récupérées doivent être associées à une couleur (e.g., une banane, une tomate). Pour que les connaissances puissent influencer la perception sonore, ces connaissances doivent impliquer un attribut auditif (e.g., réveil, marteau-piqueur). De plus, il est important de souligner que l'interaction mémoire/perception dans ce modèle n'est que le cas général. En effet, la mémoire étant impliquée dans un nombre important de fonctions, toutes ces fonctions peuvent interagir avec la perception. La conceptualisation, la catégorisation, l'imagerie mentale, la remémoration, la compréhension du langage, la lecture, etc., sont autant de fonctions pouvant influencer la perception.

Cette première conséquence fonctionnelle est fortement liée à une seconde conséquence : la pro-activité de la perception. Dans la conception habituelle, la perception est conçue comme un processus passif : un simple traducteur des stimulations de l'environnement physique en symboles manipulables par le module cognitif. Or dans une approche interactive où mémoire et perception interagissent, il est possible de développer une perspective radicalement différente suivant laquelle le système cognitif, à tort ou à raison, anticipe les changements de l'environnement externe comme interne. Pour comprendre la pro-activité de la perception dans le cadre des modèles sensorimoteurs, il faut se retourner vers le processus de complétion de patterns. Ce processus suggère que la stimulation partielle des neurones composant un pattern, au préalable renforcé et associé représentant une connaissance, tend à réactiver l'ensemble du pattern (i.e., simulation). La réactivation des éléments composants le pattern sont autant d'attentes et d'anticipation, à tort ou à raison, à propos de l'environnement. Puisque les différents composants de la connaissance se trouvent sous un format modal (i.e., au niveau des aires sensorielles), l'influence sur la perception en est augmentée. Par exemple, si nous entendons un miaulement dans la rue, ce bruit particulier va automatiquement réactiver l'ensemble du pattern associé représentant un chat. Cette réactivation va conduire à l'activation des aires visuelles afin d'aboutir à une représentation visuelle du chat. Une fois que nous sortons et que nous percevons visuellement le chat dans la rue, il y a alors un recouvrement entre l'attente non consciente générée à travers la simulation et la perception. En d'autres termes, le système cognitif aura anticipé la présence visuelle du chat sur la base d'un stimulus sonore (i.e., miaulement). Actuellement, de nombreux modèles défendent cette position (Bar, 2007, 2009; Bar, et al., 2006; Barsalou, 2009; Berthoz, 1998; Kveraga, Boshyan, & Bar, 2007; Schacter & Addis, 2009; Zwaan, 2008).

Pour résumer, les modèles sensorimoteurs de la mémoire conduisent à des conséquences fonctionnelles qui se trouvent en radicale opposition avec la perspective classique, notamment à propos de l'influence de la mémoire sur la perception. Alors que l'approche classique défend une indépendance entre ces deux grands processus, l'approche simulationniste assume une possible interaction. En conséquence, la mise en évidence d'une possible interaction entre la mémoire et la perception permettrait de départager l'approche cognitiviste classique de l'approche simulationniste et appuierait les modèles sensorimoteurs de la mémoire. La question centrale de cette thèse est donc de savoir si les connaissances conservées en mémoire sont en mesure d'influencer la perception ? A cette fin, nous allons nous intéresser plus particulièrement à la couleur comme nous le détaillerons dans le chapitre suivant.

## CHAPITRE 2

### Le recrutement de réseaux neuronaux similaires

L'objectif de ce second chapitre est d'appuyer l'idée que la perception de la couleur est un domaine adéquat afin de répondre à la question d'une possible interaction mémoire/perception. Rappelons qu'une telle interaction serait possible car la récupération mnésique implique l'utilisation de structures neuronales identiques à celles utilisées pour percevoir. Le cas particulier de la couleur est intéressant car différents travaux ont mis en évidence l'utilisation de structures corticales similaires afin de percevoir la couleur et de récupérer des connaissances fortement associées à une couleur (e.g., banane, tomate, grenouille). Dans un premier temps, nous aborderons assez précisément les bases corticales de la perception des couleurs, ce qui nous permettra ensuite de discuter les travaux démontrant le recrutement de structures corticales communes pour percevoir la couleur et récupérer des connaissances associées à une couleur (i.e., simuler la couleur). Nous concluons ce chapitre en présentant clairement l'hypothèse que ce travail tentera de mettre à l'épreuve et qui constitue notre thèse.

#### 2.1. Perception de la couleur : une conception « décentralisée »

Il est possible de distinguer deux grandes étapes dans la perception de la couleur. Une première étape « pré-corticale » relativement bien analysée et une étape corticale dont la compréhension s'avère plus délicate. Nous détaillerons brièvement la première étape et nous nous attarderons plus longuement sur l'étape corticale. A un niveau sensoriel, la perception de la couleur est possible car des photorécepteurs spécialisés de la rétine (i.e., cônes) sont en mesure de capturer la composition de l'énergie lumineuse. Il existe trois types de cônes, chacun réagissant à un panel de longueurs d'ondes particulier permettant une vision trichromatique. Ces cellules spécialisées sont connectées aux corps géniculés latéraux, une structure thalamique (i.e., sous-corticale), qui est elle-même connectée au cortex occipital (cf. Figure 1 ; Conway, 2009; Gegenfurtner, 2003; Gegenfurtner & Kiper, 2003; Tanaka, Weiskopf, & Williams, 2001).

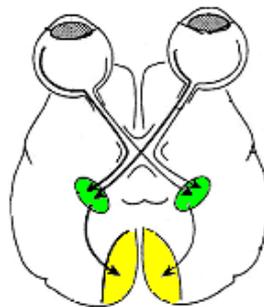


Figure 1. Schéma des connexions neuronales « pré-corticales » partant de la rétine jusqu'au cortex primaire (en jaune) et passant pas les corps géniculés latéraux (en vert) sur une perspective transversale du cerveau.

A un niveau cortical, les travaux s'intéressant aux bases neurophysiologiques de la perception de la couleur se sont focalisés sur une question : existe-t-il un « centre cortical de la couleur » ? Cette question découle de deux influences. La première réside dans le travail de Livingstone et Hubel (1988) qui suggère que le cortex visuel serait subdivisé en plusieurs zones spécifiques et indépendantes. Chacune de ces zones serait composée de neurones relativement spécialisés dans l'analyse d'un aspect de l'image rétinienne (e.g., forme, mouvement, couleur). En conséquence, il existerait une zone impliquée dans la perception des couleurs contenant des neurones « sélectifs » à la couleur (i.e., *color selective cells*). Une autre influence réside dans les études cliniques de patients souffrant d'achromatopsie cérébrale. L'achromatopsie cérébrale est un déficit de la perception des couleurs dû à une lésion cérébrale particulière. Selon les rapports cliniques (Zeki, 1990), ce déficit serait spécifique (i.e., aucun autre déficit perceptif ne serait associé). En effet, chez certains patients la perception de la forme ou du mouvement ne serait pas altérée. En conséquence, un tel résultat conduit à l'hypothèse qu'une zone particulière du cortex visuel, lésée chez les patients achromates, serait spécialisée dans la perception de la couleur.

Fort de la position théorique de Livingstone et Hubel (1988) et des observations cliniques, les chercheurs se sont focalisés sur la mise en évidence du centre cortical de la couleur à l'aide de techniques de neuro-imagerie. Les recherches menées chez des participants sains ont mis en évidence des résultats très différents selon le type de stimuli et de tâches utilisées. Dans un premier temps, les travaux de Zeki et al. (1991) ont situé ce centre dans le gyrus lingual au niveau du cortex occipital (cf. Figure 2). Zeki et al. (1991) ont nommé cette structure particulière : l'aire *hV4* (*human V4*), équivalente humaine de l'aire *V4* découverte chez les singes (Zeki, 1983a, 1983b, 1983c). Plus précisément, l'activation de cette zone particulière se produit lorsque les participants doivent regarder des stimuli colorés sans effectuer de tâches particulières. Dans cette expérience, les participants devaient se contenter d'observer des Mondrian colorés (cf. Figure 3). De tels stimuli étaient utilisés afin de limiter l'intervention de facteurs tels que la mémoire ou l'apprentissage (Zeki & Marini, 1998). Par la suite, d'autres travaux, ont mis en évidence une activation de cette même zone *hV4* alors que les participants devaient réaliser une tâche simple de discrimination chromatique (Corbetta, Miezin, Dobmeyer, Shulman, & Petersen, 1991; Guylás & Roland, 1994). Néanmoins, les résultats obtenus à ces expériences montrent aussi une activation beaucoup plus étendue autour de l'aire *hV4*. Ces résultats suggèrent donc un rôle important de la tâche. En conséquence, Beauchamp, Haxby, Jennings et De Yoe (1999) ont réalisé une expérience afin de préciser les structures impliquées dans la perception de la couleur, tout en intégrant l'influence de la tâche. Pour cela, ils ont adapté le test de Farnsworth-Munsell (Farnsworth, 1957) habituellement utilisé pour détecter les cas d'achromatopsie. La procédure modifiée utilisée consiste à percevoir différents stimuli d'une même couleur mais de luminances<sup>1</sup> différentes (cf. Figure 3). Les différents stimuli étaient disposés en cercle suivant un dégradé (i.e., du plus lumineux ou moins lumineux) ou non (i.e., les différentes luminances étaient placées aléatoirement dans le cercle). Les participants devaient soit uniquement regarder les stimuli (i.e., condition passive), soit dire comment était agencées les différentes teintes (i.e.,

---

<sup>1</sup> Tout au long de la thèse, nous utiliserons le terme « luminance », mais le terme « luminosité » pourrait aussi convenir.

tâche de jugement de luminance impliquant un traitement de la couleur). Plus précisément, les participants devaient dire si les différents éléments composant le cercle étaient agencés suivant un dégradé de couleur ou s'ils étaient disposés de manière aléatoire. Les résultats mettent en évidence que lorsque les participants perçoivent les stimuli colorés (par rapport à des stimuli en dégradé de gris) sans réaliser de jugement, la même zone que celle de Zeki et al. (1991) est activée (i.e., gyrus lingual). Mais Beauchamp et al. (1999) trouvent aussi une extension de l'activation jusqu'à des zones plus antérieures, dans le gyrus fusiforme (i.e., partie ventrale du cortex occipito-temporal, cf. Figure 2). De plus, lorsque les participants réalisent un jugement sur ces mêmes stimuli, les auteurs mettent en évidence trois résultats importants. Premièrement, des activations ventro-occipito-temporales à la fois au niveau du gyrus lingual et du gyrus fusiforme sont mis en évidence comme dans la condition passive. Deuxièmement, ils observent que l'activation au niveau du gyrus fusiforme est plus importante. Troisièmement, ils observent aussi des activations distribuées sur l'ensemble du cortex, comme par exemple, une activation des aires V1 et V2 (i.e., cortex visuel) et des activations au niveau du cortex frontal gauche, de la partie dorso-latérale du cortex occipital et du lobe pariétal supérieur chez une majorité de participants (voir aussi Engel, Zhang, & Wandell, 1997 pour un résultat similaire; voir Gegenfurtner & Kiper, 2003 pour une revue).

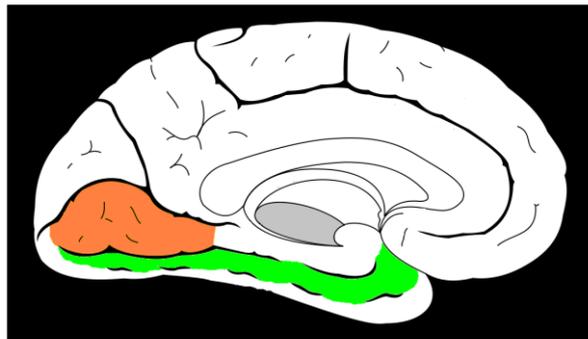


Figure 2. Schéma du cortex avec les gyri lingual (en orange) et fusiforme (en vert).

S'appuyant sur ces résultats, Beauchamp et al. (1999) expliquent que la réalisation d'une tâche de jugement impliquant un traitement de la couleur a pour conséquence d'activer plus de régions sélectives à la couleur par rapport à une perception passive. Ils défendent alors une perspective « décentralisée » de la perception des couleurs suivant laquelle il n'y aurait pas véritablement de centre de la couleur. *A contrario*, la perception de la couleur découlerait d'un réseau neuronal distribué sur l'ensemble du cortex se concentrant principalement autour des gyri lingual et fusiforme (i.e., partie ventrale du cortex occipito-temporal). Les résultats de Corbetta et al. (1991) et Guylás et Roland (1994) qui utilisent une tâche de discrimination et ceux de Zeki et Marini (1998) qui utilisent des photos couleur d'objets viennent étayer cette hypothèse. En effet, Zeki et Marini (1998) se sont intéressés à la perception de la couleur dans le cadre d'objets colorés et non plus de stimuli abstraits. Dans ce contexte, ces auteurs ont utilisé des photos d'objets ou de scènes visuelles, impliquant de nombreuses teintes de différentes luminances (cf. Figure 3). Les résultats montrent que la perception de tels objets

entraîne une activation du gyrus lingual comme pour les Mondrian, mais aussi une activation du gyrus fusiforme (voir aussi Bramão, Reis, Petersson, & Faisca, 2011 pour des résultats similaires). Notons de plus, qu'une telle perspective décentralisée est aussi en accord avec les résultats qui montrent qu'une lésion de l'aire V4 chez les singes, homologue de l'aire hV4 chez l'humain, n'implique qu'une petite perturbation de la perception de la couleur suggérant l'implication d'autres structures dans la perception de la couleur (Gegenfurtner, 2003).

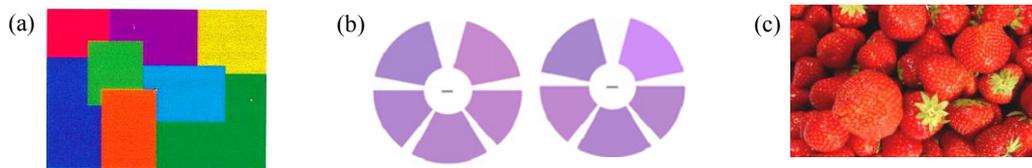


Figure 3. Exemple de stimuli utilisés dans les différentes expériences : (a) Mondrian (McKeefry & Zeki, 1997), (b) séquences en dégradé ou aléatoire de différentes teintes (Beauchamp et al., 1999) et (c) des objets colorés (Zeki & Marini, 1998).

Qu'en est-il alors des observations cliniques chez les achromates cérébraux qui suggéraient l'existence d'un tel centre ? Comme l'expliquent Bouvier et Engel (2006), les analyses réalisées sur les achromates cérébraux sont l'œuvre de rapports cliniques rapportant à chaque fois qu'un seul cas qui était le plus souvent atteint de lésions très étendues. En réalité, jusqu'au travail de Bouvier et Engel (2006), aucune étude n'avait inclus de nombreux achromates tout en réalisant des analyses quantitatives au niveau de la zone lésée. A l'issue d'un tel travail, Bouvier et Engel (2006) aboutissent aussi à une perspective décentralisée. En effet, ils observent qu'effectivement une structure autour des gyri lingual et fusiforme joue un rôle important (lésée chez une majorité de patients), mais ils observent aussi l'implication d'autres structures. De plus, l'observation importante de Bouvier et Engel (2006) est que les différents achromates étudiés, contrairement aux premiers rapports, ne souffrent pas uniquement d'un déficit de la vision des couleurs. Ils concluent en expliquant que l'achromatopsie cérébrale est le résultat de lésions cérébrales étendues impliquant aussi d'autres déficits : déficit dans la discrimination des contrastes, déficit dans la perception visuelle spatiale et déficit dans la reconnaissance des visages (i.e., prosopagnosie, pour une revue voir Gegenfurtner, 2003). Etant donné que ce trouble n'est plus spécifique à la perception de la couleur, ce n'est plus un argument valable afin de défendre l'existence d'un centre cortical spécifique au traitement de la couleur.

## 2.2. Simulation de la couleur : un réseau commun avec la perception

Dans le cadre simulationniste, afin qu'une interaction entre la perception et la simulation des couleurs<sup>2</sup> soit possible, il faut que cette dernière fonction implique des structures neuronales identiques à la perception de la couleur. Une telle question a été abordée par de nombreux

<sup>2</sup> Tout au long de ce travail, nous utiliserons de manière interchangeable les termes « simulation de la couleur » et les termes « récupération mnésique de connaissances associées ou liées à la couleur ».

travaux utilisant principalement l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (i.e., IRMf). Dans un premier temps, nous présenterons ces travaux et la conclusion à laquelle ils permettent d'aboutir. Dans un deuxième temps, nous parlerons d'une double dissociation neuropsychologique entre l'achromatopsie (i.e., déficit de la perception des couleurs) et l'agnosie des couleurs/imagerie mentale des couleurs (i.e., déficit de la récupération d'une couleur en mémoire) habituellement envisagée comme une preuve de l'utilisation de structures différentes pour percevoir la couleur et récupérer des connaissances associées à une couleur.

Une première série de travaux a été menée par Martin et ses collaborateurs (Chao & Martin, 1999; Martin, Haxby, Lalonde, Wiggs, & Ungerleider, 1995; Wiggs, Weisberg, & Martin, 1999). Martin et al. (1995) ont comparé les activations dans la condition où les participants devaient nommer un dessin en noir et blanc représentant un objet associé à une couleur (e.g., banane) par rapport à la condition dans laquelle les participants devaient produire la couleur associée à l'objet représenté (i.e., jaune). L'idée sous-jacente est que la tâche de production devrait impliquer une récupération de connaissances associées à la couleur par rapport à la tâche de dénomination, utilisée dès lors comme une condition contrôle. Ils montrent que la tâche de production, par rapport à la tâche de dénomination, active le gyrus fusiforme. De plus, ils obtiennent des résultats similaires lorsque les stimuli utilisés ne sont plus des images mais des mots désignant les mêmes objets. Dans la discussion de ce travail, Martin et al. (1995) comparent les résultats obtenus à ceux de la littérature s'intéressant aux bases corticales de la perception de la couleur. En 1995, l'activation du gyrus fusiforme n'a pas encore été démontrée, cela n'arrivera que 4 ans plus tard par Beauchamp et al. (1999). En conséquence, Martin et al. (1995) ne se basant que sur le travail de Zeki et al. (1991) qui démontre uniquement une activation du gyrus lingual, déduisent que la récupération de connaissances associées à la couleur n'active pas directement la même zone que la perception mais une zone très proche (pour une revue voir Martin, 2009). Quelques années après ce premier travail, Wiggs et al. (1999) ont réalisé une expérience très similaire. Les résultats montrent que la tâche de production, par rapport à la tâche de dénomination, implique l'activation de la même zone que celle de Martin et al. (1995). Dans la même expérience, ils montrent aussi une activation du gyrus fusiforme dans la tâche de dénomination lorsqu'ils comparent les activations lors de cette tâche aux activations lors d'une condition contrôle dans laquelle les participants perçoivent un écran avec de la neige. Même si cette activation est plus importante pour la tâche de production, ce résultat permet d'appuyer l'idée selon laquelle la simple lecture de mots associés à une couleur pourrait activer une zone impliquée dans la perception des couleurs.

Ces deux premières expériences se sont contentées de comparer les zones activées chez les participants effectuant une tâche conceptuelle impliquant une simulation de la couleur aux zones reconnues dans la littérature pour être activées lors de la perception de la couleur. Chao et Martin (1999) quant à eux vont directement comparer pour les mêmes participants, les activations qui se produisent (i) lors de la perception de stimuli abstraits colorés (i.e., Mondrian), (ii) lors d'une tâche de dénomination d'objets dessinés en noir et blanc et (iii) lors d'une tâche de production. Le résultat central obtenu montre que la

perception de stimuli colorés n'active pas exactement la même zone que la tâche de production de la couleur mais des zones très proches (2 cm). Chao et Martin (1999) concluent en conséquence que la récupération de connaissances associées à la couleur n'implique pas l'activation d'une zone identique à celle de la perception des couleurs mais seulement une zone très proche. Il faut noter que cette conclusion n'est que partiellement vraie. En effet, Chao et Martin (1999) utilisent à la fois une tâche de perception de la couleur passive et des stimuli relativement simples (i.e., Mondrian). Ces choix sont toujours réalisés en référence au travail de Zeki et al. (1991). Dans ce cas particulier, il est vrai que la perception et la récupération impliquent des structures proches mais différentes. En effet, la perception passive de Mondrian implique une activité du gyrus lingual alors que la récupération de connaissances semble impliquer une activité du gyrus fusiforme (Martin, et al., 1995; Wiggs, et al., 1999). Néanmoins, différents travaux s'intéressant à la perception de la couleur (e.g., Beauchamp, et al., 1999) mettent en évidence que les structures activées dans une tâche de perception de couleur ne se résument pas uniquement au gyrus lingual. En effet, dans le cas où la tâche implique des jugements à propos des stimuli (Beauchamp, et al., 1999; Corbetta, et al., 1991; Guylás & Roland, 1994) ou des stimuli plus complexes (Bramão, Faisca, Forkstam, Reis, & Petersson, 2010; Zeki & Marini, 1998) le gyrus fusiforme peut aussi être activé, ce qui laisserait supposer que la simulation de la couleur pourrait activer des structures communes à la perception de la couleur.

Simmons et al. (2007) ont directement testé une telle hypothèse. Pour ce faire, ils vont utiliser une tâche de jugement de luminance adaptée du test de Farnsworth-Munsell par Beauchamp et al. (1999). L'intérêt est de pouvoir comparer (i) les activations à une tâche conceptuelle avec (ii) les activations qui se produisent lors de la réalisation d'une tâche perceptive impliquant des jugements à propos de stimuli colorés relativement complexes. La tâche conceptuelle est une tâche de vérification de propriétés, dans laquelle les participants devaient vérifier la véracité d'un lien entre un concept et une couleur (e.g., une banane est-elle jaune ?). Les résultats montrent pour la première fois un recouvrement des activations au niveau du gyrus fusiforme gauche. De plus, l'activation produite par la tâche de récupération est en accord avec les activations produites par la tâche de production et de dénomination dans les travaux de antérieurs (Chao & Martin, 1999; Martin, et al., 1995; Wiggs, et al., 1999). Ce résultat suggère que la récupération de connaissances associées à une couleur active des structures aussi recrutées par la perception dès l'instant où la tâche perceptive implique des stimuli relativement complexes et un jugement à propos de ces stimuli. De plus, ce travail met en évidence une activation du gyrus fusiforme lors de la récupération en utilisant des stimuli langagiers et non plus imagés (voir aussi Goldberg, Perfetti, & Schneider, 2006, pour une procédure et des résultats similaires). Ce dernier résultat vient compléter celui de Martin et al. (1995) qui trouvent une activation du gyrus fusiforme lorsque les participants doivent produire une couleur en réponse à un mot désignant un objet lié à une couleur. Deux autres travaux ont aussi utilisé des stimuli langagiers et supportent les mêmes conclusions. Le premier est celui de Kellenbach, Brett et Patterson (2001). Dans ce travail, la récupération de connaissances liées à la couleur est induite en demandant aux participants de juger si le mot qui apparaît à l'écran implique ou non une couleur (e.g., BANANE – oui vs. CAFARD – non). Les couleurs noire, blanche et grise étant définies comme une absence de couleur.

Kellenbach et al. (2001) trouvent à nouveau une activation du gyrus fusiforme, exactement une zone à 1 cm de celle mise en évidence par les travaux précédents. Oliver et Thompson-Schill (2003), utilisant une procédure identique, trouvent aussi une activation du gyrus fusiforme. Ces deux derniers travaux ajoutés à ceux de Martin et al. (1995) et Simmons et al. (2007) montrent que le gyrus fusiforme est impliqué dans la simulation de la couleur que le matériel utilisé soit imagé ou verbal.

Une autre expérience permettant une avancée importante est celle de Hsu, Kraemer, Oliver, Schlichting et Thompson-Schill (2011) qui s'interrogeaient sur l'absence d'activation du gyrus lingual lorsque les participants réalisent des tâches conceptuelles en lien avec la couleur. Pour mieux comprendre cette absence d'effet, Hsu et al. (2011) ont exploré le rôle de variables telles que le niveau de détails de la simulation de la couleur et le type de style cognitif des participants. Dans cette expérience, les participants devaient réaliser une tâche de jugement de luminance, comme dans le travail de Simmons et al. (2007), et devaient aussi réaliser une tâche impliquant une simulation de la couleur. Plus précisément, dans cette tâche les participants voyaient, dans un premier temps, deux mots à l'écran représentant deux objets associés à une couleur. Ensuite, un troisième mot apparaissait et les participants devaient dire lequel des deux objets présentés possédait la couleur la plus similaire à celle du troisième objet. Hsu et al. (2011) ont manipulé le niveau de détail qu'implique la tâche de récupération. Dans un bloc, les participants devaient juger de la similarité entre trois mots associés à la même catégorie de couleur (e.g., la couleur d'un bus scolaire américain est-elle plus proche de la couleur du beurre ou de celle du jaune d'œuf?). Cette condition implique un accès détaillé « intra-teinte ». En revanche, dans un autre bloc, les différents mots présentés appartenaient à des catégories de couleurs différentes (e.g., la couleur d'une coccinelle est-elle plus proche de la couleur du paprika ou d'une banane?), ce qui implique un accès « inter-teintes » moins détaillé. De plus, ils ont divisé les participants en deux groupes selon s'il possédait un style cognitif plutôt visuel ou plutôt verbal sur la base du *VVQ* (i.e., *Verbal and Visual Questionnaire*, Kirby, Moore, & Schofield, 1988). Au niveau de la simulation de la couleur, les résultats obtenus mettent en évidence une activation des gyri lingual et fusiforme gauches. Ils trouvent aussi que le gyrus fusiforme est plus activé lorsque l'accès est détaillé par rapport aux blocs où l'accès est moins détaillé. Ils observent également que l'activation du gyrus lingual est plus importante pour les participants ayant un style cognitif visuel plutôt que verbal. Au niveau du recouvrement perception/simulation, Hsu et al. (2011) observent un recouvrement des structures activées lors de la tâche perceptive avec celles activées lors de la tâche de récupération à la fois au niveau des gyri lingual et fusiforme. Ce travail suggère en conséquence une implication possible du gyrus lingual dans la simulation de la couleur. De plus, ce travail appuie aussi l'idée selon laquelle différents facteurs, inhérents aux participants où la tâche utilisée, influencent le type de structures impliquées durant une tâche conceptuelle en lien avec la couleur.

Récemment, un autre travail mené par Hsu, Frankland et Thompson-Schill (2012) étend ces dernières conclusions. Hsu et al. (2012) s'interrogeant toujours sur l'absence d'activation du gyrus lingual lorsque les participants réalisent des tâches conceptuelles en lien avec la couleur, expliquent que les régions corticales impliquées dans la perception de la

couleur sont définies comme les régions qui s'activent lorsque les participants perçoivent des stimuli colorés par rapport à celles qui s'activent lors de la perception de stimuli en dégradé de gris. Ils ont nommé en conséquence cet effet, l'effet de chromaticité (i.e., *chromaticity effect*). Par exemple, Chao et Martin (1999) comparaient les activations lorsque les participants percevaient des « Mondrian colorés » à la condition où ils percevaient des Mondrian en dégradé de gris. Simmons et al. (2007) comparaient les activations qui se produisaient lorsque les participants effectuaient une tâche de jugement de luminance sur des stimuli colorés par rapport à la situation où ils réalisaient la même tâche sur des stimuli en dégradé de gris (cf. Figure 4). En revanche, les travaux qui s'intéressent à la récupération mnésique de la couleur définissent les régions corticales impliquées dans la simulation de la couleur d'une manière assez différente. Par exemple Chao et Martin (1999) comparaient les situations où les personnes devaient uniquement nommer l'objet par rapport à la situation où ils devaient produire la couleur associée. Simmons et al. (2007), quant à eux, comparaient la condition où les participants devaient vérifier une propriété colorée à propos d'un concept (e.g., une banane est-elle jaune ?) avec une situation où ils devaient vérifier une propriété « motrice » (e.g., un robinet peut-il être tourné ?). En d'autres termes, à aucun moment ces travaux ne cherchent à mettre en évidence un effet de chromaticité lors de la récupération.

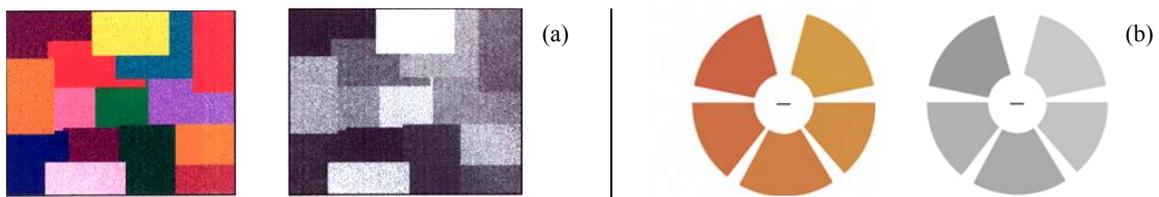


Figure 4. Exemple de stimuli perceptifs utilisés (a) dans l'expérience de Chao et Martin (1999) et (b) dans celle de Simmons et al. (2007)

Hsu et al. (2012) expliquent ainsi que l'absence d'activation du gyrus lingual dans les travaux de neuro-imagerie précédents pourrait provenir de cette différence au niveau des comparaisons réalisées. Ils développent alors une tâche conceptuelle consistant à demander aux participants d'effectuer des jugements de luminance à un niveau conceptuel. Plus précisément, les participants voyaient deux mots désignant des objets fortement associés à une couleur (e.g., BANANE et BEURRE) et ils devaient choisir celui qui possédait la couleur la plus claire (i.e., BEURRE). Ils ont comparé les activations dans cette condition avec les mêmes jugements de luminance réalisés à l'égard d'objets achromatiques (e.g., quel objet est le plus foncé : CHARBON ou NEIGE ?). En d'autres termes, ils comparaient une condition où les participants accédaient à une couleur et une condition où les participants accédaient à un dégradé de gris tout comme pour la tâche perceptive. Au niveau de la tâche perceptive, Hsu et al. (2012) utilisent une tâche de jugement de luminance identique à celle de Simmons et al. (2007). Le résultat majeur de ce travail est l'activation du gyrus lingual à la fois lors de la tâche perceptive et lors de la tâche conceptuelle. Notons que Hsu et al. (2012), comme Hsu et

al. (2011), utilisent une tâche conceptuelle impliquant un accès détaillé à la couleur de l'objet (i.e., tâche intra-teinte).

Deux conclusions peuvent être avancées par rapport à ces travaux. La première concerne les bases neuronales de la récupération mnésique des connaissances associées à une couleur, en d'autres termes la simulation de la couleur. Les travaux s'accordent sur un rôle important du gyrus fusiforme (Chao & Martin, 1999; Goldberg, et al., 2006; Kellenbach, et al., 2001; Martin, et al., 1995; Oliver & Thompson-Schill, 2003; Simmons, et al., 2007; Wiggs, et al., 1999) ainsi que du gyrus lingual (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011) unilatéralement (i.e., hémisphère gauche) ou bilatéralement. L'activation de l'une ou l'autre de ces deux structures semble dépendre à la fois du type de tâches conceptuelles utilisées (tâches inter- vs. intra-teinte), du « style cognitif » préféré par les participants et du type de comparaisons réalisées par les études de neuro-imagerie (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011). En conséquence, il est possible, comme pour les bases corticales de la perception, d'adopter une perspective décentralisée dans laquelle la récupération de connaissances liées à une couleur serait l'œuvre d'un réseau distribué centré autour des gyri lingual et fusiforme. Sur la base des travaux de Hsu et al. (2011 ; 2012), il est possible d'avancer que le gyrus lingual serait activé du moment que la tâche conceptuelle implique un accès détaillé à la couleur associée à l'objet *via* des tâches que nous pouvons qualifier de tâches «intra-teinte », alors que la réalisation de tâches « inter-teintes », seul le gyrus fusiforme semble impliqué (Chao & Martin, 1999; Hsu, et al., 2011; Simmons, et al., 2007). La seconde conclusion concerne l'utilisation de structures communes entre la simulation et la perception des couleurs. Suivant les travaux, il semble que ces deux fonctions recrutent des structures neuronales communes. Les structures utilisées à la fois pour récupérer et percevoir sont les gyri lingual et fusiforme. Néanmoins, le recouvrement dépend de nombreux facteurs (e.g., type de tâches réalisées, type de stimuli utilisés ou encore type de « style cognitif » privilégié). De tels travaux confortent ainsi l'hypothèse simulationniste qui envisage que des structures perceptives seraient utilisées afin de récupérer des connaissances associées à des attributs sensoriels (pour des résultats similaires à l'aide de tâches de reconnaissance voir Slotnick, 2009). Néanmoins, deux points importants sont à prendre en considération afin de relativiser la portée de ces travaux. Le premier est que les différentes tâches conceptuelles utilisées dans ces expériences ne permettent pas d'exclure la possibilité que les participants utilisent une stratégie d'imagerie mentale afin de répondre. Par exemple, Hsu et al. (2012) utilisent une tâche consistant à comparer explicitement deux couleurs associées à deux objets, or cette tâche dite « de comparaison mentale des teintes » est habituellement utilisée pour évaluer les capacités d'imagerie mentale de la couleur (Bartolomeo, Bachoud-Lévi, & Denes, 1997; De Vreese, 1991; van Zandvoort, Nijboer, & de Haan, 2007). En conséquence, en l'état actuel des connaissances étendre cette similarité de structures à toutes les tâches impliquant un accès à des connaissances associées à une couleur est risqué.

Le second point à prendre en considération est la double dissociation neuropsychologique observée entre l'achromatopsie et l'agnosie des couleurs/l'imagerie mentale des couleurs. Nous commencerons à discuter de la dissociation entre l'achromatopsie et l'agnosie des couleurs. Comme nous l'avons déjà expliqué, l'achromatopsie est le résultat d'une lésion cérébrale qui induit, entre autres, un déficit de la perception des couleurs.

L'agnosie des couleurs, en revanche, s'exprime par une incapacité des patients à récupérer en mémoire la couleur associée à des objets (van Zandvoort, et al., 2007). Autrement dit, l'achromatopsie est en lien avec la perception des couleurs et l'agnosie avec la récupération en mémoire des couleurs. Certains participants atteints d'une agnosie des couleurs ne sont pas forcément atteints d'achromatopsie (e.g., Miceli, et al., 2001). En effet, un patient agnosique sera incapable de dire, entre une banane et une tomate, laquelle possède la couleur jaune mais il sera, en revanche, tout à fait capable de dire entre deux objets réellement présentés, comme une banane et du beurre, lequel possède la couleur la plus claire (van Zandvoort, et al., 2007). Cette dissociation est importante car dans l'hypothèse où les mêmes structures sont impliquées dans la récupération de la couleur et dans la perception de la couleur, une atteinte de la récupération devrait nécessairement impliquer une atteinte de la perception. Or ce n'est pas le cas. Néanmoins, un travail de Nijboer, van Zandvoort et de Haan (2006a) permet de mieux comprendre le fait qu'une telle dissociation ne remette pas en cause l'hypothèse simulationniste. Dans ce travail, Nijboer et al. (2006a) étudient un patient, MAH, atteint d'une agnosie des couleurs développementale. L'objectif de leur étude est de comparer les performances du patient MAH à un groupe contrôle dans une tâche très particulière. Lors de chaque essai, les participants voient dans un premier temps une amorce. L'amorce est soit un rond de couleur (e.g., rond vert), soit un mot désignant une couleur (e.g., VERT). La cible qui apparaît juste après est un mot désignant un objet, soit associé à la même couleur (e.g., SALADE), soit associé à une couleur différente (e.g., TOMATE). Les différents participants doivent réaliser une tâche de décision lexicale sur les mots cibles. En effet, d'autres cibles sont des pseudo-mots. Les résultats mettent en évidence chez les participants sains, un amorçage lorsque l'amorce possède une couleur identique (i.e., vert) à la couleur associée à la cible (i.e., SALADE). Cet effet est trouvé que l'amorce soit une véritable couleur ou un mot désignant la couleur (Nijboer, et al., 2006a; Nijboer, van Zandvoort, & de Haan, 2006b). De manière très intéressante, Nijboer et al. (2006a) trouvent un amorçage identique chez le patient MAH que les amorces soient des couleurs réelles ou des mots désignant ces couleurs. Ce résultat suggère que MAH, même s'il est incapable de nommer explicitement la couleur des amorces, reste capable d'accéder à une représentation conceptuelle de la couleur perçue. En effet, cet accès est nécessaire afin que la décision lexicale se trouve influencée. Ainsi, ce travail suggère que le problème du patient MAH est en fait un problème d'accès conscient à la couleur. En conséquence, la dissociation entre l'agnosie des couleurs et l'achromatopsie n'est pas synonyme de l'utilisation de structures neuronales différentes entre la récupération des connaissances et la perception des couleurs. *A contrario*, cela signifie qu'il y a une différence importante entre les bases neuronales permettant un accès à des connaissances associées à la couleur, sans doute supporté par les gyri lingual et fusiforme, et les bases neuronales permettant un accès conscient à ces connaissances, bases qui peuvent être différentes des gyri lingual et fusiforme, et qui semblent être lésées chez le patient MAH.

Il existe une seconde dissociation : les cas de patients atteints d'achromatopsie avec des capacités d'imagerie mentale de la couleur préservées (Bartolomeo, et al., 1997; Bouvier & Engel, 2006; Shuren, Brott, Schefft, & Houston, 1996). Dans les travaux de Bartolomeo et al. (1997) et Shuren et al. (1996), les deux patients échouent dans la réalisation de tâches impliquant la perception de la couleur : test des planches d'Ishihara (Ishihara, 1974), test de

Farnsworth-Munsell (Farnsworth, 1957), alors qu'ils réussissent plutôt correctement les tâches impliquant d'imaginer les couleurs : dénomination de la couleur des objets de mémoire, comparaison mentale des teintes (De Vreese, 1991), production du maximum d'objets associés à une couleur donnée. Ces études sont problématiques pour l'approche simulationniste car si la perception des couleurs et la récupération mnésique (imagerie mentale des couleurs) recrutaient les mêmes structures, nous ne pourrions pas observer un cas d'achromatopsie avec des capacités d'imagerie préservées. Néanmoins, comme l'expliquent Simmons et al. (2007), les preuves neuropsychologiques d'une dissociation entre l'accès à des connaissances associées à la couleur et la perception de la couleur n'impliquent pas nécessairement que ces deux habiletés soient complètement indépendantes. Il se peut que la perception de la couleur et l'accès à des connaissances liées à la couleur impliquent des structures qu'en partie identiques.

En conséquence, il semble effectivement que la simulation de la couleur comme la perception de la couleur implique l'activation de structures neuronales communes (i.e., gyri lingual et fusiforme). Néanmoins, il serait plus approprié de parler de recouvrement ou de compétition entre deux réseaux distribués plutôt que d'utilisation d'un substrat neuronal commun. En effet, la perception comme la simulation de la couleur semblent être supportées par des réseaux distribués (i.e., perspective « décentralisée ») plutôt que par des structures corticales bien déterminées. La distribution de ces réseaux sur le cortex semble dépendre de différents facteurs comme le type de tâche perceptive ou conceptuelle réalisée, le type de stimuli ou encore le type de style cognitif. Notons qu'une conception en termes de recouvrement de réseaux laisse en plus la possibilité d'une indépendance entre simulation et perception de la couleur. En effet, simulation et perception pourraient interagir car les réseaux ont certaines parties en commun (i.e., gyri lingual et fusiforme) mais peuvent aussi fonctionner en relative indépendance l'un vis-à-vis de l'autre car une grande partie des réseaux n'est pas commune. Ainsi, une telle conception est plus en accord avec les travaux démontrant une dissociation neuropsychologique entre l'achromatopsie et l'imagerie mentale de la couleur (Bartolomeo, et al., 1997; Shuren, et al., 1996). En effet, cette dissociation implique qu'il semble exagéré de considérer la perception et la simulation de la couleur comme entièrement supportées par des structures bien précises, comme les gyri lingual et fusiforme, qui une fois lésées affecteraient obligatoirement les deux fonctions simultanément. En revanche, une conception en termes de recouvrement de réseaux distribués laisse la possibilité d'un fonctionnement relativement indépendant (pour une discussion voir Heurley et al., en révision).

Pour conclure ce chapitre, l'approche simulationniste qui envisage l'utilisation de structures partiellement communes pour simuler et percevoir se trouve confortée par les différents travaux discutés. En conséquence, étant donné l'utilisation de réseaux en partie similaires en particulier au niveau des gyri lingual et fusiforme, il est envisageable que la récupération de connaissances associées à une couleur (e.g., banane, grenouille) puisse influencer la perception de la couleur. C'est la thèse que nous défendons et qui sous-tendra les travaux que nous avons réalisés. Dans le chapitre suivant, nous discuterons des différents travaux, parfois anciens, qui ont déjà tenté d'explorer cette possibilité.

## **CHAPITRE 3**

### **L'influence de la simulation sur la perception de la couleur**

La mise en évidence du recrutement de réseaux communs pour simuler la couleur et pour percevoir la couleur nous a conduits à l'hypothèse que l'accès à des connaissances liées à la couleur puisse influencer la perception de la couleur. Cette conséquence fonctionnelle a déjà été en partie explorée dans la littérature. Dans un premier temps, nous aborderons les travaux qui se sont intéressés au rôle de la couleur dans la reconnaissance d'objets et dans un second temps, nous discuterons des travaux qui ont mis en évidence une influence des connaissances sur la perception de la couleur. Enfin, sur la base du travail de Richter et Zwaan (2009), nous développerons l'importance de mettre en évidence une influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur alors que ces deux processus ne sont pas générés simultanément par le même stimulus. Pour terminer, nous présenterons notre protocole expérimental basé sur l'amorçage perceptif de la couleur ainsi que notre hypothèse opérationnelle.

#### **3.1. La reconnaissance d'objets : le rôle de la couleur associée en mémoire**

Un premier ensemble de recherches suggérant une influence de la mémoire sur la perception de la couleur se situe dans les travaux cherchant à comprendre l'influence de la couleur dans la reconnaissance d'objets et de scènes. Ces recherches ont débuté, avant la Révolution Cognitive, avec le mouvement New-Look. Le travail de Bruner et Postman (1949) est un de ces travaux princeps. L'objectif de ce travail était l'étude des attentes perceptives. Dans la perspective des auteurs, la perception est considérée comme un processus qui résulte de la stimulation d'un organisme préparé. Dans ce cadre particulier, en ligne avec les conceptions proactives de la perception (Bar, 2009; Barsalou, 2009; Schacter & Addis, 2009; Zwaan, 2008), Bruner et Postman (1949) montraient à des participants 5 cartes à jouer différentes. Une de ces cartes était non congruente, c'est-à-dire que la forme (i.e., trèfle, pique, cœur ou carreau) et la couleur de la forme (i.e., noir ou rouge) étaient inversées. Les quatre autres cartes étaient congruentes, il y avait un cinq de cœur (rouge), un as de cœur (rouge), un cinq de pique (noir) et un sept de pique (noir). Plusieurs cartes non congruentes pouvaient être utilisées (e.g., un trois de cœur noir ou encore un quatre de cœur noir). L'intérêt d'utiliser des cartes à jouer est que chaque carte suivant sa forme est associée à une couleur dite « typique ». Le résultat principal de cette expérience est un ralentissement des temps d'identification lorsque la couleur de la carte est incongrue par rapport à la situation où la même carte est présentée dans sa couleur habituelle. Ce premier résultat suggère que la perception d'un objet pour lequel une couleur est fortement associée en mémoire est sensible à la couleur perçue ; tout comme si la couleur en mémoire et la couleur perçue interagissaient, et dans le cas d'une incongruence, rentraient en conflit.

Actuellement, l'influence de la couleur dans la reconnaissance d'objets est à l'origine de nombreuses études mais la raison de ces travaux est très loin des préoccupations pré-cognitiviste de Bruner et Postman (1949). Les travaux actuels s'intéressent au rôle de la couleur afin de trancher entre deux théories opposées qui tentent de rendre compte de l'identification des objets (i.e., reconnaissance). Classiquement, les modèles suggèrent que la reconnaissance d'objets résulte de la construction d'une représentation 3D en se basant sur des informations sensorielles (e.g., forme, mouvement, couleur, brillance). Une fois construite cette représentation 3D serait mise en relation avec les informations contenues en mémoire pour permettre l'accès à la fonction, à la signification et au nom de l'objet perçu (i.e., reconnaissance). Néanmoins, la nature de la représentation 3D fait débat et deux grands types de théories s'opposent sur le rôle à accorder aux informations de surface telles que la couleur ou la texture. Le premier grand type de théorie, représenté par la théorie de la reconnaissance par composants (Biederman, 1987), envisage que pour identifier un objet, le système perceptif va construire une représentation uniquement basée sur la forme (i.e., *edge-based theories*). Plus précisément, la représentation sera basée sur un ensemble fini d'éléments géométriques basiques (i.e., 36 géons) et les relations qu'ils entretiennent. Ces géons seraient dérivés du contraste entre deux surfaces. Dans cette théorie, la couleur ne joue qu'un rôle secondaire dans la reconnaissance, soit (i) en augmentant le contraste entre deux surfaces, ce qui permettrait d'extraire des géons plus aisément, soit (ii) en permettant la reconnaissance d'objets informes (e.g., chewing-gum) ou (iii) de distinguer des objets avec des formes similaires (e.g., pamplemousse et orange). Le second grand type de théorie accorde à la couleur, et plus largement aux informations de surface (e.g., texture), une place identique à celle de la forme dans la représentation intermédiaire construite (i.e., *surface-plus-edge-based theories*). En conséquence, la reconnaissance ne serait pas uniquement basée sur la forme mais sur différentes informations. Tanaka et al. (2001) défendent l'idée que l'utilisation de nombreuses informations (i.e., multi-codage) permettrait une bonne reconnaissance même dans les cas où les informations concernant la forme sont en partie inaccessibles (e.g., objet occulté par une autre surface).

La théorie de la reconnaissance par composants fait donc la prédiction qu'il n'y a pas de différence entre la reconnaissance d'un objet en couleur et du même objet non coloré (e.g., en dégradé de gris), puisque la reconnaissance serait uniquement basée sur la forme. En revanche, les théories qui accordent un rôle aux informations de surfaces prédisent une différence entre ces deux conditions. De nombreuses expériences ont été réalisées afin de trancher entre ces deux positions. Le résultat majeur obtenu est que la couleur est en mesure de faciliter la reconnaissance d'objets (pour une revue voir Bramão, Reis, et al., 2011). De plus, différents facteurs sont importants pour aboutir à une telle influence. Parmi ces facteurs, il y a la force avec laquelle un objet et sa couleur sont associées en mémoire. L'expérience de Tanaka et Presnell (1999) permet de comprendre ce facteur particulier. Dans l'une de leurs expériences (Tanaka & Presnell, 1999, expérience 2), les participants voyaient apparaître, dans un premier temps, deux mots à l'écran, chacun dénotant un objet. Un mot apparaissait à gauche et l'autre à droite de l'écran. Dans un second temps, le dessin d'un objet apparaissait au centre de l'écran, soit dans une version colorée, soit dans une version en dégradé de gris alors que le nom des objets avait disparu. Les participants devaient décider si le dessin

correspondait au mot de gauche ou à celui de droite en appuyant sur le bouton correspondant (i.e., tâche de reconnaissance). Tanaka et Presnell (1999) ont manipulé la force avec laquelle la couleur et l'objet était associée en mémoire. Ainsi des objets *HDC*, comme *LDC*, étaient présentés dans l'expérience. Pour obtenir ces deux types d'objets, Tanaka et Presnell (1999) ont réalisé une première expérience, dans laquelle ils ont demandé à 30 participants de (i) lister trois caractéristiques perceptives pour chacun des 48 objets présélectionnés et (ii) de donner la couleur typique de chacun des objets (Tanaka & Presnell, 1999, expérience 1). A l'issue de cette première expérience, Tanaka et Presnell (1999) ont rassemblé les différents objets dans deux catégories différentes. Les objets de la première catégorie, dits *HDC* (i.e., *High Diagnostic Color*), ont été sélectionnés si (i) la couleur était la première caractéristique perceptive citée et (ii) si le consensus sur la couleur typique était supérieur à 80%. En conséquence, les objets *HDC* peuvent être définis comme des objets pour lesquels une couleur est typiquement associée (e.g., citron, carotte, banane, salade). *A contrario*, les objets de la seconde catégorie, dits *LDC* (i.e., *Low Diagnostic Color*), ont été sélectionnés si la couleur était jamais ou rarement citée comme étant une caractéristique perceptive de l'objet (e.g., poisson, clou, chaise). Les résultats à la tâche de reconnaissance mettent en évidence que les temps de réponse sont plus courts lorsque l'objet était un objet *HDC* et qu'il était présenté en couleur par rapport (i) à la condition où le même objet *HDC* était présenté en dégradé de gris et (ii) par rapport aux objets *LDC* colorés ou en dégradé de gris. Ce résultat est concordant avec l'hypothèse simulationniste car il met en évidence que la perception d'un objet peut être facilitée du moment que la couleur perçue est similaire à la couleur en mémoire ce qui suppose une interaction entre ces deux formats de représentation de la couleur. Un tel résultat est renforcé et étendu par le travail de Therriault, Yaxley et Zwaan (2009). Dans leur seconde expérience, ils demandaient aux participants de lire un mot représentant un objet *HDC* (e.g., citrouille). Ensuite, les participants devaient dire si le dessin présenté dans un deuxième temps, représentait le même objet ou un objet différent (i.e., tâche de vérification). Dans le cas où le dessin présenté était identique, il pouvait apparaître dans une couleur congruente (e.g., une citrouille orange), dans une couleur non congruente (e.g., une citrouille bleue) ou en dégradé de gris (i.e., condition contrôle). Les résultats mettent en évidence que les temps de réponse dans la condition congruente sont plus courts par rapport à la condition contrôle, eux mêmes plus courts que les temps de réponse à la condition non congruente. En d'autres termes, l'activation de la couleur en mémoire peut faciliter ou perturber la reconnaissance des objets. Dans une première expérience, Therriault et al. (2009) obtiennent des résultats similaires avec une tâche de dénomination des objets et ils obtiennent aussi des résultats similaires dans une troisième expérience lorsque l'attention n'est pas directement focalisée sur la couleur. Ces résultats suggèrent que la simulation de la couleur peut aussi bien faciliter que perturber la perception.

La conclusion suivant laquelle la couleur est en mesure d'influencer la reconnaissance d'éléments pour lesquels une couleur est fortement associée en mémoire est corroborée par les travaux s'intéressant à la reconnaissance de scènes visuelles. Une scène visuelle peut être définie comme une perspective sémantiquement cohérente de l'environnement composé de multiples objets qu'il est possible de nommer (Nijboer, Van der Smagt, Van Zandvoort, & De Haan, 2007). Oliva et Schyns (2000) ont réalisé une expérience dans laquelle les participants

devaient nommer la catégorie à laquelle la scène qui apparaissait à l'écran appartenait. Les différentes scènes visuelles pouvaient apparaître dans trois formats de couleurs différents (cf. Figure 5). Le premier format dit « congruent » était le cas où la scène apparaissait dans ses couleurs d'origine. Le second format dit « incongruent » était le cas où la scène apparaissait dans des couleurs opposées (e.g., le bleu devenait jaune, le vert devenait rouge). Le troisième format est le cas où la scène était présentée en dégradé de gris. De plus, dans cette expérience, les scènes visuelles pouvaient appartenir à huit catégories différentes. Quatre catégories représentaient des scènes visuelles naturelles : canyon, forêt, plage et désert. Les quatre autres catégories représentaient des scènes visuelles façonnées par l'Homme : ville, magasins, route et pièce d'une maison. L'idée sous-jacente est que les scènes visuelles naturelles, contrairement aux scènes visuelles « manufacturées », possèdent des couleurs typiques. Suivant l'hypothèse *HDC*, Oliva et Schyns (2000) prédisaient des temps de dénomination plus courts dans la condition où les scènes visuelles sont naturelles et sont présentées dans leurs couleurs d'origine. Les résultats vont dans le sens de cette prédiction (voir aussi Gegenfurtner & Rieger, 2000; Goffaux, et al., 2005). Ce résultat est intéressant car il suggère un lien entre les éléments appartenant à des catégories « naturelles » et la nature *HDC* de ces éléments.

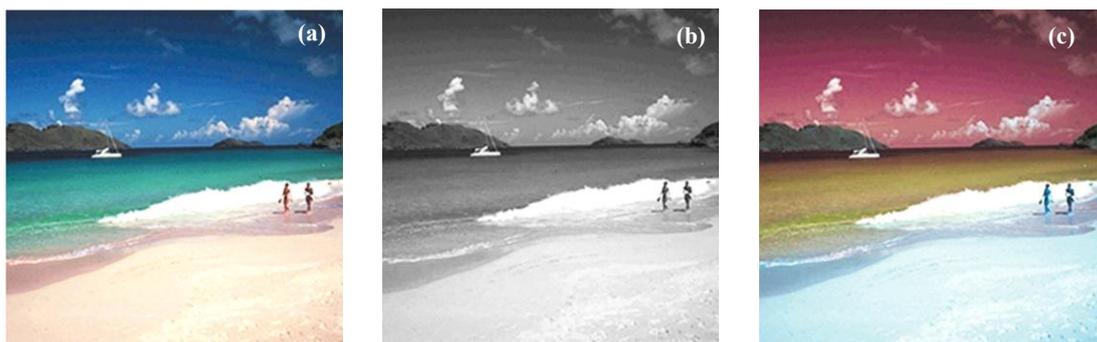


Figure 5. Exemple d'une scène visuelle naturelle (i.e., plage) présentée dans trois formats de couleur différents : (a) congruent, (b) dégradé de gris et (c) incongruent (adaptée de Tanaka et al., 2001).

Dans le cadre de la reconnaissance des objets, différents travaux ont tenté de mettre en lien la catégorie des objets et le rôle de la couleur. L'idée centrale, similaire à celle d'Oliva et Schyns (2000), étant que la couleur influencerait la reconnaissance d'objets appartenant à des catégories naturelles (e.g., fruits et légumes, animaux). Deux travaux importants permettent d'appuyer l'idée d'un rôle de la catégorie. Le premier a été mené par Price et Humphreys (1989). Ces auteurs mettent en évidence une facilitation pour dénommer des objets naturels lorsqu'ils apparaissent en couleur par rapport à la situation où ils apparaissent en gris, alors qu'aucune différence n'est observée avec des objets artificiels. Ce résultat n'est pas réellement renforcé par celui de Laws et Hunter (2006) qui n'arrivent pas à le répliquer. Néanmoins, dans une condition expérimentale où les objets sont floutés, la couleur facilite la reconnaissance d'objets naturels alors que ce n'est pas le cas pour les objets artificiels. L'ajout de flou induit que la forme n'est plus assez « diagnostic » et qu'un autre indice doit être utilisé (i.e., la couleur). Ces résultats suggèrent que la catégorie est un élément important à prendre

en compte. Néanmoins, il semble que ce n'est pas la catégorie en soi qui importe mais le fait que les catégories naturelles représentent des objets qui en majeure partie possèdent une couleur typique. En effet, dans la nature les objets apparaissent toujours dans la même couleur ou dans des teintes très similaires ce qui conduit à une forte association en mémoire entre l'objet et sa couleur. Cette conclusion est appuyée par le travail de Nagai et Yokosawa (2003) dans lequel les participants devaient effectuer une tâche de reconnaissance identique à celle de Tanaka et Presnell (1999, expérience 2). Les objets présentés avaient été contrôlés à la fois sur la catégorie (i.e., naturel vs. artificiel) et sur la force avec laquelle ils sont associés à une couleur (i.e., objets *HDC* vs. *LDC*). Les résultats obtenus mettent en évidence une facilitation lorsque les objets sont *HDC* et cela que les objets soit naturels ou artificiels. En conséquence, ce travail appuie l'idée que ce n'est pas la catégorie naturelle qui importe afin d'obtenir une influence de la couleur mais uniquement la qualité *HDC*. La catégorie est importante dans le sens où un contrôle de la catégorie est un contrôle indirect de la force d'association entre la couleur et l'objet.

Jusqu'à présent nous avons uniquement rapporté des travaux suggérant l'idée que la couleur influence la reconnaissance d'objets *HDC*, cependant deux grands types de résultats semblent s'opposer à cette conclusion. Premièrement, il y a les résultats d'études qui ne retrouvent pas d'influence de la couleur sur des objets *HDC*. Parmi les quelques expériences qui n'ont pas réussi à mettre en évidence une telle influence se trouvent le travail de Biederman et Ju (1988). Dans ce travail, les participants devaient nommer les objets présentés. Les objets étaient présentés soit sous la forme de photos couleurs, soit sous la forme de dessin en noir et blanc. De plus, il y avait deux types d'objets : des objets *HDC* et des objets *LDC*. Les résultats ne montrent pas de facilitation dans le cas de photographies couleur. Bramão et al. (2011) expliquent que le facteur qui pourrait expliquer ce résultat réside dans la manière dont Biederman et Ju (1988) ont sélectionné les objets *HDC* et *LDC*. En effet, Biederman et Ju (1988) ont classé les objets comme étant diagnostic ou non sur la base de trois juges qui devaient dire si la couleur dans laquelle apparaissait l'objet sur les photos était représentative ou non de l'objet. Bramão et al. (2011) expliquent qu'une telle sélection du matériel n'est pas assez stricte par rapport à la sélection réalisée par les études trouvant un effet (e.g., Nagai & Yokosawa, 2003 ; Tanaka & Presnell, 1999 ; Theurriault et al., 2009). En conséquence, différents objets classés comme diagnostic dans différents travaux échouant à trouver un effet (Biederman & Ju, 1988; Wurm, Legge, Isenberg, & Luebker, 1993) ne le sont pas dans les travaux trouvant une influence de la couleur (e.g., Tanaka & Presnell, 1999). Dès lors, l'absence d'effet pourrait s'expliquer par la manière dont le matériel a été sélectionné.

Un autre ensemble de travaux s'opposant à la conclusion suivant laquelle la couleur influencerait uniquement la reconnaissance d'objets *HDC* sont les travaux qui trouvent aussi une facilitation pour les objets *LDC* (e.g., Rossion & Pourtois, 2004 ; Bramão, Inácio, Faísca, Reis & Petersson, 2011). Un tel résultat suggère que l'influence de la couleur sur la reconnaissance d'objets est indépendante de la force d'association entre la couleur et l'objet à reconnaître. Néanmoins, une explication apportée par Bramão, Reis et al. (2011) permet de comprendre que ces travaux ne contredisent pas réellement les premières conclusions et que la force d'association en mémoire reste un facteur central. Selon ces auteurs, la couleur

n'influencerait pas les objets *HDC* de la même manière qu'elle influence les objets *LDC*. Dans le cas des objets *HDC*, l'influence se situerait au niveau de l'accès à une représentation sémantique. En revanche, dans le cas des objets *LDC*, l'influence de la couleur se produirait à un très bas niveau perceptif. Dans ce dernier cas, la couleur aiderait à la segmentation de l'image (i.e., faciliterait la perception de la forme de l'objet). Ainsi, le fait de trouver un effet pour les objets *HDC* et *LDC* ne contredit pas les premières conclusions quant au rôle prépondérant de la force d'association entre la couleur et l'objet en mémoire.

Pris ensemble, ces résultats appuient l'idée suivant laquelle la couleur influence la reconnaissance d'objets. De plus, ces travaux s'accordent sur l'importance de la force avec laquelle un objet et sa couleur sont associés en mémoire. Lorsque les objets sont fortement associés à une couleur, le percevoir dans sa couleur d'origine facilite sa reconnaissance alors que le percevoir dans une autre couleur ralentit sa reconnaissance (par rapport à une condition contrôle). Un tel effet se retrouve aussi dans la reconnaissance de scènes visuelles. Cet effet particulier pour les objets *HDC* est important pour notre propos car la reconnaissance de tels objets implique sans nul doute une simulation de la couleur (i.e., récupération de la couleur associée). D'ailleurs, les travaux s'intéressant aux bases corticales de la simulation de la couleur, présentés dans la section précédente, n'utilisaient comme matériel que des objets « *HDC* », dans le sens où les objets utilisés étaient fortement associés à une couleur (e.g., Chao & Martin, 1999; Hsu, et al., 2012; Martin, et al., 1995; Simmons, et al., 2007; Wiggs, et al., 1999). En conséquence, les résultats sur la reconnaissance des objets suggèrent indirectement une interaction entre la simulation de la couleur (i.e., récupération de la couleur qui se produit lors de la perception d'objets fortement associés à une couleur) et la perception de la couleur (i.e., couleur réellement perçue qui colore l'objet à reconnaître). Néanmoins, ces résultats n'appuient cette hypothèse qu'indirectement étant donné que la tâche perceptive ne porte pas directement sur la couleur. Dans la prochaine section, nous discuterons les travaux qui s'intéressent directement à la perception des couleurs.

### **3.2. La perception de la couleur : l'influence des connaissances**

Dans cette section, nous développerons et discuterons des multiples travaux qui se sont intéressés à l'influence de connaissances associées à une couleur typique (i.e., *HDC*) sur la perception de la couleur. Nous présenterons les différentes lignes de recherches qui se sont développées en exposant à la fois leurs apports ainsi que leurs possibles limites.

En 1910, Cheves West Perky réalise une expérience dans laquelle il met en évidence « l'effet Perky ». Cette expérience consistait à placer des participants dans une grande pièce peu éclairée. Les participants devaient fixer un écran situé à 8 mètres. L'expérimentateur demandait aux participants d'imaginer certains objets possédant une couleur typique (e.g., banane, orange, citron) et de mentalement projeter cette image sur l'écran. A la fin de l'expérience, Perky (1910) demandait aux participants s'ils avaient aperçu la projection d'une lumière colorée sur le même écran. Il faut préciser que Perky (1910) à l'aide d'un dispositif, composé d'une lanterne, projetait sur le même mur, une lumière colorée qui formait un objet. Par exemple, Perky (1910) projetait une lumière jaune à travers une feuille cartonnée découpée suivant la forme d'une banane, ce qui induisait l'image d'une banane jaune sur le

mur. Les résultats obtenus mettent en évidence que les participants ont de très grandes difficultés à distinguer les images réellement projetées du moment qu'ils imaginaient le même objet. En d'autres termes, l'objet imaginé par les participants et mentalement projeté sur le mur empêche une perception congruente. Cet ancien résultat est intéressant car l'imagerie mentale d'objets possédant une couleur typique implique sans aucun doute une simulation de la couleur. En définitive, Perky (1910) cherchait à savoir si la simulation de la couleur pouvait interférer avec la perception de la couleur et selon ses données, la réponse est positive. Ce résultat a été répliqué et étendu par Segal et Gordon (1969). Dans ce travail, ces auteurs interrogeaient le fait que dans le travail de Perky (1910), les participants ne sont pas avertis avant l'expérience que des stimuli colorés vont apparaître à l'écran, ce qui pourrait maximiser l'effet. En conséquence, Segal et Gordon (1969) vont informer les participants de cette possibilité. L'effet Perky est moindre mais toujours présent par rapport à une condition contrôle sans imagination. Cet effet, très connu, pourrait venir étayer l'idée d'une influence de la simulation sur la perception des couleurs. Néanmoins, l'effet Perky possède deux limites importantes. Premièrement, les participants doivent réaliser une tâche d'imagerie mentale. Rien ne garantit qu'un traitement conceptuel moins poussé induise le même genre d'influence. Deuxièmement, ce n'est pas véritablement une influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur (i.e., discrimination de teintes) mais une influence de la simulation sur la détection de la couleur (i.e., présence/absence).

Quelques années après, d'autres chercheurs vont s'intéresser à l'influence de la couleur typique tout en s'intéressant à la discrimination chromatique. Par exemple, Duncker (1939) colorait dans une même teinte (i.e., un vert issu d'une feuille d'arbre), le dessin d'une feuille d'arbre et d'un âne. Chacun de ces dessins étaient découpés et collés sur une feuille blanche. Ensuite, l'expérience réalisée se déroulerait en deux temps. Dans un premier temps, les participants étaient confrontés à un dessin coloré alors qu'une lumière rouge éclairait le dessin. Un tel éclairage avait pour conséquence de rendre la couleur verte légèrement grise. Ensuite, le dessin disparaissait. Dans un second temps, un cercle chromatique était présenté et les participants devaient sélectionner la teinte correspondant à celle qui colorait le dessin précédent. Les résultats mettent en évidence que la teinte sélectionnée pour qualifier la couleur de la feuille est plus verte que la teinte sélectionnée pour qualifier la couleur de l'âne alors que perceptivement les deux sont identiques. Duncker (1939) explique ce phénomène par le fait que la couleur typique des objets influence la teinte perçue. En effet, la couleur typique associée à la feuille est le vert alors que la couleur typique associée à l'âne est le gris. Cependant, ce travail se heurte à une critique importante : la couleur typique n'influence peut être pas la perception de la couleur étant donné que la discrimination perceptive est réalisée « de mémoire ». Effectivement, les participants devaient sélectionner la couleur correspondante à la teinte de la feuille ou de l'âne en se basant sur le souvenir de cette teinte car elle n'était plus présentée. En conséquence, il se peut que l'influence se produise uniquement au moment de la récupération lorsque le participant tentait de se rappeler de quelle couleur était la forme. A ce moment, la couleur typique et le souvenir de la teinte s'influenceraient et moduleraient le choix de la teinte.

Une telle hypothèse est d'ailleurs confortée par le travail de Loftus (1977) qui met en évidence une interaction entre deux souvenirs, chacun à propos d'une couleur, au moment de

la récupération. Dans ce travail, les participants étaient en premier lieu confrontés à un film qui durait 90 secondes composé de 30 images durant chacune 3 secondes. Dans ce film, une personne était renversée par une voiture rouge. Dans une des images, les participants pouvaient apercevoir une voiture verte qui passait sans s'arrêter à proximité. Dans une seconde étape, les participants devaient répondre à 12 questions. Pour la moitié des participants, la question 10 était : « Est-ce que la voiture bleue qui passe près de l'accident avait une porte-ski sur le toit ? » alors que la voiture en question était verte. L'autre moitié des participants lisait la même question mais sans l'information erronée « bleu ». Dans une troisième partie, séparée par une longue tâche distractive de l'étape précédente, les participants devaient dire à l'aide d'un cercle chromatique la couleur de 10 objets présentés dans le film, dont la voiture verte (i.e., tâche de reconnaissance). Comme dans l'expérience princeps de Loftus et Palmer (1974), Loftus (1977) met en évidence un effet de désinformation (i.e., *misinformation effect*). En effet, les participants du groupe avec l'information erronée à propos de la voiture verte (i.e., bleu) choisissaient plus fréquemment la couleur bleue à tort comme étant celle de la voiture par rapport au groupe contrôle. Ainsi, Loftus (1977) met en évidence qu'une connaissance en mémoire à propos d'une couleur est en mesure de modifier le souvenir d'une autre couleur perçue (pour d'autres travaux similaires, voir Adams, 1924; Bolles, Hulicka, & Hanly, 1959; Hurlbert & Ling, 2005). Ce travail suggère donc que dans le travail de Duncker (1939), l'influence pourrait se situer à un niveau mnésique et non perceptif.

L'hypothèse d'une influence du souvenir dans l'expérience de Duncker (1939) est aussi confortée par le travail de Bruner, Postman et Rodrigues (1951). Dans ce travail, Bruner et al. (1951) ont répliqué l'expérience de Duncker (1939). Cependant, ces auteurs ont ajouté plus d'objets, plus de couleurs et ont surtout manipulé le fait que les objets colorés apparaissent soit en même temps que le cercle de couleur, soit en différé (i.e., juste avant). Dans le cas où l'objet et le cercle chromatique apparaissent simultanément, la tâche de discrimination chromatique est purement perceptive dans le sens où la comparaison entre la teinte réelle de l'objet et les teintes présentées sur le cercle n'implique pas le souvenir de la teinte perçue (i.e., tâche perceptive). En revanche, dans le cas où l'objet et le cercle chromatique apparaissent en différé, la tâche de discrimination chromatique implique une récupération de la couleur en mémoire. En effet, les participants doivent récupérer la teinte dans laquelle l'objet est apparu pour pouvoir choisir la bonne couleur sur le cercle comme dans l'expérience de Duncker (1939). Bruner et al. (1951) observent que l'influence de la couleur typique associée aux objets (e.g., rouge dans le cas d'une tomate) n'influence les réponses que dans le cas où les participants doivent réaliser une tâche de discrimination en différé et non lorsque l'objet coloré et le cercle chromatique apparaissent en simultané. En conséquence, ce résultat suggère l'idée que la perception de la couleur n'est pas directement influencée par la couleur typique associée aux objets. La couleur typique semble influencer uniquement le souvenir de la couleur perçue.

Une autre série de travaux, toujours réalisés à l'époque « pré-cognitiviste » ne permet pas d'arriver à une conclusion aussi radicale. Cette série de travaux va utiliser une méthode très différente, dite « méthode d'ajustement ». Le premier travail de cette série est celui d'Harper (1953). Dans ce travail, différentes figures étaient découpées dans le même papier

orange. Ces formes étaient ensuite illuminées par une couleur rouge qui variait selon la volonté de l'expérimentateur. Les participants devaient signaler à l'expérimentateur le moment où, pour un objet donné, la forme et le fond était de la même couleur (i.e., *simultaneous color contrast*). Harper (1953) utilisait soit des objets typiquement rouge (e.g., pomme, homard, cœur), soit des objets sans couleur typique (e.g., lettre Y, une forme ovale, un triangle). Les résultats mettent en évidence que les participants ont besoin d'un rouge plus intense afin de ne plus percevoir de différence entre le fond et les formes typiquement rouges par rapport à la condition contrôle. Contrairement au résultat obtenu par Bruner et al. (1951), ce résultat suggère que la perception de bas-niveau est affectée par des connaissances associées à une couleur. En particulier, la capacité perceptive à réaliser une segmentation forme/fond. Néanmoins, comme le souligneront Fisher, Hull et Holtz (1956), un tel effet peut être imputable à la manière dont Harper (1953) présentait les différents objets. En effet, lors de l'apparition de chaque objet, Harper (1953) les présentait associés à une couleur (e.g., « vous allez voir un cœur rouge », « vous allez voir une pomme rouge », « vous allez voir un forme ovale jaune »). En conséquence, Fisher et al. (1956) émettent l'hypothèse que ce n'est pas la couleur typique associée en mémoire qui influence la perception mais le nom de la couleur associée lors de la présentation. Ils ont alors réalisé la même expérience que celle d'Harper (1953) sauf qu'ils présentaient de la même manière des objets typiquement rouges et des objets sans couleur typique. Par exemple, ils présentaient une croix (de type croix rouge) et un X (qui était la même croix pivotée) comme étant des formes rouges (e.g., vous allez voir une croix rouge/un X rouge). Ils ne trouvent pas de différence quant à l'intensité du rouge nécessaire pour que le fond et la forme soient de couleurs identiques. Ce résultat suggère que les résultats d'Harper (1953) seraient uniquement imputables à la manière de présenter les stimuli. Néanmoins, cette conclusion doit être nuancée compte tenu des résultats obtenus par Delk et Fillenbaum (1965). Ces auteurs ont réalisé une expérience similaire dans laquelle ils comparaient des objets (i) typiquement rouge (e.g., cœur, pomme, lèvres), (ii) sans couleur typique (e.g., cercle, ovale, ellipse) et (iii) avec une couleur typique autre que rouge (e.g., cheval, cloche, champignon). Les résultats mettent en évidence que la quantité de rouge nécessaire pour rendre la forme et le fond de la même couleur, est plus importante dans le cas des objets typiquement rouge. Ce dernier résultat conforte donc les résultats d'Harper (1953).

L'ensemble de ces travaux « pré-cognitivistes » (i.e., année 50) suggèrent une possible interaction entre la récupération d'une connaissance associée à la couleur et la perception des couleurs. Malgré leur intérêt, les résultats de ces travaux doivent être pris avec beaucoup de précautions étant donné l'utilisation de méthodologies limitées et pas toujours clairement explicitées (i.e., stimuli découpés dans du papier coloré, utilisation de peu d'objets rarement contrôlés sur la force d'association avec une couleur, mélange d'objets naturels et artificiels, résultats divergents, etc.). Récemment à l'aide d'écrans d'ordinateurs et de modèles colorimétriques précis permettant des contrôles plus performants, différents travaux utilisant toujours une méthode d'ajustement ont pu répliquer les résultats d'Harper (1953) et de Delk et Fillenbaum (1965). Ainsi, Olkkonen, Hansen et Gegenfurtner (2008) expliquent que les résultats divergents des deux expériences précédentes (Delk & Fillenbaum, 1965; Fisher, et al., 1956) pourraient s'expliquer par (i) le fait que ce n'est pas le participant lui-même qui ajuste la couleur et (ii) le fait que le réalisme des dessins est minimal. En effet, dans les

expériences d'Harper (1953), de Fisher et al. (1956) et de Delk et Fillenbaum (1965) c'est l'expérimentateur qui modifie l'éclairage et les stimuli utilisés sont des formes découpées grossièrement dans des feuilles de carton uniformément colorées, sans nuances ou textures. En conséquence, les participants à l'expérience d'Olkkonen et al. (2008) étaient confrontés à deux types de stimuli : (i) des fruits et légumes possédant une couleur typique (e.g., citron, concombre) et (ii) à des disques (i.e., condition contrôle). Les participants devaient ajuster la couleur des figures afin qu'elles apparaissent grises. Pour cela, les participants avaient à disposition quatre touches permettant d'ajouter du bleu, du jaune, du vert ou du rouge. Les résultats mettent en évidence que lors de la perception de fruits et légumes possédant une couleur typique, les participants ajoutent une plus grande quantité de couleur opposée à la couleur typique par rapport à la condition contrôle pour percevoir l'objet gris. Concrètement, lorsqu'ils perçoivent une banane jaune et qu'ils doivent la colorer en gris, ils ajoutent plus de bleu (i.e., couleur opposée au jaune dans le modèle colorimétrique utilisé) par rapport à un disque jaune qu'ils doivent colorer en gris (voir aussi Hansen, Olkkonen, Walter, & Gegenfurtner, 2006 pour des résultats similaires ; voir aussi Nijboer, Gebuis, te Pas & van der Smagt, 2011 pour des résultats similaires chez des participants synesthètes). De plus, dans ce travail, le réalisme des stimuli était manipulé. Olkkonen et al. (2008) ont utilisé des photographies (i) conservant l'ensemble des nuances de couleurs et les textures et (ii) des photographies dans lesquelles l'objet est coloré uniformément d'une seule couleur (cf. Figure 6). Les auteurs trouvent un effet plus important pour les objets réalistes par rapport à ceux moins réalistes. Ce dernier point est important car Olkkonen et al. (2008) s'appuient dessus afin d'expliquer les divergences entre les résultats précédents qui n'utilisaient que des stimuli peu réalistes. En d'autres termes, l'effet étant plus faible avec de tels stimuli, il est envisageable que cela explique les difficultés pour mettre en évidence l'effet dans les expériences antérieures. En outre, les résultats obtenus par Olkkonen et al. (2008) ont été répliqués et étendus aux objets artificiels par Witze, Valkova, Hansen et Gegenfurtner (2011). En effet, Witze et al. (2011, expérience 2) observent la même compensation lorsque les participants doivent ajuster la couleur de photographies d'objets artificiels possédant une couleur typique (e.g., un schtroumpf, un balle de tennis, un ballon de basket).

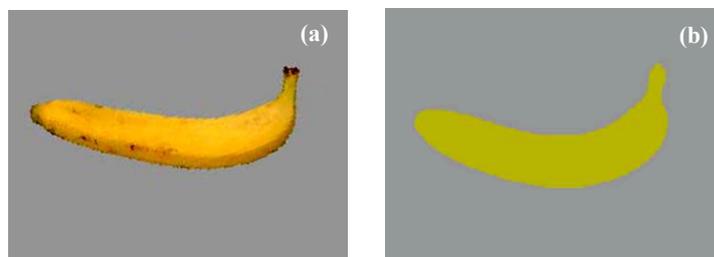


Figure 6. Exemple de stimuli utilisés par Olkkonen et al. (2008) : (a) photographie d'une banane et (b) photographie d'une banane uniformément colorée et sans texture (adapté d'Olkkonen et al., 2008).

Cet ensemble de travaux, utilisant une méthode d'ajustement, renforce l'idée suivant laquelle la récupération mnésique d'une couleur serait en mesure d'influencer la perception de la couleur. Cette méthode d'ajustement très particulière est néanmoins contestable sous un certain aspect. En effet, dans l'expérience d'Olkkonen et al. (2008) par exemple, les participants ont tout le temps nécessaire afin d'ajuster la couleur. Parfois cela peut être long ce qui pourrait induire l'accès à une représentation de l'objet très poussée (pouvant même aboutir à la formation d'une image mentale). Le développement d'une telle représentation pourrait en conséquence faciliter l'accès à la couleur typique de l'objet (i.e., simulation de la couleur) et donc conduire à maximiser une influence de la couleur typique sur la perception. Il est envisageable qu'une telle influence ne se produise que lorsque la représentation activée à propos de l'objet est élaborée et pas forcément lorsque les traitements impliqués se cantonnent à un niveau conceptuel relativement basique. De plus, une telle méthode d'ajustement manque grandement de validité écologique, ce qui conduit à douter d'une telle interaction lors de l'interaction réelle avec les objets.

Outre les travaux utilisant une méthode d'ajustement, une autre série de travaux a été développée qui utilisent des couleurs ambiguës afin de mettre en évidence le rôle des connaissances (Kubat, Mirman, & Roy, 2009; Mitterer & de Ruiter, 2008). Ces travaux vont pouvoir palier aux limites de la méthode d'ajustement. Par exemple, Mitterer et de Ruiter (2008) vont utiliser un ensemble de couleurs allant d'un « jaune pur » à un « orange pur » en passant par des teintes ambiguës entre le jaune et l'orange. Concrètement, un « jaune pur » est une teinte de jaune toujours catégorisée par un participant comme « jaune ». En revanche, une couleur ambiguë entre le jaune et l'orange, induira dans certains essais une catégorisation « jaune » et dans les autres essais une catégorisation « orange ». Suivant l'ambiguïté de la couleur, le ratio jaune/orange, pour un même participant, peut varier allant de 50/50 représentant une couleur totalement ambiguë à des ratios moins tranchés : 40/60, 30/70 voir même 20/80. Mitterer et de Ruiter (2008) ont utilisé 7 teintes différentes. Les différentes teintes coloraient trois objets différents : (i) une banane (i.e., objet typiquement jaune), (ii) une carotte (i.e., objet typiquement orange) et (iii) une chaussette (i.e., objet sans couleur typique). Chaque objet était présenté dans une teinte et les participants devaient catégoriser la couleur soit comme étant jaune, soit comme étant orange (i.e., *two Alternative Forced Choice, 2AFC*). Les résultats obtenus pour les teintes colorant le dessin d'une chaussette, mettent en évidence que la teinte 4 est très ambiguë. En effet, le pourcentage moyen de réponse « jaune » est d'environ 50%. Autrement dit, dans 50% des cas les participants catégorisent la teinte comme étant jaune et dans 50% des cas, ils catégorisent la même teinte comme étant orange. Le résultat important est que le pourcentage moyen de réponses « jaune » lorsque la teinte 4 colore le dessin d'une banane est plus élevé par rapport à la condition où cette teinte colore le dessin d'une chaussette. De plus, le pourcentage moyen de réponses « jaune » lorsque la teinte 4 colore le dessin d'une carotte est moins élevé par rapport à la condition où cette teinte colore le dessin d'une chaussette. Ce résultat suggère que la couleur typique associée aux dessins influence la catégorisation perceptive lorsque la couleur est ambiguë. Plus précisément, la couleur ambiguë est perçue plus souvent comme appartenant à la catégorie de la couleur typique.

Ce résultat est renforcé par celui de Kubat et al. (2009). Dans un premier temps, à l'aide d'une pré-expérience, Kubat et al. (2009) ont sélectionné différentes teintes ambiguës (e.g., situées entre le vert et le bleu, entre le jaune et le rose, entre le marron et le violet). Dans un second temps, ils ont réalisé une expérience qui consistait à présenter au centre de l'écran un objet fortement associé à une couleur (e.g., flamant rose). Un tel objet pouvait être représenté par un dessin ou par un mot. Il y avait aussi une condition contrôle dans laquelle un carré apparaissait au centre de l'écran. Les différents dessins, mots ou carrés étaient présentés dans une couleur ambiguë. Les participants devaient dire dans quelle couleur apparaissait le stimulus central. A droite et à gauche de ce stimulus cible apparaissaient les deux alternatives de réponse représentées par deux labels de couleurs écrits en noir (cf. Figure 7). L'hypothèse de Kubat et al. (2009) était identique à celle de Mitterer et de Ruitter (2008) : la couleur typique associée à l'objet central devrait influencer la couleur perçue. Par exemple, dans un essai les participants voyaient un flamant rose dans une teinte ambiguë entre le jaune et le rose et devaient choisir si cette teinte était plutôt jaune et plutôt rose. Dans ce cas, Kubat et al. (2009) prédisaient plus de réponses « rose » que « jaune » étant donné que la couleur typique d'un flamant est rose. La prédiction inverse était avancée lorsque la même teinte colorait un bus scolaire américain, typiquement jaune. Les résultats obtenus vont dans le sens de ces prédictions et cela que les objets associés à une couleur typique soit présentés sous la forme de dessins ou de mots. Kubat et al. (2009) qui a réalisé ce travail dans une perspective simulationniste, expliquent que cette influence résulterait d'une interaction entre les processus conceptuels mis en œuvre afin de simuler la couleur typique et les processus perceptifs mis en œuvre pour discriminer la couleur des teintes ambiguës. Une fois encore ces travaux s'exposent à une limite importante. Etant donné l'utilisation d'une situation d'ambiguïté, il est possible que les participants se mettent à la recherche d'autres indices pour émettre une réponse. Ainsi, l'utilisation de situations d'ambiguïté est en mesure de maximiser le recours à la couleur typique des objets afin de résoudre la tâche et donc de maximiser une influence de la couleur typique sur la perception.



Figure 7. Exemple de stimuli utilisés par Kubat et al. (2009) : (a) dessin d'un flamant rose, (b) nom anglais désignant un flamant rose et (c) condition contrôle (adapté de Kubat et al., 2009).

Les résultats de Naor-Raz, Tarr et Kersten (2003) permettent de palier cette limite. Comme dans l'expérience de Kubat et al. (2009), ils vont utiliser une tâche de type Stroop. Dans une première expérience, les participants devaient nommer la couleur dans laquelle le dessin d'un objet était coloré. Dans les essais cibles, les dessins représentaient des objets

possédant une couleur typique apparaissant soit dans une couleur congruente (e.g., le dessin d'une tomate coloré en rouge), soit dans une couleur incongruente (e.g., le dessin d'une tomate coloré en bleu). Les couleurs utilisées n'étaient pas des couleurs ambiguës mais des couleurs « pures ». Les résultats mettent en évidence une facilitation à dénommer la couleur lorsque cette dernière est congruente avec la couleur typique de l'objet dessiné. Dans une seconde expérience, Naor-Raz et al. (2003) ont réalisé la même expérience sauf que les objets étaient représentés par des mots. Dans ce cas, Naor-Raz et al. (2003) observent un effet inverse : les participants ont des temps de dénomination plus courts lorsque la couleur est incongruente avec la couleur typique du dessin. Ces deux expériences impliquent une forme de Stroop particulier connu dans la littérature sous le nom de « Stroop sémantique ». C'est Klein (1964) qui a été le premier à réaliser une telle expérience. Contrairement à Naor-Raz et al. (2003), cet auteur observait une facilitation dans la condition congruente alors que des mots étaient aussi utilisés en guise de stimuli (pour une revue voir MacLeod, 1991, pp. 172-174). Dans une 3<sup>ème</sup> expérience, Naor-Raz et al. (2003) mettent en évidence que la facilitation observée par Klein (1964) est sans doute imputable à la méthodologie particulière utilisée. En effet, Klein (1964) présentaient les essais congruents dans un seul bloc et tous les essais non congruents dans un bloc différent. Cette explication est néanmoins à prendre avec précaution étant donné le résultat de Yee, Ahmed et Thompson-Schill (2012). En effet, ces auteurs utilisaient aussi une tâche de Stroop sémantique sans utiliser une présentation en bloc et trouvent un effet de facilitation dans la condition congruente. Malgré ces divergences entre facilitation ou ralentissement, ces derniers résultats renforcent encore la position suivant laquelle la perception de la couleur peut être influencée par la simulation de la couleur. En outre, ils permettent d'étendre cette position à la perception de couleurs non ambiguës et suggèrent aussi l'idée qu'une telle influence est visible dans les temps de réponse alors que la récupération mnésique résulte de la perception d'images ou de la lecture de mots.

Pris ensemble, ces travaux appuient fortement l'hypothèse suivant laquelle la perception de la couleur peut être influencée par la récupération en mémoire d'une couleur (i.e., simulation de la couleur). La grande majorité de ces travaux a néanmoins été réalisée dans une perspective très différente de celle que nous adoptons dans cette thèse. En effet, ces travaux n'envisagent pas directement l'idée que la couleur typique associée aux objets est simulée, i.e., réactivée en mémoire *via* l'utilisation d'un réseau neuronal en partie identique à celui de la perception des couleurs pouvant conduire à une influence simulation/perception (sauf Kubat, et al., 2009).

### **3.3. L'expérience de Richter et Zwaan (2008)**

Richter et Zwaan (2009) ont récemment réalisé une expérience dans une perspective simulationniste tout en s'intéressant à la discrimination de la couleur. Dans cette expérience, les participants percevaient dans un premier temps un carré de couleur suivi d'un mot ou d'un pseudo-mot, lui-même suivi d'un second carré de couleur. Les participants devaient réaliser deux tâches successives. Une tâche de décision lexicale sur les mots/pseudo-mots et une tâche perceptive dans laquelle ils devaient dire si le second carré de couleur possédait une couleur identique ou différente au premier carré. Dans les essais cibles, le mot présenté désigne une

couleur (e.g., JAUNE, ROUGE) qui correspondait ou non à la couleur des carrés sur lesquels devait être effectuée la tâche perceptive. Les résultats mettent en évidence que la capacité à déterminer l'identité ou la différence entre les deux carrés de couleurs est plus difficile lorsque le mot intermédiaire dénote une couleur différente. Ce résultat plaide donc en faveur de l'approche simulationniste en mettant en évidence une influence du traitement conceptuel sur la perception. Cependant, plusieurs limites peuvent être avancées. Premièrement, l'utilisation de noms de couleur ne permet pas de savoir si l'accès à la connaissance d'un objet possédant une couleur typique est en mesure d'influencer la perception. Il se peut que cette influence se cantonne uniquement aux noms de couleurs. Deuxièmement, l'influence observée par Richter et Zwaan (2009) est-elle véritablement de nature perceptive ? En effet, pour détecter l'identité ou la différence entre les deux carrés de couleurs présentés successivement, le premier doit être conservé en mémoire afin de pouvoir être comparé au second. En conséquence, il est possible que la lecture d'un nom de couleur intermédiaire n'influence pas la perception du second carré mais le souvenir du premier carré. Ce qui est cohérent avec la critique déjà réalisée à l'encontre du travail de Duncker (1939). En outre, une telle explication est cohérente avec le travail de Vermeulen, Corneille et Niedenthal (2008) qui ont mis en évidence une interaction entre la conservation d'items perceptifs en mémoire et la conceptualisation. Ces auteurs ont réalisé une expérience dans laquelle chaque essai se déroulait en trois étapes. Dans une première étape, un ou trois stimuli étaient présentés simultanément. Les stimuli étaient soit des formes (i.e., modalité visuelle), soit des sons (i.e., modalité auditive). Dans une seconde étape, les participants devaient réaliser une tâche de vérification de propriétés. Les propriétés à vérifier impliquaient soit une simulation visuelle (e.g., une banane peut-elle être jaune ?) ou une simulation auditive (e.g., un mixeur peut-il être bruyant ?). Dans une troisième étape, les participants étaient à nouveau confrontés à un ou trois stimuli qui étaient soit identiques, soit différents des stimuli présentés durant la première étape. Cette seconde tâche implique que les participants devaient conserver en mémoire les stimuli présentés. Les résultats obtenus mettent en évidence que lorsque les participants devaient conserver trois stimuli visuels en mémoire (i.e., forme), la vérification d'une propriété visuelle est affectée alors que ce n'est pas le cas pour la vérification d'une propriété auditive. L'influence inverse est observée lorsque les participants devaient conserver en mémoire trois stimuli sonores. Le résultat important pour notre propos est que la conservation de stimuli visuels en mémoire peut interférer avec une simulation visuelle. En conséquence, dans l'expérience de Richter et Zwaan (2009), il est envisageable que la conservation en mémoire de la première couleur se trouve influencée par le nom de la couleur et influence ensuite les réponses à la tâche de comparaison sans affecter directement la perception du second carré de couleur.

Malgré ces deux limites importantes, le travail de Richter et Zwaan (2009) reste un travail intéressant, en particulier car ils utilisent une méthode d'amorçage. L'utilisation d'un tel paradigme permet d'éviter que la couleur et l'objet (i.e., dessin ou mot) soit toujours présentés simultanément. En effet, jusqu'à présent tous les travaux que nous avons rapportés, aussi bien les travaux en reconnaissance d'objets que les travaux portant sur la perception des couleurs, suggèrent une influence simulation/perception dès l'instant où l'objet possédant une couleur typique et la couleur (congruente, non congruente ou ambiguë) sont présentés

simultanément. Il est envisageable qu'une telle présentation simultanée conduise à maximiser l'effet d'interaction en facilitant une forme d'intégration simulation/perception. Or, l'approche simulationniste ne nécessite aucunement que les deux stimuli soient présentés simultanément pour observer une influence. En effet, les deux stimuli peuvent très bien être présentés consécutivement et s'influencer *via* une forme d'amorçage perceptif classique. Rappelons que l'approche simulationniste envisage que la simulation de la couleur influence la perception de la couleur *via* le recrutement de réseaux neuronaux en partie similaires. En conséquence, la simulation de la couleur conduirait à une pré-activation de certaines parties du réseau neuronal impliqué dans la perception de la couleur, ce qui conduirait à une forme de « pré-activation de la perception ». En d'autres termes, l'influence de la couleur typique associée à un objet sur la perception de la couleur est envisagée, dans un cadre simulationniste, comme un simple amorçage perceptif de la couleur. La seule différence est que ce type d'amorçage peut être défini comme l'amorçage d'un traitement *bottom-up* de la couleur (i.e., perception de la couleur) par le biais d'un traitement *top-down* de la couleur (i.e., simulation de la couleur typique), alors qu'habituellement l'amorçage perceptif est défini comme l'amorçage d'un traitement *bottom-up* (cible) par un autre traitement *bottom-up* antérieur (amorce).

Dans la prochaine section, nous développerons les travaux sur l'amorçage perceptif de la couleur qui ont été réalisés indépendamment de cette thématique ainsi que les travaux sur l'amorçage sémantique de la couleur. Cela nous permettra d'aboutir à notre protocole expérimental ainsi qu'à notre hypothèse opérationnelle.

### **3.4. Protocole expérimental : l'amorçage perceptif de la couleur**

L'objectif central de cette section est de présenter deux travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés afin de mettre au point notre protocole expérimental. Le premier porte sur l'amorçage perceptif de la couleur (Marangolo, Di Pace, & Pizzamiglio, 1993) alors que le second porte sur l'amorçage sémantique de la couleur (Reilhac & Jiménez, 2006). L'idée sous jacente est que le travail sur l'amorçage perceptif s'intéresse au processus *bottom-up* de la perception de la couleur, alors que le travail sur l'amorçage sémantique s'intéresse aux processus *top-down* de simulation de la couleur. Nous considérons qu'en combinant ces deux amorçages, il est alors possible de tester la possible influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur.

Les travaux s'intéressant à l'amorçage perceptif de la couleur peuvent être globalement divisés en deux types. Il y a d'un côté, les travaux s'intéressant à l'amorçage perceptif de la couleur alors que les participants doivent réaliser une tâche de discrimination chromatique (i.e., *2AFC* ; Di Pace, Marangolo, & Pizzamiglio, 1997; Marangolo, et al., 1993) et d'un autre côté, nous trouvons les travaux portant sur l'amorçage perceptif de la couleur alors que les participants doivent réaliser une tâche de détection. Dans ce dernier type de travaux, la détection peut soit directement porter sur la couleur (e.g., Goolsby & Suzuki, 2001; Maljkovic & Nakayama, 1994), soit sur d'autres attributs perceptifs (e.g., forme, orientation ; Kristjánsson, 2006). Par exemple, dans l'expérience de Maljkovic et Nakayama

(1994), trois losanges disposés en triangle apparaissaient au centre de l'écran. Une forme était située en haut au centre et les deux autres en bas, une à droite et l'autre à gauche. Un des deux losanges du bas apparaissait toujours dans une couleur différente des deux autres losanges. Les participants devaient détecter le plus rapidement si c'était le losange de gauche ou de droite qui possédaient une couleur différente. Maljkovic et Nakayama (1994) trouvent un amorçage lorsque la même couleur à détecter est répétée au cours de deux essais consécutifs. Pour intéressant qu'ils soient, ces travaux ne permettent pas de déterminer si l'amorçage réalisé affecte la détection au niveau de la perception de la couleur ou au niveau de l'attention. Etant donné que nous défendons l'idée que la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception de la couleur et non pas l'attention, se baser sur ces travaux serait inapproprié. En revanche, les travaux utilisant une tâche de détection chromatique semblent plus pertinents. En effet, ces travaux mettent en évidence un amorçage perceptif qui semble uniquement affecter le processus de perception de la couleur.

Le travail central sur lequel nous allons nous appuyer est le travail de Marangolo et al. (1993). Dans ce travail, au cours de chaque essai, une amorce apparaissait durant 150 ms à l'écran, immédiatement suivi d'un écran blanc (200 ms), lui-même suivi d'une cible présentée durant 100 ms. L'amorce et la cible étaient des ronds qui pouvaient soit apparaître de la même couleur (i.e., conditions congruentes : vert-vert ou rouge-rouge), soit dans des couleurs différentes (i.e., conditions non congruentes : rouge-vert ou vert-rouge). De plus, Marangolo et al. (1993) ont ajouté une amorce supplémentaire qui était un rond noir afin d'obtenir une condition contrôle. Les participants devaient dire si la cible était verte ou rouge. Les résultats obtenus mettent en évidence des temps de réponse plus courts dans la condition congruente par rapport à la condition contrôle ; et des temps de réponse plus longs dans la condition non congruente par rapport à la condition contrôle. De plus, dans cette première expérience Marangolo et al. (1993) manipulent le ratio essais congruents/essais non congruents. Même lorsqu'il y a peu d'amorces congruentes, ce qui induit une faible valeur prédictive de l'amorce, l'amorçage reste présent. Dans une seconde expérience, Marangolo et al. (1993) manipulent le *SOA* (i.e., *Stimulus Onset Asynchrony*). Dans cette expérience, l'amorce était toujours présentée 100 ms et la durée de l'écran blanc variait (i.e., 50, 250 ou 2000 ms). Lorsque le *SOA* est court (150 ms), le même pattern de résultat que celui de l'expérience 1 est obtenu. Lorsque le *SOA* est de 350 ms, les temps de réponse dans la condition congruente sont plus courts que les temps de réponse de la condition contrôle. Par contre, les temps de réponse de la condition non congruente ne diffèrent pas de ceux de la condition contrôle. Autrement dit, lorsque le *SOA* est de 350 ms, Marangolo et al. (1993) observent uniquement une facilitation dans la condition congruente. En revanche, l'effet d'amorçage disparaît lorsque le *SOA* est élevé (i.e., 2100 ms). Di Pace et al. (1997) ont réalisé une série d'expériences complémentaires afin de vérifier que l'amorçage observé par Marangolo et al. (1993) n'était pas un amorçage moteur des réponses associées mais bien un amorçage perceptif. En effet, la perception de l'amorce pourrait conduire à un amorçage de la réponse à fournir à propos de la cible, au lieu d'amorcer la perception de la cible. Pour cela, Di Pace et al. (1997) vont réaliser une expérience dans laquelle quatre cibles différentes vont être utilisées (i.e., rouge, vert, jaune et bleu). Comme dans l'expérience de Marangolo et al. (1993), l'amorce et la cible étaient des ronds qui pouvaient soit apparaître de la même couleur, soit dans des couleurs

différentes. Les participants devaient presser la barre espace uniquement lorsque le stimulus cible était vert ou rouge (i.e., tâche *go/no-go*). Dans l'hypothèse où l'amorce verte, par exemple, amorcerait une réponse (i.e., ici presser la barre espace), peu importe le fait que la cible soit verte ou rouge, un amorçage devrait se produire (car la même réponse est associée aux deux couleurs). Au contraire, les temps de réponse continuent à être plus courts dans la condition où les couleurs amorce et cible sont congruentes par rapport à la condition où ces couleurs sont non congruentes. Ce résultat suggère que l'amorçage perceptif observé par Marangolo et al. (1993) ne résulte pas d'un amorçage moteur mais bel et bien d'un amorçage perceptif. En conséquence, nous pouvons considérer que Marangolo et al. (1993) obtiennent un effet d'amorçage perceptif de la couleur dans lequel un traitement *bottom-up* de la couleur affecte un autre traitement *bottom-up* de la couleur ultérieur. En outre, Marangolo et al. (1993) ont mis en évidence que le ratio essais congruents/essais non congruents n'a pas d'importance et qu'en revanche le *SOA* module le pattern de résultats obtenu. Ce travail constituera un des deux protocoles de base nous permettant de construire notre protocole.

Le second travail qui nous a permis d'élaborer notre protocole expérimental est celui de Reilhac et Jiménez (2006). Dans cette expérience, Reilhac et Jiménez (2006) se sont intéressés à l'amorçage sémantique de la couleur. Lors de chaque essai, un dessin en noir et blanc d'un animal ou d'un végétal apparaissait au centre de l'écran durant 150 ms, suivi d'un masque (100ms) et d'un écran blanc (100ms), puis d'un second dessin. Les différents dessins présentés en amorce ou en cible représentaient des végétaux ou des animaux possédant une couleur typique. Il y avait des objets associés à la couleur jaune (e.g., banane, poussin) et des objets associés à la couleur verte (e.g., artichaut, grenouille). Les participants devaient dire si le dessin cible appartenait à la catégorie « des fruits et légumes » ou à la catégorie « des animaux ». Le lien entre les amorces et les cibles pouvait être de deux sortes. Premièrement, l'amorce et la cible pouvaient toutes deux représenter un animal ou un végétal (i.e., amorçage sémantique de la catégorie). Deuxièmement, l'amorce et la cible pouvaient être associées à la même couleur typique (i.e., amorçage sémantique de la couleur). Reilhac et Jiménez (2006) trouvent un amorçage de la couleur : les temps de réponse sont plus courts lorsque les deux dessins possèdent la même couleur typique par rapport à la situation où les dessins possèdent des couleurs typiques différentes. Et cela que l'amorce et la cible soient congruentes ou non sur la catégorie. Rappelons, que les dessins utilisés sont présentés en noir et blanc et sans couleur. Reilhac et Jiménez (2006) interprètent ce résultat comme suggérant l'activation de la couleur dans une conception cognitiviste classique. Néanmoins, dans un cadre simulationniste, il est possible de concevoir un tel amorçage comme l'influence d'un processus de simulation de la couleur (i.e., *top-down*) sur un autre processus de simulation de la couleur ultérieur. Autrement dit, ce résultat suggère que lors de la perception du « dessin amorce », la couleur typique serait automatiquement simulée.

Notons cependant que Yee et al. (2012) ne sont pas parvenus à totalement répliquer ce résultat. Lors d'une pré-expérience, Yee et al. (2012) présentaient à des participants des paires de mots (e.g., CONCOMBRE – EMERAUDE) et leurs demandaient d'évaluer sur une échelle en sept points si les deux objets possédaient une couleur identique ou différente. A l'issue de ce pré-test, Yee et al. (2012) ont pu construire 60 paires « amorce/cible » possédant une couleur similaire et 60 paires ne possédant pas la même couleur. Lors de l'expérience, les

participants voyaient, lors de chaque essai, un mot amorce durant 300 ms puis un masque durant 50 ms et enfin un mot cible qui restait affiché jusqu'à la réponse du participant. Les participants devaient dire si les items cibles appartenaient ou non à la catégorie des animaux. De plus, Yee et al. (2012) ont constitué deux groupes de participants. Le premier groupe devait réaliser une tâche de Stroop sémantique avant de réaliser l'expérience d'amorçage alors que le second groupe réalisait cette tâche après la réalisation de l'expérience d'amorçage. Durant la tâche de Stroop sémantique, chaque mot apparaissait soit dans une couleur congruente (e.g., EMERAUDE en vert), soit dans une couleur incongruente (e.g., EMERAUDE en rouge). Pour répondre, les participants devaient choisir, des deux labels qui apparaissaient simultanément, celui qui correspondait à la couleur de l'encre. Yee et al. (2012) mettent en évidence un amorçage de la couleur uniquement pour le groupe qui devait réaliser la tâche de Stroop sémantique avant l'expérience d'amorçage. Ils interprètent ces résultats en invoquant un rôle du contexte. Selon ces auteurs, la tâche de Stroop sémantique focalise l'attention des participants sur la couleur, ce qui les conduit à prendre en compte la couleur durant l'expérience d'amorçage.

En conséquence, les travaux de Yee et al. (2012) et de Reilhac et Jiménez (2006) aboutissent à des résultats relativement contradictoires quant à l'automatisme de la simulation de la couleur. En effet, dans l'expérience de Reilhac et Jiménez (2006), la simulation de la couleur semble automatique lors de la perception de dessins en noir et blanc alors que dans l'expérience de Yee et al. (2012), le recours à une simulation de la couleur semble conditionné par la focalisation préalable de l'attention sur la couleur. Nous considérons que cette divergence de résultats pourrait être expliquée par une divergence méthodologique importante. La différence centrale, selon nous, réside dans la sélection du matériel. Yee et al. (2012) demandaient uniquement aux participants si les couleurs associées aux deux mots correspondaient ou non. Ce qui ne nous informe en rien, pour un objet donné, sur la force d'association entre la couleur et l'objet mais uniquement sur la similarité entre deux objets. En revanche, Reilhac et Jiménez (2006) utilisent une tâche de production de la couleur au cours de laquelle, les participants devaient dire pour chaque dessin présenté en noir et blanc, quelle couleur leurs venait spontanément à l'esprit. Ce contrôle plus strict favorise la sélection de dessins représentant des objets fortement associés à une couleur. Ce qui est en accord avec les travaux sur la reconnaissance d'objets qui démontrent que la force d'association (i.e., *HDC*) est le déterminant central d'une influence de la couleur sur la reconnaissance (Bramão, Reis, et al., 2011). De plus, Reilhac et Jiménez (2006) n'ont utilisé que des dessins appartenant à une catégorie naturelle, ce qui est, rappelons le, une méthode indirecte afin de sélectionner des objets fortement associés à une couleur (cf. section 3.1). *A contrario*, Yee et al. (2012) utilisent des objets appartenant aussi bien à des catégories naturelles qu'artificielles (e.g., toast, cigare, rubis). En conséquence, le fait que la simulation n'est pas automatique dans l'expérience de Yee et al. (2012) résulte sans doute de l'absence de contrôle de la force d'association entre un objet et sa couleur.

Compte tenu des différents résultats obtenus, nous avons construit une procédure d'amorçage à mi-chemin entre la procédure de Reilhac et Jiménez (2006) qui trouvent un amorçage sémantique de la couleur et la procédure de Marangolo et al. (1993) qui trouvent un amorçage perceptif de la couleur. Comme nous souhaitons mettre à l'épreuve l'hypothèse

suivant laquelle la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception, nous utiliserons la phase amorçage de l'expérience de Reilhac et Jiménez (2006) et la phase cible de Marangolo et al. (1993). En effet, la phase d'amorçage utilisée par Reilhac et Jiménez (2006) nous permettra d'induire une simulation automatique de la couleur alors que la phase cible de Marangolo et al. (1993) nous permettra d'induire un traitement perceptif de la couleur. Une telle procédure nous permettra, en conséquence, d'estimer l'influence de la simulation de la couleur (i.e., amorce) sur la perception de la couleur (i.e., cible). Concrètement, nous nous attendons à un amorçage perceptif des cibles colorées alors que la couleur est uniquement simulée lors de la phase d'amorçage.

## **EXPÉRIMENTATIONS**

---

## **EXPERIENCE 1**

### **Amorçage perceptif *via* des dessins d'objets possédant une couleur typique**

L'objectif de cette expérience est de mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception de la couleur. Pour cela nous avons mis au point une procédure d'amorçage sur la base des travaux de Reilhac et Jiménez (2006) et de Marangolo et al. (1993). Concrètement, lors de chaque essai, un dessin en noir et blanc d'un animal ou d'un végétal, possédant une couleur typique jaune ou verte, était présenté durant 150 ms. Cette amorce était suivie par un masque (100 ms) puis un écran blanc (100 ms), conformément à la méthodologie de Reilhac et Jiménez (2006). Cette phase d'amorçage était censée conduire à une simulation automatique de la couleur jaune ou verte selon l'objet représenté (i.e., processus *top-down*). Ensuite, conformément à la méthodologie de Marangolo et al. (1993), une cible de couleur apparaissait au centre de l'écran. La cible était un rond jaune ou vert et les participants devaient dire le plus rapidement possible de quelle couleur apparaissait la cible (i.e., tâche de discrimination chromatique). Cette seconde partie de l'essai était censée induire un traitement perceptif *bottom-up*. Suivant l'hypothèse simulationniste, nous nous attendions à un amorçage perceptif. En d'autres termes, nous nous attendions à des temps de réponse plus courts pour discriminer la couleur de la cible lorsque la couleur typique du dessin qui précède était similaire par rapport à la condition où les deux couleurs étaient différentes. De plus, compte tenu du fait que nous envisagions obtenir un amorçage perceptif similaire à celui observé par Marangolo et al. (1993), nous nous attendions à des temps de réponse plus courts pour discriminer la couleur de la cible lorsque la couleur typique du dessin était similaire par rapport à la condition où la couleur typique du dessin était différente. En effet, Marangolo et al. (1993) observent une facilitation des temps de réponse dans la condition congruente par rapport à la condition non congruente.

L'utilisation d'une telle procédure, nous permet de contrôler et de tester différents éléments. Premièrement, l'utilisation d'un paradigme d'amorçage, nous permet de tester avec plus de précision la prédiction de l'hypothèse simulationniste suivant laquelle la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception de la couleur *via* le recrutement de réseaux neuronaux en partie similaires. En effet, au lieu de présenter le stimulus à l'origine de la simulation et la couleur perçue simultanément ce qui pourrait maximiser une interaction simulation/perception, ces deux processus sont le résultat de deux stimuli consécutifs (i.e., dessins et rond de couleur). Deuxièmement, l'utilisation de dessins d'objets permet d'induire une simulation de la couleur résultante d'un accès conceptuel à l'objet possédant une couleur typique, contrairement à Richter et Zwaan (2009) qui n'utilisent que des noms de couleurs. Troisièmement, l'utilisation d'une tâche de détection chromatique (i.e., *2AFC*) permet aussi d'être sûr que l'influence de la simulation aura lieu à un niveau perceptif et non à un niveau

mnésique car à aucun moment la tâche perceptive n'implique l'accès à une teinte en mémoire. Enfin, cette expérience permet aussi d'éviter une critique importante souvent assénée aux différents travaux de neuro-imagerie s'intéressant à la simulation de la couleur : la possibilité de la mise en place d'une stratégie d'imagerie mentale lors des tâches conceptuelles utilisées (cf. section 2.2). Dans notre expérience, la mise en place d'une telle stratégie n'est pas envisageable compte tenu du *SOA* très court qui est utilisé. En effet, seulement 350 ms séparent l'apparition du dessin, censé induire une simulation, et l'apparition de la cible de couleur.

#### **4.1. Méthodologie**

*Participants.* Dix-neuf étudiants de Licence de Psychologie (Université Montpellier 3) ont participé à cette expérience et recevaient, en contre partie, une gratification (i.e., des points) comptant pour l'obtention de leur module de méthodologie. Il y avait 16 femmes et 3 hommes dont l'âge moyen était de 20,05 ans ( $\pm 1,36$ ). Tous les étudiants possédaient une vision normale ou corrigée et ont tous rapporté une vision normale des couleurs. Concrètement, nous demandions aux participants s'ils souffraient d'une quelconque pathologie de la perception des couleurs (e.g., daltonisme) et s'ils avaient été victimes d'un problème cérébral quelconque. L'objectif était de détecter les pathologies de la perception des couleurs aussi bien à un niveau périphérique (e.g., rétine) que central (e.g., lésions cérébrales). Dans le cas d'une réponse positive, les participants étaient écartés. De plus, nous avons réalisé un contrôle *a posteriori* des capacités perceptives des participants en excluant les participants qui avaient plus de 10% d'erreurs à la tâche de discrimination chromatique utilisée (i.e., tâche de catégorisation de la couleur)<sup>3</sup>.

*Matériel.* Nous avons utilisé 20 dessins au trait en noir et blanc déjà utilisés par Reilhac et Jiménez (2006), parmi lesquels une majorité provenait de la norme d'Alario et Ferrand (1999). Douze dessins ont été utilisés durant la phase test de l'expérience alors que huit ont été utilisés durant la phase de familiarisation. Parmi les douze dessins utilisés lors de la phase test, six appartenaient à la catégorie des animaux et étaient soit associés à la couleur jaune (i.e., une abeille, une girafe et un poussin), soit associés à la couleur verte (i.e., un crocodile, une grenouille et un lézard). Les six autres dessins appartenaient à la catégorie des fruits et légumes et étaient soit associés à la couleur jaune (i.e., une banane, un citron et un épi de maïs), soit à la couleur verte (i.e., un artichaut, un avocat et un pois). La moitié des huit dessins utilisés en phase de familiarisation appartenait aussi à la catégorie des animaux (i.e., un lion, un léopard, une sauterelle et une tortue) et l'autre moitié appartenait à la catégorie des fruits et légumes (i.e., un ananas, un abricot<sup>4</sup>, un kiwi et une salade). Les différents dessins présentés durant la phase test ont un consensus sur la couleur typique supérieur à 68% (cf. Annexe 1). Ce consensus résulte d'un pré-test réalisé par Reilhac et Jiménez (2006) au cours

<sup>3</sup> Nous avons utilisé la même règle d'exclusion pour l'ensemble des expériences de cette thèse. Néanmoins aucun participant ne sera exclu des traitements sur la base de ce contrôle (sauf dans l'expérience 7).

<sup>4</sup> Notons que malgré le fait que le dessin de l'abricot est associé à la couleur orange, nous l'avons utilisé en phase de familiarisation comme cela a été fait par Reilhac et Jiménez (2006).

duquel 200 participants devaient dire la première couleur qui leur venait spontanément à l'esprit lorsqu'ils voyaient le dessin. Le consensus représente le pourcentage de la population pré-testée ayant produit la couleur typique. Nous avons conservé ce matériel car Reilhac et Jiménez (2006) obtiennent une simulation automatique de la couleur dans leur expérience ce qui constitue notre objectif central. Cette automaticité de la simulation découle sans aucun doute de la manière dont le matériel a été sélectionné. En effet, Reilhac et Jiménez (2006) ont choisi des dessins ayant un consensus élevé et appartenant à une catégorie naturelle ce qui conduit à la sélection d'objets *HDC* pour lesquels la couleur semble tenir un rôle important dans la connaissance associée (Bramão, Reis, et al., 2011).

De plus, nous avons utilisé deux ronds colorés en guise de cible, un jaune ( $R = 255 ; V = 255 ; B = 0$ )<sup>5</sup> et un vert ( $R = 34 ; V = 163 ; B = 13$ ). Chaque rond mesurait 130 pixels de diamètre. Nous avons aussi utilisé un masque composé de 60 lignes de 17 étoiles noires (cf. Annexe 2).

*Procédure.* L'expérience se déroulait individuellement dans une salle uniquement éclairée par l'écran d'ordinateur utilisé pour l'expérience (i.e., ordinateur portable Aspire One D255, 1,66 GHz). L'expérience était pilotée à l'aide du logiciel E-Prime 2.0 (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). Chaque essai débutait par une croix de fixation noire au centre de l'écran qui apparaissait durant 250 ms. Ensuite, la croix était remplacée par un dessin au trait en noir et blanc qui restait à l'écran durant 150 ms. Immédiatement après, un masque apparaissait durant 100 ms, suivi d'un écran blanc qui durait aussi 100 ms. L'objectif du masque était d'éviter la rémanence du dessin à l'écran qui pourrait affecter la perception des cibles présentées ultérieurement. En conséquence, le *SOA* utilisé dans cette expérience est de 350 ms. Ensuite, un rond de couleur apparaissait au centre de l'écran jusqu'à la réponse du participant. Les participants devaient dire le plus rapidement possible si le rond était jaune ou vert (i.e., tâche de discrimination chromatique). Les touches de réponse situées à droite et à gauche du clavier (i.e., touches S et L) étaient contrebalancées entre les participants. De plus, l'ensemble des items étaient présentés sur un fond blanc.

Au cours de la phase test, les participants recevaient 24 essais dont 12 essais congruents : 6 dessins d'objets typiquement jaunes étaient suivis d'un rond cible jaune et 6 dessins d'objets typiquement verts étaient suivis d'un rond cible vert ; et 12 essais étaient non congruents : 6 dessins d'objets typiquement jaunes étaient suivis d'un rond cible vert et 6 dessins d'objets typiquement verts étaient suivis d'un rond cible jaune. Chaque dessin était présenté deux fois au cours de l'expérience, une fois dans une situation congruente et une fois dans une situation non congruente. En conséquence, le ratio essais congruents/essais non congruents était de 50/50. Lors de la phase de familiarisation, les participants recevaient 16 essais : 8 congruents et 8 non congruents. L'objectif de cette phase était d'habituer les participants à la procédure. La présentation des items était randomisée.

---

<sup>5</sup> Coordonnées des couleurs selon le modèle colorimétrique RVB (s'étendant de 0 à 255).

## 4.2. Résultats

Nous diviserons la présentation des résultats en trois sous parties. Dans une première partie, nous traiterons le taux d'erreurs. Nous nous attendons à observer moins d'erreurs dans la condition congruente par rapport à la condition non congruente. Dans une seconde partie, nous nous concentrerons sur les temps de réponse. Dans un troisième temps, nous comparerons les résultats obtenus à ceux de Marangolo et al. (1993) étant donné que nous nous attendons à observer un amorçage très similaire.

*Taux d'erreurs.* Nous avons exclu des traitements les réponses aux essais de la phase de familiarisation. Nous avons appliqué une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient toutes deux manipulées en intra-sujet. L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif. Pas d'effet principaux de la variable type de cibles [ $F(1, 18) = 0,45, p = ,51, \eta_p^2 = 0,02$ ], ni de la variable type d'amorces [ $F(1, 18) = 2,26, p = ,15, \eta_p^2 = 0,11$ ], ni d'interaction [ $F(1, 18) = 0,35, p = ,56, \eta_p^2 = 0,02$ ]. Sans doute que la tâche de discrimination chromatique est trop facile (taux d'erreur = 3,5%) pour qu'un effet de l'amorce puisse être mis en évidence.

*Temps de réponse.* Nous avons exclu les temps de réponse de la phase de familiarisation ainsi que les temps de réponse aux erreurs (3,5% des données). Pour information, le temps de réponse moyen aux erreurs est de 304,88 ms ( $\pm 100,10$ ). Comme précédemment, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient manipulées en intra-sujet. L'ANOVA n'a pas révélé d'effets principaux. Les temps de réponse pour catégoriser la cible verte ( $370,87 \pm 50,26$ )<sup>6</sup> ne diffèrent pas significativement des temps de réponse pour catégoriser la cible jaune ( $373,59 \pm 47,41$ ), [ $F(1, 18) = 0,14, p = ,71, \eta_p^2 = 0,00$ ]. Ce résultat a son importance car il montre que les couleurs sélectionnées pour la tâche de discrimination chromatique sont relativement équivalentes en ce qui concerne leur traitement perceptif. De plus, les temps de réponse pour catégoriser les cibles lorsqu'elles sont précédées d'une amorce typiquement verte ( $373,84 \pm 49,99$ ) ne diffèrent pas significativement du temps pour discriminer les cibles précédées d'une amorce typiquement jaune ( $370,62 \pm 47,67$ ), [ $F(1, 18) = 0,10, p = ,75, \eta_p^2 = 0,01$ ]. Ce résultat suggère que la couleur typique des amorces n'a pas d'influence générale sur la discrimination (e.g., rehausser l'attention). En revanche, l'ANOVA a révélé que l'interaction entre les deux variables est significative [ $F(1, 18) = 24,12, p < ,001, \eta_p^2 = 0,57$ ].

Afin de mieux saisir la nature de cette interaction, nous avons réalisé des comparaisons planifiées au cours desquelles nous avons comparé pour chaque cible (jaune et verte), les temps de réponse lorsque l'amorce est typiquement jaune et lorsque l'amorce est typiquement verte (cf. Figure 8). Les comparaisons révèlent que les temps de réponse pour catégoriser les cibles jaunes sont plus courts lorsque l'amorce est associée à la couleur jaune

---

<sup>6</sup> Les temps de réponse, exprimés en millisecondes, seront toujours présentés sous cette forme : moyenne  $\pm$  écart-type.

(357,68 ± 41,11) par rapport à la situation où l'amorce est associée à la couleur verte (389,51 ± 47,94), [F(1, 18) = 5,49,  $p < ,03$ ,  $\eta_p^2 = 0,23$ ]. *A contrario*, lorsque la cible est de couleur verte, les temps de réponse pour catégoriser les cibles jaunes sont plus longs lorsque l'amorce est associée à la couleur jaune (390,01 ± 52,79), par rapport à la situation où l'amorce est associée à la couleur verte (351,72 ± 39,15), [F(1, 18) = 11,99,  $p < ,003$ ,  $\eta_p^2 = 0,40$ ]. En d'autres termes, conformément à notre hypothèse les temps de réponse sont plus courts lorsque la couleur associée à l'amorce est similaire à la couleur de la cible par rapport à la situation où les deux couleurs sont différentes.

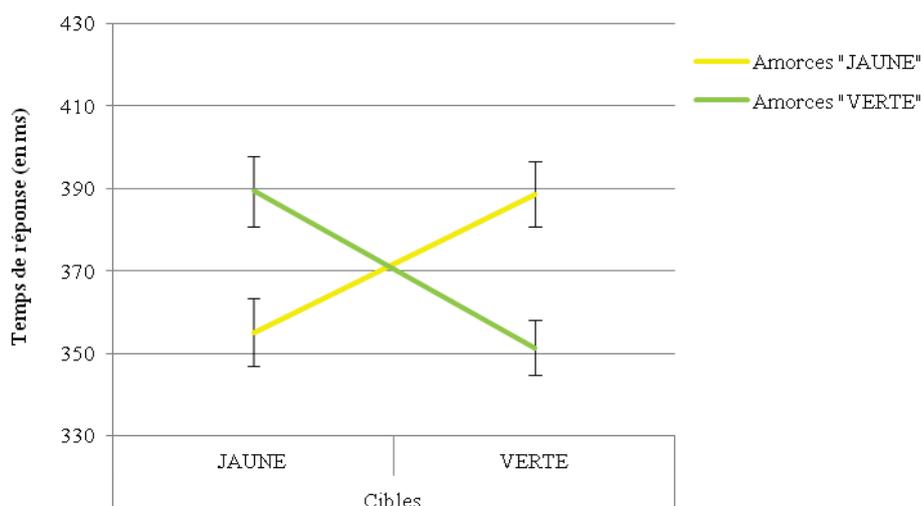


Figure 8. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 1, en fonction du type de cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

*Comparaisons.* Dans cette partie nous avons comparé nos résultats à ceux obtenus par Marangolo et al. (1993) qui observent un amorçage perceptif de la couleur en utilisant une tâche de discrimination chromatique comparable. En effet, comme nous nous attendons à un amorçage perceptif similaire à celui de Marangolo et al. (1993), nous devrions obtenir des résultats très similaires. Pour que nos résultats soient comparables, nous avons couplé ensemble les essais congruents (i.e., amorce jaune/cible jaune et amorce verte/cible verte) et nous avons aussi couplé ensemble des essais non congruents (i.e., amorce verte/cible jaune et amorce jaune/cible verte). En conséquence, nous n'obtenons plus qu'une seule variable manipulée intra-sujet : type d'essais (congruent vs. non congruent) comme Marangolo et al. (1993).

Comme précédemment, nous avons exclu les temps de réponse de la phase de familiarisation ainsi que les temps de réponse aux erreurs (3,5% des données). Dans un premier temps, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées avec la variable type d'essais (congruent vs. non congruent) manipulée en intra-sujet. L'ANOVA révèle une

différence significative entre les temps de réponse aux essais congruents ( $354,70 \pm 40,25$ ) et les temps de réponse aux essais non congruents ( $389,76 \pm 50,42$ ), [ $F(1, 37) = 16,39$ ,  $p < ,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,31$ ]. Ce résultat confirme l'ANOVA précédente. Dans un second temps, nous avons réalisé un test t de comparaison de moyennes à un standard. En effet, étant donné que nous n'avons pas accès aux temps de réponse par participants dans l'expérience de Marangolo et al. (1993), nous nous sommes uniquement basés sur les temps de réponse moyens rapportés dans son article (i.e., valeurs standards). Plus précisément, nous avons choisi les temps de réponse moyens que Marangolo et al. (1993) ont obtenu à l'expérience 2 dans la condition où le *SOA* est égal à 350 ms. L'objectif était de pouvoir comparer nos données à l'expérience de Marangolo et al. (1993) la plus proche de la notre. Dans l'expérience 2, le ratio essais congruents/essais non congruents était égal à 50/50 et le *SOA* était fixé à 350 ms comme nous. Concrètement, nous avons comparé la valeur moyenne que nous avons obtenue à la condition congruente avec la valeur obtenus par Marangolo et al. (1993, expérience 2) dans la condition congruente (i.e., standard) ainsi que la valeur moyenne que nous avons obtenue à la condition non congruente avec la valeur obtenue par Marangolo et al. (1993, expérience 2) dans la condition non congruente. Les résultats mettent en évidence que nos valeurs moyennes ne diffèrent pas significativement des valeurs obtenus par Marangolo et al. (1993, expérience 2) à la fois pour la condition congruente et non congruente (cf. Tableau I). Ce résultat suggère que nous avons obtenu des résultats très similaires à ceux de Marangolo et al. (1993) alors que les amorces utilisées ne sont pas colorées (i.e., dessins en noir et blanc).

Tableau I. Temps de réponse moyens (en ms  $\pm$  écart-type) dans l'expérience 1 et dans l'expérience 2 de Marangolo et al. (1993) ainsi que la valeur du t et du p pour chacune des comparaisons.

	<b>Condition congruente</b>	<b>Condition non congruente</b>
Expérience 1	354,70 ( $\pm$ 40,79)	389,76 ( $\pm$ 51,10)
Marangolo et al. (1993, expé. 2)	351	387
Test t	[t(37) = 0,56 ; p = ,58]	[t(37) = 0,33 ; p = ,74]

### 4.3. Discussion

L'objectif de cette première expérience était de mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception de la couleur. Pour cela, nous avons mis au point, sur la base des travaux de Reilhac et Jiménez (2006) et de Marangolo et al. (1993), une procédure originale dans laquelle des cibles colorées étaient amorcées *via* des dessins en noir et blanc représentant des objets associés à la même couleur ou associés à une couleur différente. L'idée sous jacente est que la perception de dessins en noir et blanc induirait une simulation de la couleur typique de l'objet représenté et devrait influencer la discrimination de la cible. Les résultats obtenus confirment cette hypothèse. En effet, les temps de réponse afin de discriminer la couleur des cibles sont plus courts lorsque les dessins amorces sont associés à la même couleur par rapport à la situation où ils sont

associés à une couleur différente. Et cela que la cible soit de couleur jaune ou de couleur verte. De manière complémentaire, la comparaison réalisée avec l'expérience 2 de Marangolo et al. (1993), très proche méthodologiquement de la nôtre, suggère que l'amorçage perceptif que nous avons obtenu est très similaire à l'amorçage perceptif obtenu par Marangolo et al. (1993, expérience 2). Ce résultat conforte l'idée que l'influence de la simulation de la couleur sur la perception est de nature perceptive.

De plus, notons que ce résultat est obtenu tout en palliant aux différentes limites des travaux antérieurs. Premièrement, étant donné que nous utilisons une tâche de discrimination chromatique durant laquelle la cible colorée reste à l'écran jusqu'à la réponse, ce travail s'assure que l'influence se situe effectivement à un niveau perceptif. En effet, rappelons que dans l'expérience de Richter et Zwaan (2009), les participants doivent comparer une cible colorée présente perceptivement avec une autre cible colorée vue au préalable et conservée en mémoire. Dès lors, il est impossible de déterminer si la simulation de la couleur influence la perception ou la conservation en mémoire de la première cible colorée. Dans notre expérience, la tâche perceptive choisie permet de s'assurer d'une influence au niveau perceptif. La seconde critique importante à laquelle est en mesure de répondre cette expérience concerne la mise en place d'une stratégie d'imagerie mentale de la couleur. En effet, dans notre expérience, étant donné que le *SOA* utilisée est très court (i.e., 350 ms) et qu'aucune tâche ne doit être réalisée sur les dessins amorces, il semble difficile de développer une telle stratégie contrairement aux travaux de neuro-imagerie qui utilisent des tâches conceptuelles plus complexes. De plus, l'utilisation de dessins d'objets associés à une couleur apporte deux informations supplémentaires. Premièrement, il est possible de simuler une couleur qui est associée avec un objet à un niveau conceptuel et que cette simulation est en mesure d'influencer la perception. En effet, contrairement à Richter et Zwaan (2009) qui utilisent des noms de couleur, dans notre expérience nous utilisons des objets dont le lien avec la couleur se situe à un niveau conceptuel. En d'autres termes, il est nécessaire de conceptualiser l'objet afin d'accéder à la couleur associée. Deuxièmement et en cohérence avec le résultat de Reilhac et Jiménez (2006), cette expérience permet de mettre en évidence la possibilité de simuler la couleur alors que des dessins d'objets en noir et blanc sont utilisés. L'observation d'une influence alors que nous utilisons des dessins d'objets liés à une couleur à un niveau conceptuel est d'ailleurs en totale cohérence avec les travaux démontrant (i) une influence de la couleur sur la reconnaissance (Oliva & Schyns, 2000; Tanaka & Presnell, 1999; Theriault, et al., 2009) et (ii) une influence des objets dessinés sur la perception des couleurs (Mitterer & de Ruiter, 2008; Olkkonen, et al., 2008). Effectivement, dans ces travaux, les auteurs mettent en évidence une influence alors que des dessins sont utilisés et que le lien connaissance/couleur se situe à un niveau conceptuel. Enfin, cette première expérience est aussi importante car elle démontre une possible influence des connaissances sur la perception de la couleur alors que ces deux éléments ne sont pas présentés simultanément. Rappelons que, dans l'ensemble de travaux antérieurs, couleur et connaissance étaient présentées simultanément *via* l'utilisation d'un seul stimulus (e.g., un dessin en couleur). Or l'approche simulationniste défend la possibilité qu'une telle influence puisse se produire alors que simulation et perception sont réalisées avec un léger décalage puisque l'influence entre ces deux fonctions résulterait du recouvrement de réseaux

neuronaux en partie similaires. Une telle démonstration renforce d'autant l'approche simulationniste.

Enfin, nous observons des temps de réponse dans la condition congruente plus courts que dans la condition incongruente, ce qui conforte les modèles proactifs de la perception (Bar, 2009; Barsalou, 2009; Zwaan, 2008). En effet, l'avantage dans la condition congruente est totalement cohérent avec cette conception de la perception qui défend que la simulation d'une couleur faciliterait la perception d'une couleur similaire. Néanmoins sans condition contrôle un tel avantage de la condition congruente peut s'expliquer de trois manières différentes pas toutes cohérentes avec l'approche proactive de la perception. En effet, il est impossible de savoir si l'effet observé résulte d'une facilitation dans la condition congruente (i.e., approche proactive), d'un ralentissement dans la condition non congruente, voire des deux effets couplés. Dans le but de palier cette limite, nous avons réalisé une seconde expérience similaire à la première où nous avons ajouté une condition contrôle.

### **Résumé de l'expérience 1**

Cette première expérience testait la possibilité suivant laquelle la simulation de la couleur pourrait influencer la perception de la couleur. Pour cela, nous avons utilisé une procédure d'amorçage. Les amorces utilisées étaient des dessins en noir et blanc d'objets fortement associés à une couleur jaune ou verte. Cette phase était censée induire une simulation de la couleur associée. Ensuite, une cible colorée apparaissait au centre de l'écran et les participants devaient dire si cette cible était jaune ou verte. Les résultats mettent en évidence une influence de la couleur simulée sur la couleur perçue conformément à l'hypothèse simulationniste. De plus, la similarité de nos résultats avec ceux de Marangolo et al. (1993, expérience 2) conforte l'idée que l'amorçage obtenu est bien de nature perceptivo.

## **EXPERIENCE 2**

### **Le caractère proactif de la perception**

Cette seconde expérience a pour but de déterminer la nature exacte de l'effet observé dans l'expérience précédente : facilitation dans la condition congruente, ralentissement dans la condition non congruente ou cumul de ces deux effets. Pour cela, nous avons ajouté une amorce sans signification afin de connaître les temps de réponse moyens pour discriminer la couleur des cibles alors que l'amorce n'induit pas de simulations de la couleur. Nous prédisons des temps de réponse plus courts dans la condition congruente par rapport à la condition contrôle et à la condition non congruente. Une telle attente est cohérente avec les conceptions proactives de la perception (Bar, 2009; Barsalou, 2009; Zwaan, 2008) qui envisagent une influence positive de la simulation sur la perception. De plus, une telle attente est cohérente avec les résultats de Marangolo et al. (1993, expérience 2). En effet, grâce à une condition contrôle, ils mettent en évidence que l'amorçage résulte uniquement d'une facilitation dans la condition congruente. Etant donné que l'effet observé dans notre première expérience est censé être un amorçage perceptif de nature similaire, la même attente peut être développée quant à la nature exacte de l'effet.

#### **5.1. Méthodologie**

*Participants.* Vingt étudiants, 14 femmes et 6 hommes, de Licence de Psychologie (Université Montpellier 3) ont participé volontairement à cette expérience. L'âge moyen était de 20,95 ans ( $\pm 2,16$ ). Comme précédemment, l'ensemble des étudiants possédaient une vision normale ou corrigée et ont tous rapporté une vision des couleurs normale (testée de la même manière que dans l'expérience 1).

*Matériel et procédure.* Les stimuli et la procédure utilisés sont identiques à l'expérience 1. Nous avons uniquement ajouté une amorce sans signification en guise de condition contrôle. L'amorce était composée de trois #, présentés en noir, qui apparaissaient au centre de l'écran (cf. Annexe 2). Nous avons choisi une telle amorce comportant des traits noirs, afin que le traitement perceptif appliqué sur cette amorce soit relativement similaire au traitement perceptif appliqué sur les dessins, eux-mêmes composés d'un trait noir. Ce souci résulte de la nécessité de ne pas biaiser le traitement dans le cas de la condition contrôle (voir McNamara, 2005 pour une discussion approfondie du choix de la condition contrôle dans l'amorçage). Cette amorce est apparue douze fois durant la phase test : six fois suivie d'une cible jaune et six fois suivie d'une cible verte. Cette amorce est aussi apparue huit fois au cours de la phase de familiarisation. Ainsi, le nombre de fois que l'amorce contrôle a été présentée correspond

au nombre de fois qu'une amorce associée à la couleur jaune, ou associée à la couleur verte, a été présentée.

## 5.2. Résultats

*Taux d'erreurs.* Les réponses aux essais de la phase de familiarisation n'ont pas été prises en compte. Nous avons utilisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. contrôle vs. verte) étaient manipulées en intra-sujet. A nouveau, l'ANOVA ne révèle aucun effet significatif : pas d'effet principal de la variable type de cibles [ $F(1, 19) = 0,63, p = ,44, \eta_p^2 = 0,03$ ], ni de la variable type d'amorces [ $F(2, 38) = 0,29, p = ,75, \eta_p^2 = 0,01$ ], ni d'interaction [ $F(2, 38) = 1,29, p = ,29, \eta_p^2 = 0,06$ ]. Comme dans l'expérience 1, cette absence d'effet résulte sans doute de la facilité à réaliser la tâche de discrimination chromatique (taux d'erreur = 3,7%).

*Temps de réponse.* Nous avons exclu les temps de réponse de la phase de familiarisation ainsi que les temps de réponse aux erreurs (3,7% des données). Le temps de réponse moyen aux erreurs est de 332,19 ms ( $\pm 109,24$ ). Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. contrôle vs. verte) étaient manipulés en intra-sujet. L'ANOVA n'a pas révélé d'effet principal de la variable type de cibles comme dans l'expérience 1. La différence entre les temps de réponse pour catégoriser la cible verte ( $416,53 \pm 80,37$ ) et les temps de réponse pour catégoriser la cible jaune ( $403,37 \pm 70,96$ ) ne diffèrent pas significativement, [ $F(1, 19) = 2,39, p = 0,14, \eta_p^2 = 0,11$ ]. L'ANOVA ne révèle pas non plus de différence significative en ce qui concerne la variable type d'amorces [ $F(2, 38) = 1,40, p = ,26, \eta_p^2 = 0,07$ ]. Ce résultat est important car il suggère que l'amorce sans signification choisie pour la condition contrôle n'influence pas la discrimination chromatique différemment des dessins amorces. En outre, l'ANOVA a révélé que l'interaction entre les deux variables est significative [ $F(2, 38) = 10,77, p < ,001, \eta_p^2 = 0,36$ ], (cf. Figure 9).

Les comparaisons planifiées révèlent que dans le cas où les participants catégorisaient les cibles jaunes, les temps de réponse sont plus courts lorsque l'amorce est « jaune » ( $378,48 \pm 61,20$ ), par rapport à la situation où l'amorce est « verte » ( $422,87 \pm 71,54$ ), [ $F(1, 19) = 11,57, p < ,003, \eta_p^2 = 0,38$ ]. Il en est de même lorsque l'amorce est « jaune » par rapport à la situation contrôle ( $408,66 \pm 72,19$ ), [ $F(1, 19) = 4,67, p < ,04, \eta_p^2 = 0,20$ ]. En revanche, la différence entre les temps de réponse lorsque l'amorce est « verte » et les temps de la condition contrôle n'est pas significative, [ $F(1, 19) = 0,69, p = ,42, \eta_p^2 = 0,03$ ]. Inversement, dans le cas où les participants catégorisaient les cibles vertes, les temps de réponse sont plus courts lorsque l'amorce est « verte » ( $388,15 \pm 52,63$ ), par rapport à la situation où l'amorce est « jaune » ( $429,96 \pm 74,79$ ), [ $F(1, 19) = 16,83, p < ,001, \eta_p^2 = 0,47$ ]. Nous observons un effet identique lorsque l'amorce est « verte » par rapport à la situation contrôle ( $431,47 \pm 99,02$ ), [ $F(1, 19) = 7,76, p < ,01, \eta_p^2 = 0,29$ ]. En revanche, la différence entre les temps de

réponse lorsque l'amorce est «jaune» et les temps de la condition contrôle n'est pas significative,  $[F(1, 19) = 0,01, p = ,91, \eta_p^2 = 0,00]$ . Cet ensemble de résultats suggèrent, conformément à notre hypothèse, que les temps de réponse sont plus courts dans la condition où les cibles sont d'une couleur identique à la couleur associée à l'amorce par rapport à la condition contrôle et par rapport à la condition où la couleur des cibles et la couleur des amorces sont différentes.

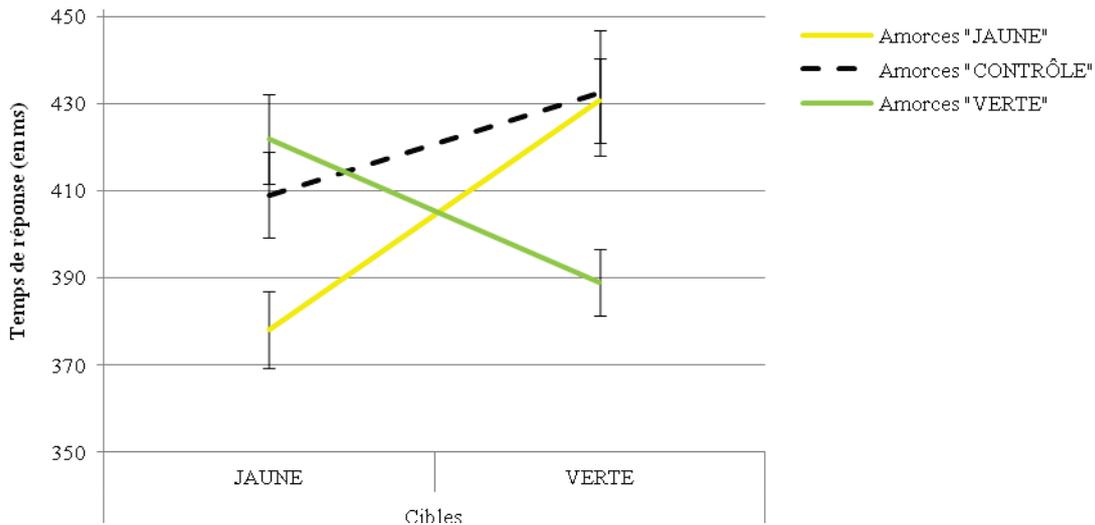


Figure 9. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 2, en fonction du type de cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte vs. contrôle). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

### 5.3. Discussion

Le but de cette seconde expérience était de déterminer si l'effet d'amorçage obtenu dans la première expérience était imputable à une facilitation dans la condition congruente, à un ralentissement dans la condition non congruente ou à un cumul de ces deux effets. Au regard des résultats de Marangolo et al. (1993, expérience 2) et des théories proactives de la perception (Bar, 2009; Barsalou, 2009; Berthoz, 1998; Zwaan, 2008), nous nous attendions uniquement à une facilitation dans la condition congruente par rapport à la condition contrôle. Conformément à cette hypothèse, les résultats mettent en évidence uniquement une facilitation dans la condition où la couleur de la cible et celle de l'amorce sont similaires et cela que la couleur de la cible soit verte ou jaune.

Ce résultat, outre qu'il permet de répliquer l'effet obtenu dans la première expérience, vient appuyer différentes idées. Premièrement, il appuie à nouveau l'idée que la simulation de la couleur influence la perception de la couleur. Ensuite, ce résultat à l'instar de celui de la première expérience, suggère aussi une forte similarité entre l'amorçage obtenu et celui observé par Marangolo et al. (1993, expérience 2). En effet, alors que nous utilisons encore

une fois des dessins noir et blanc représentant des objets avec une couleur typique, nous observons un pattern de résultats similaire : facilitation des temps de réponse uniquement dans la situation congruente. Cette similarité avec les résultats de Marangolo et al. (1993) renforce l'idée suivant laquelle l'amorçage obtenu est de nature perceptive. Enfin, ce résultat milite en faveur d'une approche proactive de la perception. En effet, une facilitation dans la condition congruente, confirme la prédiction des modèles proactifs défendant l'idée que la simulation permet l'anticipation (Bar, 2009; Barsalou, 2009; Berthoz, 1998; Zwaan, 2008). Cette forme d'anticipation sensorielle permettrait de préparer le système cognitif à effectuer certains traitements de manière plus rapide et/ou plus efficiente. Dans le cadre de cette seconde expérience, la simulation de la couleur semble préparer l'organisme à discriminer la couleur simulée et en améliore la vitesse de traitement (gain moyen = 36,75 ms ± 64,72).

Malgré l'apport de cette expérience à notre thèse, une critique peut être développée quant au matériel utilisé en amorce afin de permettre la simulation de la couleur. Dans nos deux premières expériences, nous utilisons des dessins en noir et blanc d'objets fortement associés à une couleur en mémoire. Il est possible que l'utilisation de tels dessins puisse favoriser le recours à une simulation visuelle impliquant une simulation de la couleur. Une telle critique trouve sa pertinence dans l'opposition entre les travaux de Reilhac et Jiménez (2006) et celui de Yee et al. (2012). Rappelons que ces deux travaux ont pour objectifs de démontrer la possibilité d'amorcer un traitement conceptuel sur une cible (i.e., catégorisation) alors qu'une amorce représentant un objet associé à la même couleur typique précède la cible. Reilhac et Jiménez (2006) qui utilisent des images observent un tel amorçage, alors que Yee et al. (2012), qui utilisent des mots au lieu d'images, n'observent un tel effet que lorsque les participants réalisent une tâche Stroop juste avant, permettant de focaliser l'attention des participants sur la couleur. Sans le recours à une telle tâche, Yee et al. (2012) n'observent pas d'amorçage. Même s'il est possible d'expliquer une telle divergence de résultats par une divergence au niveau de la sélection du matériel, cette opposition pourrait aussi s'expliquer par la divergence au niveau des stimuli utilisés. En effet, Reilhac et Jiménez (2006) ont utilisé des dessins alors que Yee et al. (2012) ont utilisé des mots. En conséquence, il est possible que la simulation de la couleur dans le cas d'images d'objets fortement associés à une couleur favorise le recours automatique à une simulation de la couleur alors que cela n'est pas le cas lors de l'utilisation de mots désignant des objets similaires. En conséquence, dans nos deux premières expériences, l'utilisation de dessins pourrait maximiser le recours à une simulation de la couleur. Afin de répondre à cette critique nous allons, dans une troisième expérience, tester la possibilité d'obtenir un amorçage identique alors que des mots désignant des objets fortement associés à une couleur sont utilisés en amorce.

### **Résumé de l'expérience 2**

Cette seconde expérience avait pour objectif de déterminer si l'influence observée dans la première expérience résulte d'une facilitation dans la condition congruente, d'un ralentissement dans la condition non congruente ou des deux. A cette fin, nous avons repris la même procédure que l'expérience 1, excepté que nous avons ajouté une amorce contrôle qui n'implique pas de simulation de la couleur. Le but était de connaître les temps de

discrimination des cibles sans influence. Les résultats obtenus suggèrent que l'effet d'amorçage obtenu résulte d'une facilitation dans la condition congruente, ce qui appuie l'idée du caractère proactif de la perception.

## **EXPERIENCE 3**

### **Amorçage perceptif *via* des mots désignant des objets possédant une couleur typique**

Nos deux premières expériences ont permis de démontrer la possibilité d'un amorçage perceptif de la couleur alors que la phase d'amorçage implique une simulation de la couleur. Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse simulationniste. Néanmoins, il est possible que dans ces deux expériences l'utilisation d'images en guise d'amorces puisse faciliter le recours à une simulation visuelle de la couleur. En effet, les images étant déjà fortement associées à une représentation perceptive, il se peut qu'un tel format facilite la mise en place d'une simulation visuelle y compris une simulation de la couleur. Dans cette troisième expérience, nous allons essayer de répliquer l'effet d'amorçage obtenu dans les deux premières expériences en utilisant des mots en amorce désignant des objets possédant une couleur typique. A l'inverse des images qui se trouvent sous un format pictographique très similaire à une représentation visuelle, les mots n'entretiennent pas un tel lien analogique avec une représentation visuelle. En conséquence, les mots ne devraient pas permettre le recours privilégié à une simulation visuelle contrairement aux images.

En dépit des résultats de Yee et al. (2012) qui suggèrent que la simulation de la couleur ne semble pas automatique lors de la lecture de mots, différents travaux, déjà présentés, suggèrent que la simulation de la couleur se produit aussi bien lors de la perception de dessins que lors de la lecture de mots. En effet, parmi les travaux suggérant que la simulation de la couleur utilise un réseau neuronal en partie similaire à celui de la perception, la grande majorité a utilisé des stimuli verbaux (e.g., Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Kellenbach, et al., 2001; Martin, et al., 1995; Oliver & Thompson-Schill, 2003; Simmons, et al., 2007). Néanmoins, ces travaux nécessitaient de la part des participants de réaliser des tâches conceptuelles plus ou moins complexes sur les mots pouvant aboutir à des stratégies d'imagerie mentale. Il est donc possible que la simple lecture d'un mot n'implique pas l'activation d'un tel réseau. Cette conclusion est néanmoins peu probable compte tenu des travaux concernant l'influence des connaissances sur la perception des couleurs qui ont mis en évidence une telle influence à l'aide de mots, en particulier à travers la procédure du Stroop sémantique (Naor-Raz, et al., 2003; Yee, et al., 2012) qui permet de palier à la critique de l'imagerie mentale. En conséquence, ces résultats laissent suggérer que la lecture de mots peut induire une simulation de la couleur. Cette idée est d'ailleurs cohérente avec les travaux de Pulvermüller (2001, 2003, 2010) qui appuient l'idée que la compréhension du langage implique aussi un processus de simulation. Sur la base de ces différents arguments, nous nous attendons à observer un amorçage identique à celui obtenu dans les deux premières expériences alors que les amorces sont des mots désignant des objets possédant une couleur typique.

## **6.1. Méthodologie**

*Participants.* Vingt étudiants, dont 18 femmes, de Licence de Psychologie (Université Montpellier 3) ont participé volontairement à cette expérience. L'âge moyen était de 20,84 ans ( $\pm 1,72$ ). L'ensemble des participants avaient une vision normale ou corrigée et ont tous rapporté avoir une vision des couleurs normale. De plus, tous les participants avaient pour langue maternelle le français.

*Matériel et procédure.* Dans cette troisième expérience, nous nous sommes contenté de remplacer les dessins d'objets possédants une couleur typique par les noms de ces mêmes objets : ABEILLE, GIRAFE, POUSSIN, CITRON, BANANE, MAÏS, CROCODILE, GRENOUILLE, LÉZARD, ARTICHAUT, AVOCAT et POIS (cf. Annexe 1). De plus, au niveau de la procédure, il était demandé aux participants de brièvement lire « dans leur tête » les mots amorces présentés. Mis à part ces modifications, le matériel comme la procédure sont identiques en tout point au matériel et à la procédure de l'expérience 1.

## **6.2. Résultats**

*Taux d'erreurs.* Les réponses aux essais de la phase de familiarisation ont été exclues de l'analyse. Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient manipulées en intra-sujet. L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif, ni d'effet principal de la variable type de cibles [ $F(1, 18) = 0,09$ ,  $p = ,77$ ,  $\eta_p^2 = 0,00$ ], ni de la variable type d'amorces [ $F(1, 18) = 0,81$ ,  $p = ,38$ ,  $\eta_p^2 = 0,04$ ], et ni d'interaction [ $F(1, 18) = 1,31$ ,  $p = ,27$ ,  $\eta_p^2 = 0,06$ ].

*Temps de réponse.* Les temps de réponse de la phase de familiarisation ainsi que les temps de réponse aux erreurs (2,6% des données) ont été exclus des analyses. Le temps de réponse moyen aux erreurs est de 337,31 ms ( $\pm 86,28$ ). Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient manipulées en intra-sujet. L'ANOVA révèle que l'effet principal de la variable type de cibles approche le seuil de significativité. Les temps de réponse pour catégoriser la cible verte ( $398,91 \pm 61,55$ ) ne diffèrent pas significativement des temps de réponse pour catégoriser la cible jaune ( $413,80 \pm 73,63$ ), [ $F(1, 18) = 4,08$ ,  $p = 0,06$ ,  $\eta_p^2 = 0,18$ ]. L'ANOVA ne révèle pas de différence significative en ce qui concerne la variable type d'amorces. Les temps de réponse lorsque l'amorce est verte ( $410,12 \pm 61,83$ ) ne diffèrent pas significativement des temps de réponse lorsque l'amorce est jaune ( $401,60 \pm 61,83$ ), [ $F(1, 18) = 1,23$ ,  $p = ,28$ ,  $\eta_p^2 = 0,06$ ]. Par contre, l'ANOVA a révélé que l'interaction entre les deux variables est significative [ $F(1, 18) = 58,07$ ,  $p < ,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,76$ ], (cf. Figure 10).

Les comparaisons planifiées réalisées révèlent que les temps de réponse pour catégoriser les cibles jaunes sont plus courts lorsque l'amorce est associée à la couleur jaune ( $383,19 \pm 60,80$ ) par rapport à la situation où l'amorce est associée à la couleur verte ( $444,42$

$\pm 72,61$ ),  $[F(1, 18) = 30,15, p < ,001, \eta_p^2 = 0,63]$ . Par contre, lorsque les cibles sont de couleur verte, les temps de réponse sont plus longs lorsque l'amorce est associée à la couleur jaune ( $422,01 \pm 56,54$ ) par rapport à la situation où l'amorce est associée à la couleur verte ( $375,82 \pm 57,55$ ),  $[F(1, 18) = 31,99, p < ,001, \eta_p^2 = 0,64]$ .

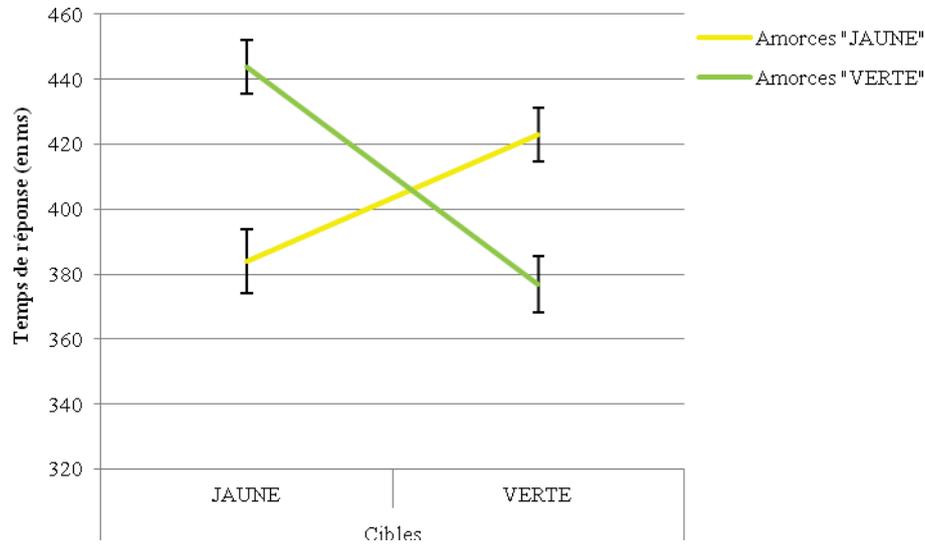


Figure 10. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 3, en fonction du type de cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

### 6.3. Discussion

Cette troisième expérience poursuivait un double objectif. Tout d'abord, tester l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de dessins pourrait maximiser le recours à une simulation visuelle dont la simulation de la couleur. Ensuite étendre les résultats de l'expérience 1 alors que les amorces étaient des mots désignant des objets possédant une couleur typique. Les résultats obtenus démontrent un amorçage identique à celui obtenu dans les expériences 1 et 2 : des temps de réponse plus courts lorsque la couleur associée à l'amorce est similaire à la couleur de la cible. Ce résultat suggère, dans un premier temps, que la critique suivant laquelle l'amorçage obtenu dans les expériences 1 et 2 pourrait résulter uniquement de l'utilisation d'images ayant tendance à maximiser le recours à une simulation de la couleur, n'est pas justifiée. De plus, le résultat obtenu renforce l'idée que la lecture de mots désignant des objets possédant une couleur typique implique une simulation de la couleur influençant la perception de la couleur, comme cela avait déjà été suggéré par différents travaux (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Kellenbach, et al., 2001; Martin, et al., 1995; Naor-Raz, et al., 2003; Oliver & Thompson-Schill, 2003; Simmons, et al., 2007; Yee, et al., 2012). Notons néanmoins que notre méthodologie permet de palier la possibilité d'avoir recours à une stratégie d'imagerie mentale de la couleur. En effet, parmi les travaux utilisant la neuro-imagerie par exemple, les

deux principaux (Hsu, et al., 2012; Simmons, et al., 2007) ont recours à des tâches conceptuelles complexes impliquant sans doute le recours à une forme d'imagerie mentale. Une telle interprétation est renforcée par le fait que la tâche de comparaison mentale des couleurs utilisée par Hsu et al. (2012) est aussi utilisée afin de déterminer les capacités d'imagerie mentale de la couleur (e.g., Bartolomeo, et al., 1997; De Vreese, 1991). Dans notre expérience, l'utilisation d'un *SOA* court (i.e., 350 ms) et le fait que les participants doivent simplement lire les mots amorces sans effectuer de tâches conceptuelles complexes ne devrait pas favoriser le recours à l'imagerie mentale. Dès lors nous pouvons avancer que la simulation de la couleur est un processus automatique même lors de la lecture de mots.

Une telle conclusion est intéressante compte tenu de l'opposition de résultats entre les travaux de Reilhac et Jiménez (2006) et de Yee et al. (2012). En effet, nous avons développé l'idée que Yee et al. (2012) n'observent pas d'amorçage sémantique lorsqu'ils utilisent des mots car les mots n'impliqueraient pas une simulation automatique de la couleur alors que les images impliquerait une telle automaticité. Que nous ayons observé une simulation de la couleur dans cette troisième expérience, alors que nous avons utilisé des mots, nous conduit à penser que les résultats contradictoires de Reilhac et Jiménez (2006) et de Yee et al. (2012) ne trouvent pas leur origine dans la nature des amorces utilisées (i.e., images *vs.* mots). L'explication consistant à imputer cette inconsistance de résultats à la divergence quant à la manière de sélectionner le matériel, en particulier au niveau de la force d'association avec une couleur, s'en trouve ainsi renforcée.

Pour terminer, le résultat obtenu dans cette troisième expérience est cohérent avec l'approche théorique de la compréhension du langage adoptée par Pulvermüller (2001, 2003, 2010). Suivant cette approche, la compréhension d'éléments langagiers implique un processus automatique de simulation des attributs sensorimoteurs. Plus précisément, la simple lecture de mots impliquerait l'activation automatique de réseaux neuronaux représentant les référents des mots. Ces divers patterns seraient distribués sur l'ensemble du cerveau dont les aires sensorielles et motrices. En conséquence, suivant cette approche la lecture de mots désignant des objets fortement associés à une couleur devrait impliquer les structures neuronales aussi utilisées dans la perception de la couleur, ce qui permet d'attendre l'influence que nous avons observée.

### **Résumé de l'expérience 3**

Cette troisième expérience avait pour objectif de palier la limite des deux premières expériences suivant laquelle l'utilisation d'images pourrait maximiser le recours à une simulation de la couleur. En conséquence, nous avons répliqué la première expérience en remplaçant, les amorces images par des mots désignant les mêmes objets. Les résultats montrent un amorçage identique à celui obtenu dans la première expérience, ce qui va dans le sens d'une simulation automatique de la couleur avec un matériel ne favorisant pas spécialement le recours à une simulation visuelle.

## **OPTIMISATION DU MATERIEL VERBAL**

Pour palier à la critique suivant laquelle la perception d'un matériel imagé (i.e., dessins) pourrait favoriser l'utilisation d'une simulation visuelle impliquant la couleur, nous avons eu recours à un matériel verbal. Comme les prochaines expérimentations de cette thèse vont utiliser un matériel verbal nous avons voulu optimiser le matériel que nous allons utiliser. Dans l'expérience 3, nous nous sommes contentés d'utiliser des mots qui désignaient les objets dans les deux premières expériences sans d'autres contrôles. Or deux critiques, au moins, pourraient être portées à cette option méthodologique. La première se situe à un niveau linguistique, en effet de nombreuses variables linguistiques pourraient venir influencer les résultats, comme la fréquence ou le nombre de lettres. D'où la nécessité de contrôler ces facteurs. En réalité, étant donné que nous manipulons nos variables (i.e., type de cibles et type d'amorces) en intra-sujet, ces différents facteurs sont contrôlés car pour un même participant chaque mot passe dans les conditions congruente et non congruente. Ainsi en aucune manière, des variables comme la fréquence ou le nombre de lettres pourraient venir influencer la différence observée entre nos conditions. La seule influence que pourrait avoir ces variables concernerait le temps d'identification des mots lorsqu'ils apparaissent à l'écran. En effet, des mots longs nécessitant des temps d'identification importants pourraient être difficilement identifiés durant les 150 millisecondes imparties (e.g., grenouille ; voir Ferrand, et al., 2010). Ainsi, sans contrôle, il se peut que certains mots n'aient pu être identifiés, et donc n'aient pas pu induire une influence sur la perception (sans identification pas de simulation). La seconde critique porte sur la simulation de la couleur. En effet rien ne garantit que la couleur évoquée par des images soit identique à la couleur évoquée par les mots représentant les mêmes objets. Par exemple, si nous comparons la couleur évoquée par le mot « kiwi » à celle évoquée par le dessin du kiwi que nous avons utilisé dans nos premières expériences, nous remarquons que la représentation graphique du kiwi (i.e., coupé en deux) favorise l'évocation de la couleur verte. En revanche, la lecture du mot kiwi peut très bien induire une simulation dans laquelle le kiwi n'est pas coupé en deux. En conséquence, seule la couleur marron pourrait être simulée dans ce cas. Il en est de même pour « l'avocat » (cf. Figure 11). De plus, certains objets auraient pu être nommés différemment comme le dessin d'un crocodile (cf. Figure 11). Nous avons choisi « crocodile » mais « alligator » aurait pu aussi convenir. Nous pouvons faire la même remarque à propos de la grenouille qui aurait pu être nommée « crapaud » ou encore la salade qui aurait pu être nommée « chou » ou « laitue » (cf. Figure 11). Par conséquent, il est tout à fait envisageable que les noms que nous avons choisis pour désigner les mêmes objets n'évoquent pas la même couleur que celle évoquée par les dessins (ou que la force d'association entre l'objet et sa couleur soit moins différente).

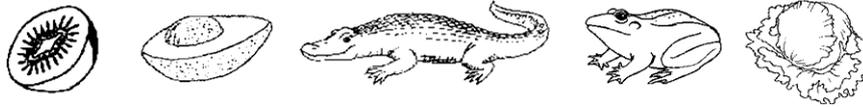


Figure 11. Représentations graphiques d'objets utilisées dans les expériences 1 et 2 qui pourraient impliquer la simulation d'une couleur différente (ou impliquer une force d'association différente) lorsqu'elles sont remplacées par leur représentant langagier.

Pour palier ces deux critiques et pour optimiser le matériel que nous utiliserons dans les prochaines expériences, nous allons réaliser une sélection plus contrôlée du matériel en nous basant sur deux informations différentes. La première information est le degré d'accord à propos de la couleur évoquée explicitement par les mots (i.e., évaluation explicite). Pour obtenir cette information, nous avons réalisé une étude qui consistait à demander à un ensemble de participants la couleur qui leur venait spontanément à l'esprit lorsqu'ils lisaient les mots. Nous avons choisi cette méthode pour deux raisons. Premièrement, elle est dans la continuité des expériences de Reilhac et Jiménez (2006) qui ont utilisé la même méthodologie afin de connaître la couleur évoquée par les images. Deuxièmement, compte tenu des travaux sur la reconnaissance d'objets, cette méthode de production semble la plus appropriée afin de connaître la force d'association entre l'objet et sa couleur typique (Bramão, Reis, et al., 2011). La seconde information à laquelle nous avons eu recours est basée sur les résultats de notre 3<sup>ème</sup> expérience. Alors que la méthodologie précédente apporte une information explicite sur la couleur évoquée par les mots, les résultats de notre 3<sup>ème</sup> expérience apportent une information implicite. En effet, cette expérience montre que la perception d'un mot en lien avec une couleur facilite la perception d'un stimulus de couleur congruente. Si nous prenons le problème à l'envers, observer une facilitation pour un mot donné suggère que ce mot est associé à la couleur pour laquelle la perception est facilitée. C'est pour cette raison que la seconde information sur laquelle nous baserons notre sélection est la présence ou non d'une différence significative entre la condition congruente et non congruente pour chaque mot utilisé dans l'expérience 3. Par exemple, si le mot « GRENOUILLE » implique une différence significative entre les deux conditions, cela signifie que la couleur verte lui est associée puisqu'elle influence la perception ultérieure de cette couleur. Par contre, si aucune différence significative n'est révélée par le traitement statistique, cela signifie que la couleur verte n'est pas associée au mot GRENOUILLE et c'est pour cette raison qu'aucun impact sur la perception n'apparaît. De plus, il faut noter que la présence ou non d'une différence significative nous renseigne aussi sur l'impact des variables linguistiques sur l'identification des mots. En effet, dans le cas où la différence est significative, nous sommes sûrs que l'identification du mot a eu lieu puisque la signification du mot influence la perception. Par contre, dans le cas où la différence n'est pas significative, alors il est possible que l'identification n'ait pas eu lieu. Ainsi, sélectionner des mots pour lesquels une différence significative est présente, nous assure à la fois que le mot a été identifié et qu'il est associé à une couleur. En conséquence, nous obtiendrons deux informations à propos de la couleur évoquée par les mots, une plutôt explicite et l'autre plutôt implicite, nous permettant une sélection optimale de notre matériel pour nos prochaines expériences.

### 7.1. Evaluation explicite de la couleur évoquée par les mots

L'objectif de cette première évaluation est de posséder des données explicites sur le lien entre les objets désignés par les mots à la couleur typique qui est censée leur être associée.

*Participants.* 124 étudiants (dont 86 filles) de L2 de Psychologie (Université Montpellier 3) ont participé volontairement à cette évaluation à la fin d'un cours en amphithéâtre. L'âge moyen des participants est de 21,22 ans ( $\pm 5,38$ ). Tous les participants ont rapporté avoir une vision des couleurs normale et ont tous pour langue maternelle le français.

*Matériel.* Un corpus de 132 mots appartenant à des catégories diverses (e.g., animaux, végétaux, artefacts), qui semblaient *a priori* évoquer une couleur typique, ont été sélectionnés à partir de la norme de Bonin, Peereman, Malardier, Méot et Chalard (2003). Parmi, ces 132 mots se trouvaient les 20 mots utilisés dans l'expérience 3. Il faut remarquer que le but de la constitution d'un tel corpus était double : (i) posséder une norme sur les 20 mots que nous avons utilisés mais aussi (ii) posséder une norme plus importante à propos de la couleur évoquée par d'autres mots.

*Procédure.* Les participants étaient subdivisés en deux groupes équivalents de 62 étudiants. Chaque participant recevait un ensemble de feuilles sur lesquelles étaient inscrits 66 mots ainsi que la consigne. Cette dernière invitait les participants à réaliser successivement deux tâches pour chaque mot. Premièrement, les participants devaient imaginer l'objet désigné et dire quelle couleur leur venait à l'esprit spontanément. L'objectif de cette tâche est d'obtenir pour chaque mot un degré d'accord sur la couleur pour l'ensemble des participants. Deuxièmement, les participants devaient estimer la quantité de la couleur sur l'objet à l'aide d'une échelle en 6 points : 1 pour la couleur est partiellement présente et 6 pour la couleur recouvre totalement l'objet. Cette mesure a été introduite car certains objets comme « une marguerite » sont associés à la couleur blanche, mais les participants reconnaissent que le blanc ne colore pas l'ensemble de l'objet contrairement à d'autres objets comme « un igloo ». Cette caractéristique nous a semblé importante à contrôler car cela pourrait avoir des conséquences au niveau de la simulation : dans le cas d'une marguerite, il se peut que les participants simulent aussi bien le blanc des pétales que le vert de la tige ou le jaune du pistil, alors que c'est la couleur blanche qui est spontanément associée. Cette seconde tâche nous permet d'obtenir un score d'uniformité (et son écart-type). Par exemple « igloo » est très uniforme (score d'uniformité =  $5,63 \pm 1,01$ ) et « marguerite » ne l'est pas (score d'uniformité =  $3,58 \pm 1,17$ ), alors que les deux sont associés à la couleur « blanche ».

*Résultats.* Nous ne reporterons ici uniquement les résultats concernant les mots utilisés dans l'expérience 3 (cf. Tableau II). Les degrés d'accord sont rapportés en pourcentage. Globalement les résultats obtenus mettent en évidence des degrés d'accord sur la couleur relativement élevés (i.e.,  $> 70\%$ ). Néanmoins, « LEOPARD », « LION » et « KIWI » ont des

degrés d'accord plus faibles laissant suggérer qu'ils ne sont pas fortement associés à la couleur jaune. Ensuite, cette évaluation révèle aussi que les scores d'uniformité pour la grande majorité des mots sont élevés (i.e., > 4), suggérant qu'outre le fait que la couleur est associée aux mots, il n'y a pas d'autres couleurs qui pourraient venir interférer. Néanmoins, il y a quatre mots pour lesquels les scores d'uniformité sont plus faibles : abeille (3,17), girafe (3,49), léopard (3,36) et tortue (3,89). Ce qui reste relativement logique puisque ces animaux sont plus ou moins « tachetés ».

Tableau II. Pour chaque mot utilisé dans l'expérience 3, nous avons reporté : la couleur associée, la phase de l'expérience 3 dans laquelle ils ont été utilisés (f : familiarisation vs.. t : test), le degré d'accord (en %) et le score moyen d'uniformité ( $\pm$  l'écart-type).

Phase	Couleur	Mot	Degré d'accord (%)	Score d'uniformité
t	Jaune	ABEILLE	90	3,17 $\pm$ 0,88
t	Jaune	BANANE	100	5,24 $\pm$ 0,85
t	Jaune	CITRON	98	5,54 $\pm$ 0,75
t	Jaune	GIRAFE	75	3,49 $\pm$ 1,05
t	Jaune	MAÏS	100	5,04 $\pm$ 1,18
t	Jaune	POUSSIN	96	4,70 $\pm$ 1,11
t	Vert	ARTICHAUT	100	5,02 $\pm$ 1,18
t	Vert	AVOCAT	90	5,00 $\pm$ 1,15
t	Vert	CROCODILE	92	4,66 $\pm$ 1,20
t	Vert	GRENOUILLE	94	5,23 $\pm$ 0,69
t	Vert	LÉZARD	87	4,18 $\pm$ 1,04
t	Vert	POIS	100	5,88 $\pm$ 0,60
f	Orange	ABRICOT	96	5,57 $\pm$ 1,03
f	Jaune	ANANAS	85	4,15 $\pm$ 1,39
f	Jaune	LÉOPARD	65	3,36 $\pm$ 1,03
f	Jaune	LION	53	4,11 $\pm$ 1,25
f	Vert	KIWI	60	3,87 $\pm$ 1,31
f	Vert	SALADE	100	4,98 $\pm$ 1,05
f	Vert	SAUTERELLE	88	4,69 $\pm$ 0,97
f	Vert	TORTUE	71	4,14 $\pm$ 1,42

## 7.2. Evaluation implicite de la couleur associée aux mots

L'objectif de cette seconde évaluation était de posséder une évaluation implicite quant au lien entre les mots sélectionnés et la couleur qu'ils évoquent. Plus précisément, le recours à cette évaluation basée sur notre troisième expérience nous permettra de nous assurer à la fois que les mots ont bien été identifiés durant le temps imparti (i.e.,  $SOA = 350$  ms) et que ces mots sont bien associés à la couleur typique explicitement évoquée. Pour cela, nous nous baserons

sur l'existence ou non d'une différence significative entre les conditions congruentes et non congruentes pour chaque mot utilisé.

*Procédure.* Nous avons simplement repris les résultats de l'expérience 3 et nous avons comparé les temps de réponse moyen dans la condition congruente avec la condition non congruente pour chacun des mots. Pour chaque comparaison, nous reportons le F et le p de l'ANOVA à mesures répétées associée, dans laquelle la variable type d'essais (congruent vs. non congruent) était manipulée en intra-sujet. L'objectif était de savoir, pour chaque mot, si la différence était significative (cf. Tableau III). Nous avons remplacé les temps de réponse supérieurs à deux écart-types au dessus de la moyenne et ceux inférieurs à deux écart-types en dessous de la moyenne par la moyenne dans la condition, pour éviter des temps de réponse anormalement longs (4,13% des données). Néanmoins, une difficulté est apparue car tous les mots ne passent pas en phase test, certains sont présentés lors de la phase de familiarisation. Les résultats obtenus durant la phase test sont fiables contrairement à ceux obtenus durant la phase de familiarisation. En effet, pour ces mots, nous observons des taux d'erreurs importants, des temps de réponse anormalement longs et de beaucoup de variabilité due à la familiarisation avec la tâche. En conséquence, nous ne pouvons nous appuyer que sur les différences significatives (ou non significatives) observées pour les mots présentés en phase test. En ce qui concerne les mots de la phase de familiarisation, l'utilisation de tels résultats doit être réalisée avec précaution.

*Résultats.* Les résultats sont reportés dans le Tableau III. Il est à noter qu'un seul mot, le mot « POIS », utilisé durant la phase test n'implique pas une différence significative entre les conditions congruente et non congruente, laissant suggérer que l'identification de ce mot ou son association avec une couleur est problématique. L'explication ne réside sans doute pas dans le degré d'accord sur la couleur verte qui est maximal (= 100%), ni dans la fréquence de ce mot dans la langue puisque celle-ci est relativement faible (8,09 occurrences/millions<sup>7</sup>) ou dans le nombre de lettres qui n'est pas spécialement élevé (i.e., 4). L'explication réside sans doute dans les différents homophones du mot, tel que « poids », qui représente un élément n'évoquant pas de couleur. Il est possible qu'à des temps très courts d'identification, une confusion puisse se produire. En d'autres termes, l'absence de différence pour le mot POIS pourrait s'expliquer par un problème d'identification. L'ANOVA réalisée pour le mot « CITRON » ne révèle quant à elle qu'une différence significative s'approchant du seuil de significativité. De plus, notons aussi qu'il existe des différences négatives pour certains mots (i.e., kiwi et léopard) laissant suggérer que la condition congruente n'implique pas un gain mais un ralentissement. Néanmoins, aucune de ces différences ne se révèle significative. De plus, rappelons que ces mots sont présentés durant la phase de familiarisation.

---

<sup>7</sup> Fréquence film issue de Lexique 3.8 (New, Pallier, Brysbaert & Ferrand, 2004)

Tableau III. Pour chaque mot utilisé dans l'expérience 3, nous avons reporté : les temps de réponse moyen en ms ( $\pm$  écart-type) pour les différentes conditions, la différence en ms (non cong. – cong.), et le F et le p de l'ANOVA (s : significatif, t : tendance, et ns : non significatif).

Phase	Coul.	Mot	Essai cong.	Essai non cong.	Diff.	ANOVA	
Test	Jaune	ABEILLE	378,89 $\pm$ 62,07	422,24 $\pm$ 105,70	43,34	F(1, 17) = 8,52, p = ,012	s
Test	Jaune	BANANE	355,16 $\pm$ 72,33	415,74 $\pm$ 63,35	60,58	F(1, 17) = 15,70, p = ,001	s
Test	Jaune	CITRON	360,38 $\pm$ 83,80	432,68 $\pm$ 124,22	72,30	F(1, 14) = 3,59, p = ,079	t
Test	Jaune	GIRAFE	378,03 $\pm$ 97,79	411,74 $\pm$ 84,00	33,72	F(1, 19) = 10,20, p = ,019	s
Test	Jaune	MAÏS	351,36 $\pm$ 51,23	397,15 $\pm$ 58,03	45,79	F(1, 18) = 7,20, p = ,015	s
Test	Jaune	POUSSIN	342,54 $\pm$ 55,77	458,25 $\pm$ 107,16	115,71	F(1, 19) = 34,13, p = ,000	s
Test	Vert	ARTICHAUT	368,17 $\pm$ 70,60	429,97 $\pm$ 79,49	61,80	F(1, 18) = 12,02, p = ,003	s
Test	Vert	AVOCAT	420,15 $\pm$ 101,82	477,16 $\pm$ 137,86	57,01	F(1, 15) = 5,55, p = ,033	s
Test	Vert	CROCODILE	362,87 $\pm$ 66,56	408,44 $\pm$ 58,84	45,57	F(1, 17) = 9,38, p = ,007	s
Test	Vert	GRENOUILLE	332,20 $\pm$ 50,64	440,72 $\pm$ 111,45	108,52	F(1, 18) = 28,82, p = ,000	s
Test	Vert	LÉZARD	378,51 $\pm$ 57,96	424,86 $\pm$ 70,18	46,35	F(1, 19) = 5,76, p = ,027	s
Test	Vert	POIS	385,05 $\pm$ 112,73	410,48 $\pm$ 85,66	25,42	F(1, 17) = 1,23, p = ,283	ns
Familiarisation	Orange	ABRICOT	428,69 $\pm$ 106,50	429,88 $\pm$ 111,65	1,19	F(1, 18) = ,011, p = ,919	ns
Familiarisation	Jaune	ANANAS	424,12 $\pm$ 122,65	427,87 $\pm$ 98,87	3,75	F(1, 17) = ,00, p = ,991	ns
Familiarisation	Jaune	LÉOPARD	416,30 $\pm$ 78,32	391,55 $\pm$ 76,50	-24,75	F(1, 19) = 1,13, p = ,301	ns
Familiarisation	Jaune	LION	370,38 $\pm$ 63,69	402,65 $\pm$ 54,61	32,27	F(1, 19) = 2,45, p = ,134	ns
Familiarisation	Vert	KIWI	441,23 $\pm$ 97,27	436,49 $\pm$ 82,20	-4,74	F(1, 17) = ,20, p = ,660	ns
Familiarisation	Vert	SALADE	355,71 $\pm$ 68,87	450,85 $\pm$ 101,37	95,14	F(1, 19) = 11,91, p = ,003	s
Familiarisation	Vert	SAUTERELLE	406,00 $\pm$ 111,77	436,59 $\pm$ 102,70	30,59	F(1, 17) = ,94, p = ,341	ns
Familiarisation	Vert	TORTUE	396,88 $\pm$ 90,15	473,53 $\pm$ 133,14	76,64	F(1, 15) = 5,28, p = ,036	s

### 7.3. Phase d'optimisation

A partir des deux évaluations, et pour respecter la procédure des expériences précédentes, nous avons sélectionné, pour les expériences suivantes, six mots fortement associés à une couleur jaune et six fortement associés à une couleur verte, dont la moitié appartenait à la catégorie « animal » et l'autre à la catégorie « végétal ». Pour la phase de familiarisation, nous avons retenu quatre mots associés à la couleur jaune et quatre à la couleur verte parmi les mots restants (la moitié appartenant à la catégorie « animal » et l'autre à la catégorie « végétal »).

*Procédure.* Pour optimiser ce matériel, nous nous sommes en premier lieu basé sur les résultats de l'évaluation implicite. Nous avons choisi de conserver les mots pour lesquels l'ANOVA a révélé une différence significative (ou une tendance,  $p < .1$ ) et nous avons choisi d'exclure les mots pour lesquels l'ANOVA n'a pas révélé de différence significative. Pourquoi un tel choix ? Une différence significative nous assure que les mots ont bien été

identifiés et qu'ils sont bien associés à une couleur alors que l'absence de différence significative met en évidence qu'il y a un problème avec ces mots (au niveau de l'identification ou de l'association avec une couleur). Ensuite seulement, nous nous sommes référés sur l'évaluation explicite.

*Résultats.* La méthodologie retenue nous a permis de sélectionner 5 mots associés à la couleur verte : 3 animaux (i.e., CROCODILE, GRENOUILLE et LÉZARD) et 2 végétaux (i.e., ARTICHAUT, AVOCAT), et 6 mots associés à une couleur jaune : 3 animaux (i.e., ABEILLE, GIRAFE et POUSSIN) et 3 végétaux (i.e., BANANE, CITRON et MAÏS). Il ne nous restait plus qu'à sélectionner 1 végétal associé à la couleur verte. En effet, le mot « POIS » a été exclu car l'ANOVA n'a pas révélé de différence significative. Pour le remplacer, nous avons opté pour le mot « SALADE », car 100% des participants jugent qu'il évoque spontanément la couleur verte contrairement à « KIWI » pour lequel le degré d'accord est plus faible (i.e., 60%). De plus, l'évaluation explicite révèle aussi que le score d'uniformité à propos de « SALADE » (i.e., score d'uniformité =  $4,98 \pm 1,05$ ) est plus élevé que pour le « KIWI » (i.e., score d'uniformité =  $3,87 \pm 1,31$ ). Enfin, l'évaluation implicite, même si les résultats sont moins fiables car « SALADE » a été présentée durant la familiarisation, révèle une différence significative suggérant que ce mot est identifié et fortement associé à la couleur verte.

Pour résumer, le contrôle du matériel révèle que les mots de la nouvelle sélection conservent un fort consensus sur leur couleur typique respective. La mesure implicite calculée confirme aussi que tous les mots de la nouvelle sélection sont bien identifiés et donc que des variables linguistiques, telle que la fréquence des mots ou le nombre de lettres, n'interfèrent pas. Enfin, les résultats obtenus suggèrent que l'effet d'amorçage obtenu dans l'expérience 3 est présent avec tous les mots démontrant que l'effet d'amorçage ne résulte pas uniquement d'un « moyennage » des temps de réponse aux différents items.

### **Résumé de l'étude**

Cette étude avait pour objectif une meilleure sélection des mots désignant des objets associés à une couleur. Pour cela, nous nous sommes basés sur deux indices. Un indice explicite obtenu à travers une tâche de production de la couleur associée. Un indice implicite dérivé des résultats de notre troisième expérience. Une telle méthodologie nous a permis d'obtenir une liste de mots qui sont bien identifiés et qui impliquent une simulation de la couleur associée.

## **EXPERIENCE 4**

### **Rôle du délai entre l'amorce et la cible**

Au cours des 3 premières expériences, nous avons mis en évidence des temps de réponse plus courts lorsque la couleur simulée (e.g., grenouille) est identique à la couleur perçue (e.g., vert). Nous défendons l'hypothèse selon laquelle cette facilitation résulte du recrutement de structures neuronales similaires pour percevoir la couleur et pour récupérer une connaissance associée à la couleur. En effet, de nombreux travaux ont démontré que la simulation de la couleur implique l'activation d'un réseau neuronal similaire à celui utilisé lors de la perception de la couleur, en particulier au niveau des gyri lingual et fusiforme (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Simmons, et al., 2007). Dans la troisième expérience, nous avons retrouvé cet effet avec des mots, suggérant que la simulation de la couleur est en mesure de se produire lors de la lecture de mots. Moscoso del Prado Martín, Hauk et Pulvermüller (2006), à l'aide d'une étude utilisant l'ERP, ont précisé la chronologie des différentes activations lors de la lecture de mots associés à une couleur. Pour cela, ils demandaient simplement à des participants de lire des mots en lien avec la forme (et pas en lien avec la couleur) et des mots en lien avec la couleur (et pas en lien avec la forme). Lors de la lecture de mots en lien avec la couleur, ils n'observent aucune activation 100 ms après la lecture du mot. Ils observent une activation du gyrus fusiforme au bout de 150 ms. Néanmoins, le gyrus fusiforme est aussi activé lors de la lecture de mots en lien avec la forme. Ensuite aux alentours de 200 ms, le gyrus temporal gauche moyen est spécifiquement activé lors de la lecture de mots en lien avec la couleur. Enfin vers 250 ms, ils n'observent plus d'activation. Deux conclusions importantes peuvent être tirées de ce travail.

Premièrement, il semblerait que le gyrus fusiforme ne s'active pas de manière spécifique lors de la lecture de mots en lien avec la couleur censée impliquer spécifiquement une simulation de la couleur. Ces auteurs trouvent aussi une activation du gyrus fusiforme lors de la lecture de mots spécifiquement associés à une forme. Néanmoins, Moscoso del Prado Martín et al. (2006) ne fournissent pas d'exemples concrets de noms d'objets utilisés. Or il est possible que la sélection du matériel puisse rendre compte de cette absence d'activation spécifique. En effet, Moscoso del Prado Martín et al. (2006) ont sélectionné des mots associés spécifiquement à une couleur ou à une forme sur la base d'un pré-test dans lequel les participants devaient dire pour chaque mot s'il rappelait aux participants une couleur particulière (question 4) ou une forme particulière (question 5). Les mots sont classés comme spécifiquement associés à une couleur dès lors que les participants ont dit plus souvent que le mot était associé à une couleur plutôt qu'à une forme. Inversement, les mots sont classés comme spécifiquement associés à une forme dès lors que les participants ont dit plus souvent que le mot était associé à une forme plutôt qu'à une couleur. Néanmoins, un tel pré-test ne garantit pas que les mots spécifiquement associés à une forme n'évoque pas aussi une couleur (et donc une simulation de la couleur). Un tel pré-test nous assure seulement que les mots

spécifiquement associés à une couleur évoquent plus une couleur que les mots spécifiquement associés à une forme. En conséquence, le fait que Moscoso del Prado Martín et al. (2006) ne trouvent pas d'activation spécifique du gyrus fusiforme lors de la lecture de mots associés à une couleur ne s'oppose pas aux travaux de neuro-imagerie démontrant une implication du gyrus fusiforme (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Simmons, et al., 2007) lors de la simulation de la couleur, mais découle probablement de la manière dont le matériel a été sélectionné.

Le second résultat important de Moscoso del Prado Martín et al. (2006) réside dans la chronologie des activations. En effet, ces auteurs mettent en évidence qu'aux alentours de 100 ms après l'apparition du mot, aucune activation du gyrus fusiforme n'est observée (suggérant qu'il n'y a pas de simulation de la couleur). En conséquence, ces résultats suggèrent que le délai qui sépare l'apparition de l'amorce et l'apparition de la cible est un facteur important à prendre en considération afin de mieux comprendre l'influence de la simulation sur la perception. En effet, suivant la durée de ce délai, une influence peut ou non se produire. Par exemple, dans l'hypothèse où le gyrus fusiforme se trouverait être le point de rencontre entre la simulation de la couleur et la perception de la couleur, lorsque le temps de présentation des mots est inférieur à 100 ms (pas d'activation du gyrus fusiforme), aucun amorçage ne devrait être observé. Pour mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle le délai est un facteur clé, nous avons repris la procédure de l'expérience 3 (qui utilise des mots en amorce) et nous avons modulé le temps qui sépare le début de la présentation du mot et l'apparition de la cible colorée (i.e., *SOA*). Nous avons utilisé quatre *SOA* différents correspondant aux différentes fenêtres temporelles explorées par Moscoso del Prado Martín et al. (2006). Dans le cas où l'effet obtenu dans les trois premières expériences est imputable au recrutement du gyrus fusiforme à la fois pour simuler et pour percevoir la couleur, nous devrions observer un amorçage uniquement lorsque le *SOA* est égal ou supérieur à 150 ms.

## 8.1. Méthodologie

*Participants.* Vingt étudiants de Licence de STAPS (Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis) ont participé à cette expérience. Nous avons exclu les résultats d'un participant car il n'avait pas pour langue maternelle le français. Parmi les 19 participants restant, il y avait 13 hommes. La moyenne d'âge était de 21,89 ans ( $\pm 5,5$ ). De plus, les participants avaient tous une vision normale ou corrigée et ont tous rapporté avoir une vision des couleurs normale.

*Matériel.* Les mots utilisés en amorce sont ceux issus de l'optimisation du matériel (cf. Annexe 3). En ce qui concerne les cibles de couleur et le masque, ces stimuli sont identiques à ceux utilisés dans l'expérience 1 (cf. Annexe 1).

*Procédure.* L'expérience se déroulait individuellement dans une salle uniquement éclairée par l'écran d'ordinateur utilisé pour l'expérience (i.e., ordinateur portable Aspire One D255, 1,66 GHz). L'expérience était pilotée à l'aide du logiciel E-Prime 2.0 (Schneider, et al., 2002).

Comme pour l'expérience 3, chaque essai débutait par une croix de fixation noire au centre de l'écran qui apparaissait durant 250 ms. Ensuite, la croix était remplacée par un mot écrit en noir qui restait à l'écran durant 100 ms. Immédiatement après, un masque apparaissait durant soit 0 ms (i.e., condition sans masque), 50 ms, 100 ms, ou 150 ms suivi d'un rond de couleur apparaissant au centre de l'écran jusqu'à la réponse du participant. En conséquence, quatre *SOA* ont été utilisés dans cette expérience : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms. Comme dans les expériences antérieures, les participants devaient dire le plus rapidement possible si le rond était jaune ou vert (i.e., tâche de discrimination chromatique). Les touches de réponse situées à droite et à gauche du clavier (i.e., touches S et L) étaient contrebalancées entre les participants. De plus, l'ensemble des items étaient présentés sur un fond blanc.

En conséquence, par rapport aux expériences antérieures, nous avons réduit le temps de présentation des amorces, nous avons aussi modulé le temps de présentation du masque et nous avons supprimé l'écran blanc séparant le masque de la cible. Le but de ces modifications était de réduire le *SOA* d'origine qui était de 350 ms. Comme nous l'avons déjà expliqué ces différents *SOA* correspondent aux fenêtres temporelles explorées par Moscoso del Prado Martín et al. (2006). Dans cette expérience, un même participant était confronté à l'ensemble des conditions expérimentales, les deux variables étant manipulées en intra-sujet. Ainsi, une même amorce était vue huit fois par un participant (i.e., dans les quatre *SOA* et à chaque fois dans une condition congruente et non congruente).

## 8.2. Résultats

*Erreurs.* Nous avons exclu les réponses de la phase de familiarisation. Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées comprenant deux facteurs : la durée du *SOA* (4 modalités : 100, 150, 200 et 250 ms) et le type d'essais (congruent vs. non congruent) manipulées en intra-sujets. L'ANOVA n'a révélé aucun effet de la variable durée du *SOA*, [ $F(3, 54) = 0,674$ ,  $p = 0,6$ ,  $\eta_p^2 = 0,03$ ]. En revanche, l'ANOVA a révélé un effet de la variable type d'essais, [ $F(1, 18) = 7,636$ ,  $p < ,01$ ,  $\eta_p^2 = 0,30$ ]. Contrairement aux trois premières expériences, le taux d'erreurs dans les essais non congruents ( $0,04 \pm 0,05$ ) est plus élevé que dans les essais congruents ( $0,01 \pm 0,04$ ). Enfin, l'ANOVA n'a pas révélé d'effet d'interaction, [ $F(3, 54) = 1$ ,  $p = ,3$ ,  $\eta_p^2 = 0,05$ ].

*Temps de réponse.* Nous avons exclu les temps de réponse de la phase de familiarisation et les temps de réponse aux erreurs (2,36% des données). Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées comprenant 2 facteurs : la durée du *SOA* (4 modalités : 100, 150, 200 et 250 ms) et le type d'essais (congruent vs. non congruent) manipulés en intra-sujets.

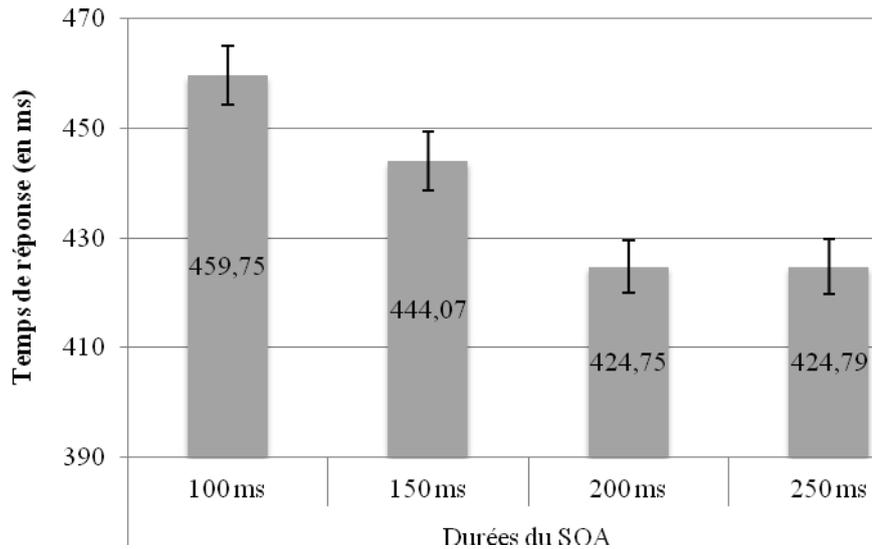


Figure 12. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 4, en fonction de la durée du SOA (4 modalités : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

L'ANOVA a révélé un effet de la variable durée du *SOA*, [ $F(3, 54) = 9,883, p < .0001, \eta_p^2 = 0.35$ ] (cf. Figure 12). Il semblerait que plus le délai entre l'amorce et la cible est long, plus les temps de réponses sont courts. Nous avons réalisé des comparaisons planifiées afin de vérifier cette observation. Les comparaisons révèlent une différence significative entre les temps de réponse lorsque le *SOA* dure 100 ms par rapport à la condition où le *SOA* est de 150 ms, [ $F(1, 18) = 7,083, p < .02, \eta_p^2 = 0.28$ ]. Mais aussi entre la condition où le *SOA* est de 150 ms et de 200 ms, [ $F(1, 18) = 5,932, p < .03, \eta_p^2 = 0.25$ ]. Par contre, l'ANOVA ne révèle aucune différence significative entre les temps de réponse des conditions où le *SOA* est égal à 200 ms et où le *SOA* dure 250 ms, [ $F(1, 18) = 0,968, p = .9, \eta_p^2 = 0.00$ ]. Ces résultats confirment l'observation réalisée.

Comme dans les expériences précédentes, l'ANOVA a aussi révélé un effet principal de la variable type d'essais. Les temps de réponse aux essais congruents ( $421,94 \pm 66,46$ ) sont plus courts que les temps de réponse aux essais non congruents ( $455,05 \pm 69,29$ ), [ $F(1, 18) = 46,886, p < .0001, \eta_p^2 = 0.72$ ]. Ce résultat confirme la présence d'un amorçage. Enfin l'ANOVA a aussi révélé une interaction entre les deux variables, [ $F(3, 54) = 3,474, p < .02, \eta_p^2 = 0.16$ ] (cf. Figure 13).

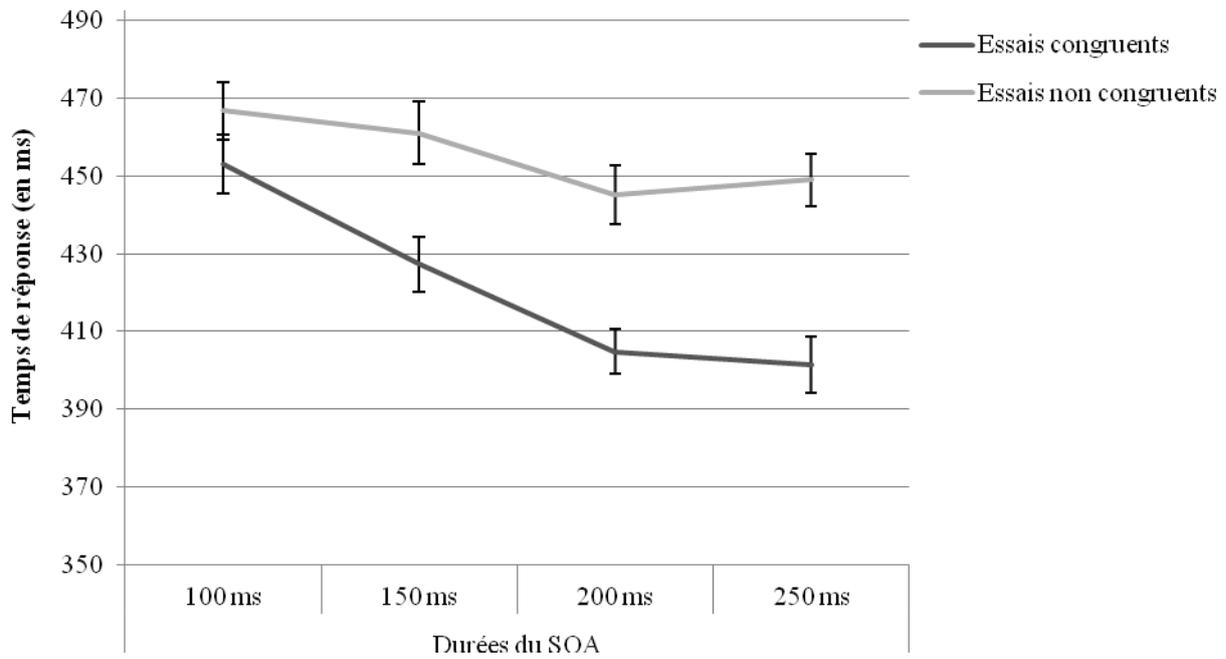


Figure 13. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 4, en fonction de la durée du SOA (4 modalités : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms) et du type d'essais (congruent vs. non congruent). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

Afin de mieux saisir la nature de cette interaction nous avons réalisé des comparaisons planifiées dans lesquelles nous avons comparé, pour chaque durée du *SOA*, les temps de réponse dans les essais congruents et dans les essais non congruents. L'idée sous-jacente était que nous devrions uniquement observer des différences significatives dans les situations où le *SOA* est égal ou supérieur à 150 ms. Contrairement à cette prédiction, ces comparaisons révèlent des différences significatives entre les deux conditions pour toutes les durées de *SOA*<sup>8</sup> (cf. Tableau IV).

Tableau IV. Différentes valeurs de  $F$ , de  $p$  et  $\eta_p^2$  pour les ANOVA  $F_1$  et  $F_2$  où nous comparons les essais congruents et non congruents en fonction des durées de *SOA*.

Durée du <i>SOA</i>	$F_1$			$F_2$		
	$F(1, 18)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(1, 11)$	$p$	$\eta_p^2$
100 ms	5,209	< 0,03	0,22	1,65	= 0,23	0,13
150 ms	14,984	< 0,001	0,45	21,86	< 0,001	0,67
200 ms	32,590	< 0,0001	0,64	21,91	< 0,001	0,67
250 ms	21,556	< 0,0001	0,54	22,36	< 0,001	0,67

<sup>8</sup> Au niveau de ces résultats, nous avons présenté l'ANOVA réalisée avec la variable « sujets » en variable aléatoire ( $F_1$ ) et aussi l'ANOVA réalisée avec la variable « items » en variable aléatoire ( $F_2$ ). L'idée sous-jacente est que  $F_2$  pourrait nous indiquer un rôle potentiel des items (voir discussion).

Néanmoins, si nous observons le graphique représentant les données (i.e., Figure 13), il semblerait que la différence lorsque le *SOA* est de 100 ms soit plus faible que pour les autres durées de *SOA* ce qui serait cohérent avec l'hypothèse d'une disparition de l'effet lorsque le *SOA* est inférieur à 150 ms. Afin de vérifier cette observation, nous avons réalisé une autre ANOVA à mesures répétées dans laquelle nous avons comparé les gains pour les essais congruents en fonction de la variable durée du *SOA* manipulée en intra-sujet. Ces gains ont été calculés, pour chaque participant, en soustrayant son temps de réponse moyen aux essais congruents à son temps de réponse moyen aux essais non congruents. L'ANOVA révèle un effet significatif de la variable durée du *SOA*, [ $F(3, 54) = 3,474, p < .02, \eta_p^2 = 0.16$ ] (cf. Figure 14). Plus précisément, les comparaisons planifiées nous indiquent qu'il y a une différence significative entre le gain lorsque le *SOA* dure 100 ms par rapport au gain dans la situation où le *SOA* dure 150 ms, [ $F(1, 18) = 4,42, p < .05, \eta_p^2 = 0.20$ ]. En revanche, L'ANOVA ne révèle pas de différence significative entre les gains des autres durées de *SOA* (i.e., 150 ms vs. 200 ms, [ $F(1, 18) = 0,29, p < .60, \eta_p^2 = 0.02$ ] ; 200 ms vs. 250 ms, [ $F(1, 18) = 0,37, p < .65, \eta_p^2 = 0.02$ ]). Ces résultats confirment une diminution du gain lorsque le *SOA* est inférieur à 150 ms.

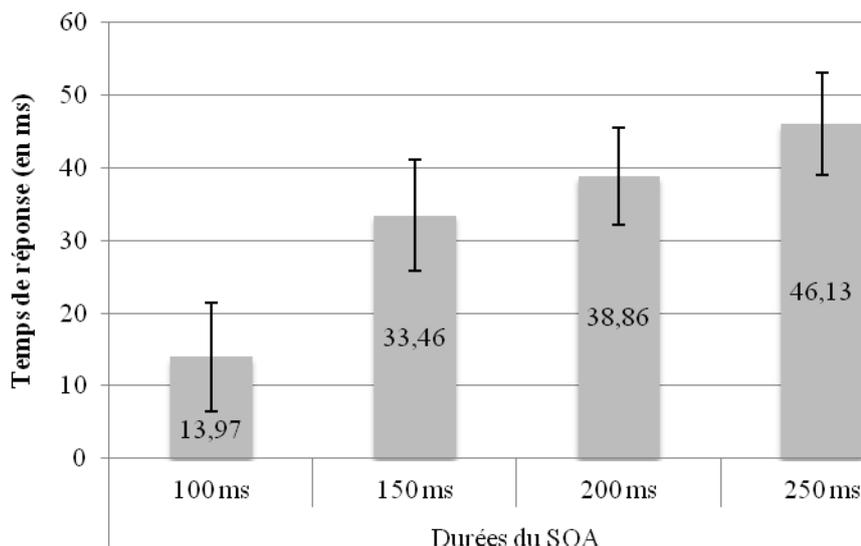


Figure 14. Gains pour les essais congruents (en ms) de l'expérience 4, en fonction de la durée du SOA (4 modalités : 100 ms, 150 ms, 200 ms et 250 ms). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

### 8.3. Discussion

Rappelons que l'objectif de cette expérience était de tester l'hypothèse suivant laquelle le délai qui sépare l'apparition de l'amorce de l'apparition de la cible est un facteur important afin d'obtenir une influence de la simulation sur la perception. Pour tester une telle hypothèse, nous nous sommes appuyés sur le travail de Moscoso del Prado Martín et al. (2006) qui ont mis en évidence la chronologie des activations neuronales lors de la lecture de mots désignant

des objets possédant une couleur typique. Plus précisément, ces auteurs ont observé une activation du gyrus fusiforme à partir de 150 ms après l'apparition des noms d'objets associés à une couleur. En conséquence, dans cette quatrième expérience, nous avons manipulé le *SOA*. Plusieurs *SOA* ont été sélectionnés de telle sorte que l'apparition de la cible de couleur se produise 100 ms, 150 ms, 200 ms ou 250 ms après l'apparition du mot. Conformément aux résultats de Moscoso del Prado Martín et al. (2006), nous avons prédit un effet d'amorçage uniquement lorsque les *SOA* étaient supérieurs à 150 ms étant donné qu'avant le gyrus fusiforme n'est pas activé. Cette expérience apporte cinq résultats importants que nous allons tenter de développer.

Premièrement, contrairement à notre hypothèse, nous observons un amorçage perceptif quel que soit la durée du *SOA* (même pour un *SOA* court égal à 100 ms). Il y a deux manières d'expliquer ce résultat. La première consiste à l'expliquer par le biais d'une limite méthodologique importante de l'expérience 4. La seconde, en revanche, consiste à développer une explication alternative de l'effet d'amorçage obtenu dans cette expérience, valable aussi pour les trois expériences précédentes. Nous allons, dans un premier temps, développer la limite méthodologique, nous ne présenterons l'explication alternative de l'amorçage qu'au moment de la présentation de la cinquième expérience (section suivante). Rappelons que l'argument suivant lequel, trouver un effet à 100 ms est surprenant, découle du fait que Moscoso del Prado Martín et al. (2006) ne trouvent pas d'activation du gyrus fusiforme 100 ms après la présentation du mot. Ainsi cet argument repose sur l'idée suivant laquelle la modulation du *SOA* dans cette quatrième expérience, nous a permis d'explorer les mêmes fenêtres temporelles que celles explorées par Moscoso del Prado Martín et al. (2006). Néanmoins, une telle méthodologie peut être fortement critiquée. En effet, présenter un mot durant 100 ms puis une cible colorée immédiatement après ne garantit pas que le traitement perceptif de la cible se produise 100 ms après l'apparition du mot. Or afin que l'interaction simulation/perception n'ait pas lieu, il aurait fallu que le traitement perceptif se produise avant que le traitement du mot ne parvienne à activer le gyrus fusiforme (i.e., 150 ms après l'apparition du mot). Cependant, dans notre expérience, nous contrôlons uniquement le moment où la cible colorée apparaît, et non le moment auquel le traitement perceptif de la cible est réalisé par les participants. Il se peut très bien que le traitement perceptif se produise largement 100 ms après l'apparition du mot. Ce qui laisse en conséquence tout le temps pour que le traitement du mot soit réalisé. Concrètement, si nous regardons les temps de réponse des participants dans la condition où le *SOA* est égal à 100 ms, le temps de réponse moyen se situe autour de 460 ms. Ainsi, il existe un délai d'une demi-seconde entre le moment où la cible apparaît et le moment où un traitement perceptif peut lui être appliqué. Ce qui est en conséquence, très loin de la fenêtre temporelle explorée par Moscoso del Prado Martín et al. (2006). En conséquence, dans ce cadre, il est tout à fait envisageable que le gyrus fusiforme, ou toutes autres parties du réseau neuronal dédié à la simulation de la couleur, ait le temps de s'activer. Autrement dit, le fait que l'on trouve un effet d'amorçage lorsque le *SOA* est égal à 100 ms est imputable à la méthodologie utilisée qui ne permet pas de respecter les fenêtres temporelles explorées par Moscoso del Prado Martín et al. (2006). De plus, il est tout à fait envisageable que les participants, même lorsque le *SOA* est court, traitent dans un premier temps le mot amorce et une fois terminé, se concentrent sur la cible. Cette hypothèse est

d'ailleurs cohérente avec l'augmentation générale des temps de réponse lorsque la durée du *SOA* se raccourci (i.e., effet principal du *SOA*).

Le second résultat important, en continuité avec ce premier résultat, concerne la diminution des temps de réponse au fur et à mesure que le *SOA* augmente (i.e., effet principal du *SOA*). Deux explications sont possibles. Premièrement, comme nous venons de le développer, il se peut que les participants se concentrent sur la lecture du mot, et lors de chaque essai, attendent d'avoir fini de traiter le mot, pour traiter la cible. Dans le cas des *SOA* courts, le temps imparti pour traiter les mots n'est pas assez long. En conséquence, le traitement continue alors que la cible est apparue ce qui conduit à un délai de réponse plus long sur la cible. Une seconde explication réside dans la manière dont nous avons manipulé le *SOA*. Effectivement, ce qui nous a permis de moduler le *SOA* est la durée de présentation du masque (0 ms, 50 ms, 100 ms et 200 ms). L'augmentation de la durée du masque pourrait rendre compte de la diminution des temps de réponse. Effectivement, le masque était censé empêcher la rémanence du mot à l'écran et donc le recouvrement de la cible de couleur par le mot amorce. Plus le masque est présenté brièvement, voire n'est pas présenté (condition où le *SOA* = 100 ms), plus le recouvrement entre le mot et la cible est important. En conséquence, la perception de la cible est plus difficile. En conséquence, c'est l'augmentation progressive de la difficulté à percevoir la cible qui pourrait rendre compte de l'augmentation générale des temps de réponse.

Le troisième résultat important est la présence de l'effet d'amorçage quel que soit le *SOA* (i.e., effet principal de l'amorçage). Ce résultat suggère la possibilité de répliquer l'amorçage perceptif obtenu dans les premières expériences malgré un temps de présentation des amorces très court (i.e., 100 ms) et des délais entre la disparition de l'amorce et l'apparition de la cible colorée très courts aussi (i.e., 0 ms, 50 ms, 100 ms et 150 ms). Ce résultat est d'ailleurs tout à fait cohérent avec les nombreux travaux qui montrent une influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur alors que le dessin (ou le mot) et la couleur sont présentés simultanément (e.g., Bruner & Postman, 1949; Connell, 2007; Kubat, et al., 2009; Mitterer & de Ruyter, 2008; Nagai & Yokosawa, 2003; Naor-Raz, et al., 2003; Oliva & Schyns, 2000; Olkkonen, et al., 2008; Tanaka & Presnell, 1999; Therriault, et al., 2009; Witze, et al., 2011).

Un quatrième résultat intéressant est un effet sur le taux d'erreurs. En effet, les participants font plus d'erreurs dans les essais non congruents que dans les essais congruents. L'apparition de cette différence, même s'il elle est minime (i.e., 3% d'erreurs en plus dans la condition non congruente), est sans doute imputable à notre procédure. En particulier, au fait qu'il y ait quatre fois plus d'essais dans cette expérience, comparativement aux trois précédentes, à cause de la manipulation du *SOA* (i.e., 96 essais contre 24 essais habituellement). A un niveau théorique, cette influence est importante car elle suggère la possibilité que la simulation de la couleur influence la perception au niveau de la prise de décision et non plus uniquement au niveau de la vitesse de traitement.

Le cinquième et dernier résultat est la diminution de l'effet d'amorçage lorsque le *SOA* est de 100 ms. Ce résultat reste relativement cohérent avec notre hypothèse compte tenu du problème de notre procédure pour accéder aux fenêtres temporelles explorées par Moscoso

del Prado Martín et al. (2006). En effet, lorsque le *SOA* est égal à 100 ms, la diminution de l'effet pourrait signifier que nous approchons le début de la fenêtre temporelle de l'effet d'amorçage sans arriver à l'atteindre. Néanmoins, encore une fois, une explication alternative est envisageable. Avec un *SOA* de 100 ms, il est possible que tous les mots n'aient pu être correctement identifiés. En conséquence, sans identification pas de simulation et donc pas d'amorçage. Dans l'hypothèse où ces problèmes d'identification ne se produisent que pour certains mots (e.g., mots longs difficilement identifiables avec des temps de présentation courts), cela pourrait expliquer une réduction de l'écart entre les essais congruents et les essais non congruents. En effet, chez un même participant certains mots induiraient un amorçage alors que d'autres non, ce qui diminuerait globalement l'écart entre les deux conditions chez un même participant. Concrètement, la diminution de l'effet résulterait du fait que certains mots n'aient pu être traités. Autrement dit, si lorsque le *SOA* est égal à 100 ms, 30 % des mots n'ont pas été traités, alors il n'y a pas d'effet d'amorçage dans 30% des essais, et donc cela induit une diminution de l'effet moyen. Conformément à cette hypothèse, nous observons que l'effet d'amorçage n'est significatif que dans le cas où les participants sont considérés comme la variable aléatoire ( $F_1$ ) et non dans le cas où les items sont considérés comme la variable aléatoire ( $F_2$ , cf. Tableau IV). Cette absence de différence significative conforte un rôle potentiel des items ce qui est cohérent avec notre dernière idée.

Dans la section suivante, nous allons développer l'autre explication alternative possible afin de rendre compte du fait que l'amorçage observé continue de se produire malgré un *SOA* de courte durée.

#### Résumé de l'expérience 4

Cette expérience avait pour objectif de tester le rôle du délai qui sépare l'apparition de l'amorce de l'apparition de la cible (i.e., *SOA*). En effet, le travail de Moscoso del Prado Martín et al. (2006) suggère que la simulation de la couleur ne serait pas immédiate et prendrait un certains temps en lien avec l'activation du gyrus fusiforme. Pour ce faire, nous avons manipulé la durée du *SOA* alors que la procédure expérimentale restait proche de celle de l'expérience 3. Les résultats obtenus mettent en évidence un effet d'amorçage quel que soit le *SOA* utilisé. Néanmoins ces résultats peuvent être liés à la durée du masque ou encore au délai de réponse.

## EXPERIENCE 5

### Tâche de discrimination d'une similarité chromatique (inter-catégorielle)

Comme nous l'avons expliqué dans la discussion de l'expérience 4, le fait que nous ayons échoué à trouver un effet uniquement lorsque le *SOA* est supérieur ou égal à 150 ms, pourrait déboucher sur une interprétation alternative de l'effet d'amorçage. En effet, le travail de Moscoso del Prado Martín et al. (2006) suggère que 100 ms avant l'apparition d'un mot le gyrus fusiforme n'est pas activé et 250 ms après, il n'est plus activé. Or dans cette quatrième expérience, nous trouvons un effet alors que le *SOA* est inférieur à 150 ms (i.e., *SOA* = 100 ms) et nous trouvons aussi un effet dans l'expérience 3 alors que le *SOA* est largement supérieur à 250 ms (i.e., *SOA* = 350 ms). En conséquence, l'effet d'amorçage perceptif obtenu est-il véritablement dû à un recouvrement de réseaux neuronaux en partie identiques ? Pour répondre à cette question, il est possible d'adopter deux positions différentes. La première consiste à continuer de défendre l'idée d'une implication de réseaux similaires tout en s'accommodant d'un effet lorsque le *SOA* est égal à 100 ms et à 350 ms. En revanche, la seconde consiste à expliquer l'amorçage obtenu différemment.

Nous allons commencer par développer la première position. Dans ce cas de figure, notre hypothèse de base reste valable, mais alors pourquoi un effet pour des *SOA* de 100 et 350 ms ? La présence de l'effet lorsque le *SOA* est égal à 350 ms pourrait s'expliquer par le fait que le réseau n'est certes plus actif, conformément au travail de Moscoso del Prado Martín et al. (2006), mais reste dans un état pré-activé. Cet état particulier pourrait expliquer pourquoi le traitement d'une cible congruente est optimisé. En ce qui concerne la présence de l'effet alors que le *SOA* est égal à 100 ms, il est nécessaire de se baser sur une limite méthodologique de l'expérience 4 déjà développée dans la discussion précédente. L'effet d'amorçage est trouvé lorsque le *SOA* est égal à 100 ms, car même à un *SOA* si court, le traitement du mot est assez long pour aboutir à une simulation de la couleur en mesure d'interagir avec la perception (car les participants privilégieraient le traitement du mot au dépend de la cible colorée). La seconde position, en revanche, consiste à interpréter l'amorçage obtenu dans toutes nos expériences de manière radicalement différente. En réalité, deux explications alternatives, au moins, sont possibles. La première consiste à expliquer l'amorçage obtenu par une forme consciente d'anticipation de la couleur sur la base de la couleur de l'amorce. Lorsque le participant voit un mot amorce, il pourrait très bien accéder consciemment à la couleur associée. Dans le cas des essais congruents cette anticipation lui permettrait d'identifier plus rapidement la couleur de la cible alors que dans le cas des essais non congruents, il serait pris en défaut. Cette explication est valable compte tenu de la tâche et de la procédure utilisées. En effet, la tâche de discrimination chromatique implique d'identifier le plus rapidement la couleur des cibles. En conséquence, la stratégie consistant à

détecter la couleur de la cible sur la base de la couleur associée à l'amorce est informative sur la réponse à fournir. De plus, étant donné que le ratio essais congruents/essais non congruents est de 50/50, l'emploi d'une telle stratégie serait efficace dans 50% des cas. Pour résumer, l'amorçage obtenu pourrait découler d'une stratégie d'anticipation consciente consistant à se baser sur la couleur associée à l'amorce pour anticiper la couleur de la cible. La seconde explication possible réside dans l'utilisation d'une stratégie d'étiquetage verbal lors de l'amorçage. Autrement dit, lors de la lecture d'un mot amorce (e.g., GRENOUILLE), un label représentant la couleur associée est automatiquement activé (i.e., VERT). Étant donné que la tâche de discrimination chromatique implique de sélectionner un label particulier, une facilitation peut se produire dans les essais congruents car le label de réponse correspond au label pré-activé par l'amorce (par rapport aux essais non congruents où un label différent a été pré-activé). Encore une fois une telle explication alternative est valable compte tenu de la tâche de discrimination chromatique utilisée.

Sur la base des expériences réalisées jusqu'à présent, trancher entre l'hypothèse simulationniste et ces deux hypothèses alternatives n'est pas possible compte tenu de la tâche de discrimination chromatique utilisée. Dans cette cinquième expérience, nous avons développé une nouvelle procédure expérimentale nous permettant l'utilisation d'une autre tâche de discrimination chromatique ne permettant pas la mise en place d'une stratégie d'anticipation ou d'étiquetage verbal. Pour cela nous avons utilisé une tâche de détection de similarité chromatique entre deux ronds de couleur. Chaque essai commence par la présentation d'une amorce, d'un masque puis d'un écran blanc. Ensuite apparaît un écran sur lequel deux ronds de couleur apparaissent simultanément et côte à côte. Les deux ronds sont soit de la même couleur (e.g., vert-vert ou jaune-jaune), soit de couleurs différentes (e.g., vert-jaune ou jaune-vert). Les participants doivent simplement dire si les deux couleurs sont identiques ou différentes. Une telle tâche implique un traitement perceptif de la couleur mais ne permet plus la mise en place d'une stratégie d'anticipation de la couleur de la cible sur la base de la couleur de l'amorce étant donné que l'information perceptive importante n'est pas la couleur de la cible mais le lien entre deux couleurs (i.e., identique ou différent). Par exemple, lire le mot GRENOUILLE et anticiper la couleur verte, n'informe en rien sur le fait que les cibles soient identiques ou différentes. De plus, une telle tâche ne permet plus la mise en place d'une stratégie d'étiquetage verbal car les labels de réponse (i.e., identique vs. différents) ne sont plus congruents avec les labels de couleur activés lors de la perception des amorces. En conséquence, nous prédisons que pour les cibles identiques, un effet d'amorçage devrait être obtenu du moment que la couleur associée à l'amorce est similaire aux couleurs des deux ronds. Par exemple, le mot GRENOUILLE devrait faciliter les temps de réponse pour détecter la similarité entre deux ronds verts, par rapport à la situation où l'amorce est le mot POUSSIN. En ce qui concerne la condition dans laquelle les ronds sont de couleurs différentes, nous nous attendons à aucune différence entre les situations où l'amorce est associée à la couleur jaune et les situations où l'amorce est associée à la couleur verte, car il y aura toujours un rond qui apparaîtra dans la couleur associée à l'amorce. Ainsi, peu importe l'amorce, cela n'apportera aucun avantage.

Notons que la tâche de détection de similarité utilisée dans cette expérience est très proche de la tâche perceptive utilisée par Richter et Zwaan (2009). Dans leur expérience, les

participants voyaient deux cibles colorées qu'ils devaient comparer afin de déterminer si elles étaient de couleurs identiques ou différentes. Le problème avec la tâche de Richter et Zwaan (2009) c'est que les deux stimuli à comparer sont présentés successivement, l'un après l'autre, ce qui implique de conserver en mémoire le premier stimulus afin de le comparer au second. Ce point est important car il représente une limite du travail de Richter et Zwaan (2009). En effet, dans une telle tâche, la simulation de la couleur peut aussi bien influencer la perception de la seconde couleur comme la conservation en mémoire de la première couleur perçue. Ainsi, il n'est pas possible d'être sûr que l'influence est de nature perceptive. Une telle limite ne peut pas être soulevée avec la tâche que nous avons utilisée car les deux cibles colorées restent perceptivement présentes simultanément. A aucun moment, la tâche nécessite la conservation en mémoire d'une des deux couleurs. Dans ce cas, si une influence est observée elle sera bien de nature perceptive et non mnésique.

### 9.1. Méthodologie

*Participants.* Parmi les vingt-huit étudiants (dont 11 hommes) de Licence de STAPS (Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis) qui ont participé à cette expérience, tous avaient pour langue maternelle le français. La moyenne d'âge est de 23,45 ans ( $\pm 7,29$ ). Tous les participants avaient une vision normale ou corrigée et ont tous rapporté avoir une vision des couleurs normale.

*Matériel.* Les mots utilisés en amorce sont ceux sélectionnés à la suite de l'optimisation du matériel comme pour l'expérience 4 (cf. Annexe 3). En ce qui concerne les cibles de couleurs, nous avons construit des cibles composées de deux ronds de couleurs différents : un jaune et un vert. A partir de ces deux ronds, nous avons construit quatre cibles différentes. La première est composée de deux ronds jaunes (i.e., JJ), la seconde de deux ronds verts (i.e., VV), la troisième d'un rond jaune à gauche et d'un rond vert à droite (i.e., JV) et enfin la quatrième est composée d'un rond vert à gauche et d'un rond jaune à droite (i.e., VJ). Les deux ronds étaient toujours présentés côte à côte au centre de l'écran. Chaque rond mesurait 130 pixels de diamètre et les deux ronds étaient séparés par une distance de 350 pixels à partir de leur centre (cf. Figure 15). Dans le but d'éviter qu'une couleur ne soit plus saillante qu'une autre, nous avons égalisé le contraste des deux ronds de couleur. Pour cela nous nous sommes basés sur la loi de Weber-Fechner qui calcule le contraste d'un élément en soustrayant la luminance de cet élément à la luminance du fond et en divisant le résultat par la luminance du fond<sup>9</sup> (Gegenfurtner, 2003). Comme tous les ronds de couleur apparaissent sur un fond blanc identique, le contraste dépend uniquement de la luminance des ronds de couleur qu'il nous a suffi d'égaliser (cf., Tableau V, pour voir les coordonnées des couleurs dans les modèles colorimétriques TSL<sup>10</sup> et RVB).

---

<sup>9</sup>  $C_W = \frac{L - L_{\text{fond}}}{L_{\text{fond}}}$  où L et  $L_{\text{fond}}$  désignent respectivement la luminance de l'objet et la luminance du fond directement aux abords de l'objet et  $C_W$  désigne le contraste entre l'objet et le fond.

<sup>10</sup> Nous avons utilisé le modèle TSL (Teinte Saturation Luminance) car il permet de connaître directement la luminance (L) des couleurs à l'écran.

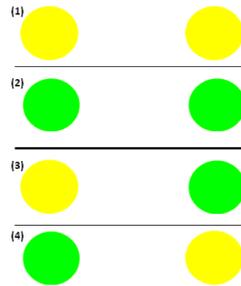


Figure 15. Les quatre stimuli cibles utilisés dans l'expérience 5.

Tableau V. Coordonnées des couleurs jaune et verte dans les modèles colorimétriques RVB et TSL, ainsi que la valeur du contraste (noté  $C_w$ ) de chaque couleur sur un fond blanc (de luminance  $L = 255$ ).

Couleur	Modèle RVB	Modèle TSL	Contraste
Jaune	R = 255	T = 42	$C_w = -0,5$
	G = 255	S = 255	
	B = 0	L = 128	
Vert	R = 51	T = 79	$C_w = -0,5$
	G = 236	S = 217	
	B = 20	L = 128	

*Procédure.* La procédure utilisée est très proche de la procédure de l'expérience 3 mis à part quelques points que nous allons détailler. La première modification se situe au niveau du type de cibles qui apparaît, au lieu qu'un rond de couleur jaune ou vert apparaisse au centre de l'écran, deux ronds colorés apparaissent au centre de l'écran. De plus, les participants devaient dire le plus rapidement possible si les ronds possédaient des couleurs identiques ou différentes (i.e., tâche de discrimination de similarité chromatique). Les touches de réponse situées à droite et à gauche du clavier (i.e., touches S et L) étaient contrebalancées entre les participants. Enfin, chaque mot « amorce » (e.g., GRENOUILLE) était présenté huit fois. Chaque amorce était suivie deux fois par chacune des cibles possibles (e.g., GRENOUILLE était suivie deux fois par un cible JJ, deux fois par une cible VV, deux fois par une cible JV et deux fois encore par une cible VJ). La phase de familiarisation était composée de 64 essais et la phase test de 96 essais. Parmi ces 96 essais, il y avait 24 essais congruents et 24 essais non congruents. Dans ces 48 essais, les cibles étaient à chaque fois de couleurs identiques. Il reste 48 essais dans lesquels les couleurs des cibles étaient différentes. Le *SOA* utilisé était toujours de 350 ms, les amorces utilisées étaient toujours des mots.

## 9.2. Résultats

*Taux d'erreurs.* Comme précédemment, nous avons exclu les réponses aux essais de la phase de familiarisation. Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées sur les cibles identiques où le type de cibles (JJ vs. VV) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient toutes deux manipulées en intra-sujet. L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif : pas d'effets principaux de la variable type de cibles [ $F(1, 28) = 1,03, p = ,32, \eta_p^2 = 0,03$ ], ni de la variable type d'amorces [ $F(1, 28) = 0,10, p = ,76, \eta_p^2 = 0,00$ ], ni d'interaction [ $F(1, 28) = 2,27, p = ,14, \eta_p^2 = 0,07$ ].

*Temps de réponse.* Les temps de réponse de la phase de familiarisation ainsi que les temps de réponse aux erreurs (3,2% des données) ont été exclus des analyses. Les temps de réponse moyens aux erreurs est de 452,98 ms ( $\pm 154,19$ ). Comme pour le taux d'erreurs, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées sur les cibles identiques où le type de cibles (JJ vs. VV) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient manipulées en intra-sujet. L'ANOVA révèle un effet principal de la variable type de cibles. Les temps de réponse pour dire que les cibles jaunes ( $504,87 \pm 108,08$ ) étaient similaires sont plus courts que les temps de réponse pour détecter la similarité des cibles vertes ( $537,65 \pm 114,81$ ), [ $F(1, 28) = 12,59, p < 0,001, \eta_p^2 = 0,31$ ]. Ce résultat suggère que malgré l'égalisation des contrastes la détection d'une similarité chromatique est plus rapide pour les cibles jaunes. L'ANOVA ne révèle pas de différence significative en ce qui concerne la variable type d'amorces. Les temps de réponse lorsque l'amorce est jaune ( $525,95 \pm 118,43$ ) ne diffèrent pas significativement des temps de réponse lorsque l'amorce est verte ( $516,57 \pm 106,43$ ), [ $F(1, 28) = 0,91, p = ,35, \eta_p^2 = 0,03$ ]. De plus, l'ANOVA a révélé que l'interaction entre les deux variables est significative [ $F(1, 28) = 11,59, p < ,002, \eta_p^2 = 0,30$ ], (cf. Figure 16).

Les comparaisons planifiées réalisées révèlent que les temps de réponse pour détecter une similarité chromatique des cibles jaunes sont plus courts lorsque l'amorce est associée à la couleur jaune ( $493,60 \pm 109,78$ ) par rapport à la situation où l'amorce est associée à la couleur verte ( $516,15 \pm 105,15$ ), [ $F(1, 28) = 4,05, p < ,05, \eta_p^2 = 0,13$ ]. Par contre, lorsque les cibles sont de couleur verte, les temps de réponse sont plus longs lorsque l'amorce est associée à la couleur jaune ( $558,31 \pm 117,93$ ) par rapport à la situation où l'amorce est associée à la couleur verte ( $516,98 \pm 107,70$ ), [ $F(1, 28) = 7,00, p < ,01, \eta_p^2 = 0,20$ ].

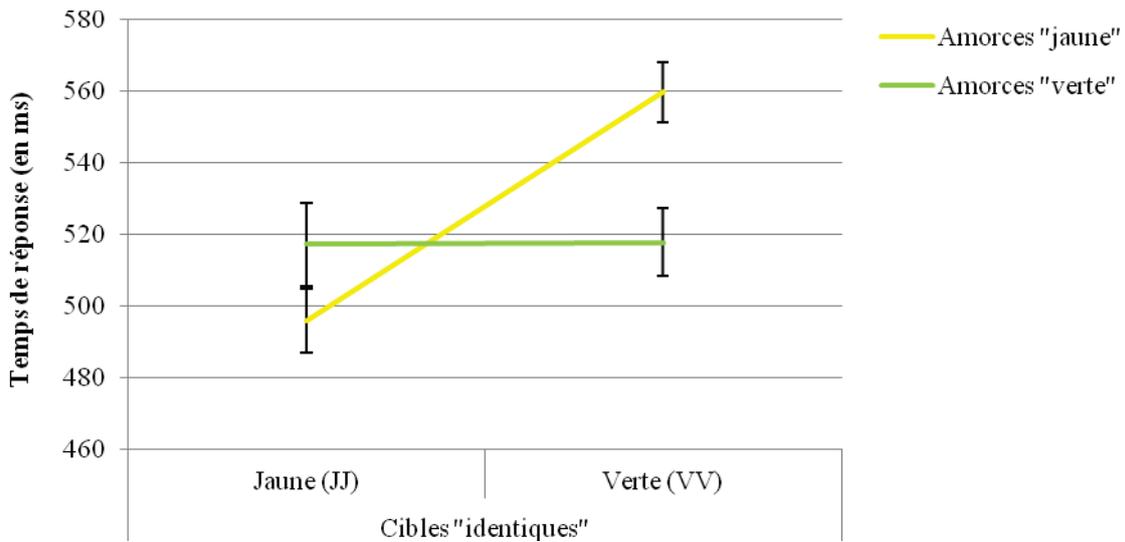


Figure 16. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 5, en fonction du type de cibles « identiques » (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

### 9.3. Discussion

L'objectif de cette cinquième expérience était de changer de tâche perceptive afin d'éviter la possibilité que les participants mettent en place une stratégie consistant à anticiper la couleur de la cible sur la base de la couleur de l'amorce ou utilisent une stratégie d'étiquetage verbal facilitant l'accès aux labels de réponses appropriées. En effet, la mise en place de ces deux stratégies pourrait expliquer l'amorçage obtenu dans les quatre premières expériences. La tâche choisie est une tâche de discrimination de similarité chromatique au cours de laquelle deux ronds de couleur sont présentés simultanément aux participants qui doivent dire si les deux couleurs sont similaires ou différentes. Cette tâche se rapproche de celle utilisée par Richter et Zwaan (2009) à la différence que dans leur expérience, les deux couleurs sont présentées successivement ce qui pourrait faire intervenir des processus mnésiques et pas uniquement perceptif. Dans notre expérience, pour éviter ce problème nous avons présenté les deux ronds colorés simultanément. De plus, comme la tâche ne porte pas directement sur les couleurs des cibles mais sur un lien entre deux couleurs, une stratégie consistant à anticiper la couleur de la cible sur la base de celle de l'amorce est inutile. Enfin, comme les labels de réponse ne sont plus des couleurs (i.e., labels « identique et « différent »), une stratégie d'étiquetage verbal ne peut rendre compte d'un amorçage. En conséquence, nous avons prédit malgré ces modifications, et conformément à l'hypothèse simulationniste, des temps de réponse plus courts lorsque la couleur de l'amorce est similaire à la couleur des deux ronds identiques. Les résultats obtenus confirment cette prédiction. En effet, que les ronds cibles soient de couleur jaune ou verte, les temps de réponse sont plus courts lorsque le mot qui précède est associé à la même couleur par rapport à la situation où l'amorce est associée à une couleur différente.

Deux points importants méritent d'être soulignés. Premièrement, la taille de l'effet, quantifié par l'êta carré partiel, est plus faible dans cette cinquième expérience par rapport aux quatre expériences précédentes. En effet, dans cette expérience l'êta carré partiel est compris entre 0,10 et 0,20 alors qu'habituellement il est compris entre 0,60 et 0,70. Il est possible que cette différence traduise une différence entre les effets mis en évidence. Autrement dit, il est envisageable que dans cette cinquième expérience nous obtenions un amorçage perceptif alors que dans les quatre premières l'amorçage soit d'une autre nature (i.e., amorçage des labels, anticipation consciente). Néanmoins, il est aussi possible que cette diminution de l'êta carré partiel résulte de la présence d'un plus grand nombre de cibles possibles (i.e., quatre contre deux habituellement), ce qui pourrait induire une plus grande variabilité des temps de réponse et diminuer la puissance de l'effet.

Deuxièmement, il est encore possible dans cette expérience que l'amorçage obtenu ne soit pas de nature perceptive mais lexicale. En effet, dans la tâche utilisée dans cette dernière expérience, les participants doivent dire si les deux couleurs possèdent des couleurs similaires ou différentes. Afin de répondre les participants peuvent se placer à deux niveaux différents. Le premier niveau est le niveau perceptif. Dans ce cadre, les participants se basent sur une comparaison entre les couleurs perçues. Lorsque les teintes sont similaires, ils détectent une identité et lorsque les teintes sont différentes, ils détectent une différence. En revanche, ils peuvent aussi réaliser la tâche uniquement sur la base des labels des couleurs. Dans ce cas, lorsque les labels associés aux couleurs sont similaires, ils détectent une identité et lorsque les labels sont différents, ils détectent une différence. Comme la différence ou l'identité entre les couleurs se situent aussi bien au niveau des teintes qu'au niveau des labels, les participants peuvent réaliser la tâche sur la base de l'un ou l'autre de ces niveaux. En conséquence, l'apparition de l'amorce peut conduire à une pré-activation des labels qui pourrait venir influencer une comparaison réalisée sur la base des labels. Autrement dit, lorsque le mot GRENOUILLE apparaît en amorce, le label VERT est directement activé. Lorsque les deux ronds de couleurs apparaissent, s'ils sont verts, alors la comparaison des deux labels « VERT » est facilitée car ils ont été pré-activés par l'amorce<sup>11</sup>. Pour palier cette explication alternative, nous avons réalisé une sixième expérience, dans laquelle nous avons tenté de trouver une tâche nous assurant que le traitement de la couleur sur la cible est bien réalisé à un niveau perceptif et non verbal.

### **Résumé de l'expérience 5**

Cette expérience avait pour objectif de palier deux limites importantes des expériences antérieures. La première est la possibilité que l'amorçage observé résulte de la mise en place d'une stratégie d'anticipation de la couleur de la cible sur la base de la couleur associée à l'amorce. La seconde est que l'amorçage observé pourrait aussi résulter de la mise en place d'une stratégie de verbalisation de la couleur associée à l'amorce ce qui pourrait conduire à

<sup>11</sup> Notons que dans le rapport de cette sixième expérience (Heurley, Rolland-Thiers, Ferrier, & Brouillet, sous presse), nous développons un argument à l'encontre d'une possible explication lexicale en nous basant sur les résultats pour les cibles différentes (voir la partie « discussion générale » pour une discussion à propos de cette ligne d'argumentation).

amorcer le label de la réponse appropriée. Afin de palier ces deux limites, nous avons utilisé une nouvelle tâche de discrimination des couleurs dans laquelle les participants devaient dire si les deux cibles qui apparaissent simultanément sont de couleurs identiques ou différentes. Les résultats confirment encore une fois l'hypothèse simulationniste. En effet, dans le cas où les couleurs des deux cibles sont identiques, une amorce associée à une couleur congruente facilite les temps de discrimination. Néanmoins, il est encore possible d'envisager une forme d'amorçage lexical car l'identité ou la différence entre les deux cibles se situent à la fois à un niveau perceptif et à un niveau lexical.

## **EXPERIENCE 6**

### **Tâche de discrimination d'une similarité chromatique intra-catégorielle**

Les premières expériences de cette thèse (expériences 1, 2, 3, 4 et 5) ont permis de mettre en évidence que l'accès à une couleur en mémoire (jaune ou verte) est en mesure d'influencer la perception d'une couleur congruente. Néanmoins, les résultats de ces différentes expériences peuvent aussi être interprétés comme le résultat d'un amorçage lexical de la couleur. En effet, la perception du dessin d'une grenouille ou du mot GRENOUILLE est en mesure d'activer automatiquement le représentant lexical de la couleur associée (i.e., le label « vert »). Etant donné que dans les expériences 1, 2, 3 et 4, la tâche perceptive de discrimination chromatique implique l'utilisation des labels des couleurs pour répondre, l'accès à un représentant lexical des couleurs peut faciliter la réponse. Il en est de même dans l'expérience 5, puisque l'identité ou la différence entre les deux ronds de couleurs cibles se situe à la fois à un niveau perceptif et à niveau lexical. Pour résumer, la critique qui peut être développée à l'encontre de ces expériences est que la tâche perceptive ne fait pas vraiment appel à un traitement perceptif de bas-niveau. L'utilisation d'une cible perceptive et d'une tâche portant sur ces cibles ne suffit pas à garantir de la mise en place d'un traitement perceptif.

Comme nous souhaitons mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle la perception de la couleur peut être influencée par la simulation de la couleur, il est nécessaire d'utiliser une tâche n'impliquant pas un traitement lexical. La solution que nous avons trouvée provient des travaux portant sur la catégorisation perceptive des couleurs. Classiquement, ces travaux ont mis en évidence que les temps de réponse afin de discriminer deux teintes de couleur appartenant à deux catégories différentes (e.g., vert *vs.* jaune) sont plus courts que les temps de réponse pour discriminer deux teintes de couleur appartenant à la même catégorie (e.g., vert clair *vs.* vert foncé ; voir Goldstone & Hendrickson, 2009 pour une revue). Bornstein et Korda (1984) ont développé l'hypothèse suivant laquelle cette différence serait imputable à l'intervention de deux indices afin de discriminer deux teintes appartenant à deux catégories différentes (i.e., discrimination inter-catégorielle), alors qu'un seul indice serait utilisé pour discriminer deux couleurs appartenant à la même catégorie (i.e., discrimination intra-catégorielle). Dans une tâche de discrimination inter-catégorielle, un indice perceptif (i.e., teinte) ainsi qu'un indice lexical (i.e., labels) seraient utilisés, alors que dans une tâche de discrimination intra-catégorielle, seul un indice perceptif serait utilisé impliquant uniquement un traitement perceptif de bas-niveau. En conséquence, l'avantage observé dans le cadre de tâches de discrimination inter-catégorielle découlerait de l'utilisation d'un indice lexical supplémentaire. Cette idée est similaire à l'hypothèse « Whorf », selon laquelle la perception des couleurs pourrait être influencée par le langage (i.e., labels des couleurs).

Récemment, de nombreux travaux ont confirmé cette hypothèse. Par exemple, Roberson et Davidoff (2000) ont réalisé une expérience où chaque essai débutait par l'apparition et la disparition rapide d'une cible de couleur à l'écran. Ensuite, un délai de 5 secondes s'écoulait. Puis deux couleurs apparaissaient. Les participants devaient choisir laquelle des deux couleurs correspondaient à la première couleur vue (i.e., tâche *2AFC*). Les deux choix de couleur appartenait soit à la même catégorie (i.e., tâche de discrimination intra-catégorielle), par exemple deux couleurs bleues légèrement différentes étaient présentées dont une correspondait à la première couleur vue ; soit à des catégories différentes (i.e., tâche de discrimination inter-catégorielle), dans ce cas un bleu et un vert étaient présentés. Durant le délai de 5 secondes, les participants étaient soit (i) confrontés à un écran blanc (i.e., condition contrôle), soit (ii) ils devaient suivre une ligne courbe du regard (i.e., interférence visuelle), soit (iii) ils devaient lire une liste de mots (i.e., interférence verbale). Les résultats mettent en évidence un effet classique dans la condition contrôle : les participants sont plus rapides pour discriminer la couleur cible lorsque les deux couleurs appartiennent à des catégories différentes (i.e., discrimination inter-catégorielle). Cet effet persiste malgré une interférence visuelle. En revanche, l'effet disparaît lorsque l'interférence est de nature verbale. Roberson et Davidoff (2000) expliquent que la tâche verbale perturbe la rétention du label de la couleur cible. Cette perturbation supprime l'indice lexical censé apporter un avantage dans une tâche de discrimination inter-catégorielle, ce qui induit une disparition de l'effet (i.e., une disparition de différence avec une tâche de discrimination intra-catégorielle). Ce résultat confirme donc l'implication d'un indice lexical dans une tâche de discrimination inter-catégorielle (voir Pilling, Wiggett, Özgen, & Davies, 2003 pour des résultats identiques).

Gilbert, Regier, Kay et Ivry (2006) ont réalisé une autre expérience confirmant cette conclusion alors que la discrimination n'est pas réalisée de mémoire mais directement entre des cibles qui apparaissent simultanément. En effet, dans l'expérience précédente, la première cible vue doit être conservée en mémoire pour être comparée aux deux choix possibles, ce qui implique que l'influence peut se produire à un niveau mnésique. Dans cette nouvelle expérience, lors de chaque essai, douze carrés colorés étaient présentés en cercle. Un carré parmi les 12 était présenté dans une teinte différente. La tâche des participants consistait à détecter le plus rapidement possible si ce carré différent apparaissait à droite du cercle ou à gauche. La teinte du carré cible pouvait appartenir soit à la même catégorie (i.e., discrimination intra-catégorielle) : un carré bleu clair parmi des carrés bleus foncés, soit à des catégories différentes (i.e., discrimination inter-catégorielle) : un carré bleu clair parmi des carrés verts. Gilbert et al. (2006) observent un effet de catégorisation perceptive uniquement lorsque les cibles sont présentées dans la partie droite du cercle. Les auteurs expliquent ce phénomène par le fait que la partie droite du cercle est située dans le champ visuel droit, et que le champ visuel droit est lié à l'hémisphère gauche dédié au traitement du langage. En conséquence, suivant ces auteurs ce résultat confirmerait l'hypothèse suivant laquelle une tâche de discrimination inter-catégorielle implique un traitement du langage car cet effet apparaît spécifiquement dans le champ visuel en lien avec l'hémisphère cérébral impliqué dans le traitement du langage (voir aussi Drivonikou, et al., 2007).

Récemment, Siok et al. (2009) ont réalisé une expérience dans laquelle ils se sont directement intéressés aux structures corticales activées lors d'une tâche de discrimination

inter-catégorielle et lors d'une tâche de discrimination intra-catégorielle. Pour cela, Siok et al. (2009) ont repris la même procédure que Gilbert et al. (2006) alors que les participants étaient placés sous IRMf. Les résultats mettent en évidence une activation des aires impliquées dans le traitement du langage lorsque les participants doivent discriminer un carré cible coloré dans un teinte appartenant à une catégorie différente de la teinte des autres cibles (i.e., discrimination inter-catégorielle). Ce dernier travail conforte donc, comme les deux précédents, l'hypothèse de Bornstein et Korda (1984) suivant laquelle, la discrimination inter-catégorielle implique deux indices : un indice perceptif et un indice lexical. Le second résultat, important pour notre propos, est qu'une tâche de discrimination intra-catégorielle, contrairement à une tâche de discrimination inter-catégorielle, ne fait pas appel à des indices lexicaux. Autrement dit, seul un traitement perceptif serait à l'œuvre.

Il est possible de réinterpréter les différentes procédures utilisées au cours de nos cinq premières expériences suivant la distinction entre tâches de discrimination inter- vs. intra-catégorielle. En effet, dans les cinq expériences précédentes, nous avons à chaque fois utilisé une tâche de discrimination inter-catégorielle : les participants devaient dire si la cible est jaune ou verte. Ainsi, il est tout à fait envisageable que l'amorçage se produise à un niveau lexical puisque ce type de tâche fait appel à l'utilisation d'indices lexicaux (i.e., labels des couleurs). Afin de palier cette limite, dans cette sixième expérience, nous avons utilisé une tâche de discrimination intra-catégorielle qui n'implique pas le recours à un indice de nature lexicale. Les participants voyaient quatre cibles différentes. Les cibles étaient à nouveau composées de deux ronds colorés dans la même teinte ou dans des teintes différentes. Les participants devaient dire, comme dans l'expérience précédente, si les couleurs étaient identiques ou différentes. La différence dans cette sixième expérience est que les couleurs des deux ronds appartenaient toujours à la même catégorie. En ce qui concerne les cibles « identiques », une était composée de deux ronds jaunes foncés alors que l'autre était composée de deux ronds verts foncés. Au niveau des cibles « différentes », une était composée d'un rond jaune foncé et d'un rond jaune plus clair alors que l'autre était composée d'un rond vert foncé et d'un rond vert clair. En d'autres termes, la discrimination de la similarité ou de la différence se faisait toujours à l'intérieur d'une seule catégorie de couleur, soit la catégorie « jaune », soit la catégorie « vert ». Concrètement, que les cibles étaient identiques ou différentes, les mêmes labels étaient associés. Ainsi, pour déterminer si les deux couleurs étaient identiques ou différentes, les participants étaient contraints d'utiliser uniquement un indice perceptif et donc un traitement perceptif. Suivant l'hypothèse simulationniste, nous prédisons à nouveau des temps de réponse plus courts lorsque la couleur des deux ronds sera similaire à la couleur associée à l'amorce (et cela lorsque les deux cibles sont de teintes identiques ou différentes).

### **10.1. Méthodologie**

*Participants.* Vingt-huit étudiants, dont la moitié était des femmes, ont participé à cette expérience (Licence STAPS, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis). Ils avaient tous pour langue maternelle le français et la moyenne d'âge était de 22,50 ans ( $\pm$

3,40). Tous les participants avaient une vision normale ou corrigée et ont tous rapporté avoir une vision des couleurs normale.

De plus, comme les participants devaient effectuer une tâche de discrimination chromatique plus fine que les précédentes, nous avons contrôlé leur capacité à percevoir la couleur avec plus de précision à l'aide du test d'Ishihara (Ishihara, 1974). Pour cela, nous avons réalisé une version informatisée de ce test, pilotée par le logiciel E-Prime 2.0 (Schneider, et al., 2002). Ce test était composé de 27 planches composées de plusieurs ronds colorés de luminances identiques (cf. Annexe 4). Pour les participants ayant une vision non pathologique, 21 planches sont composées d'un nombre écrit dans une couleur différente du fond alors que dans 4 planches aucun chiffre n'est écrit. Dans le cas d'une vision pathologique, les participants peuvent lire un chiffre différent de celui lu par les participants sains, un chiffre non perçu par les participants sains ou ne rien percevoir alors qu'un chiffre est habituellement perçu. Pour chaque planche, les participants devaient dire s'ils voyaient un nombre ou non, et si oui, ils devaient le nommer à haute voix. Le passage à la planche suivante était contrôlé par l'expérimentateur. Ce test permet de détecter principalement des troubles du type daltonisme, dont une forme affecte la perception du vert, ce qui pourrait être problématique compte tenu que nous utilisons différentes teintes de vert.

*Matériel.* Les mots utilisés en amorce sont ceux sélectionnés à la suite de l'optimisation du matériel (cf. Annexe 3). Comme dans l'expérience précédente, nous avons construit des cibles composées de deux ronds. Deux cibles étaient composées de deux ronds avec des teintes identiques. Une cible était composée de deux ronds jaunes « foncés » alors que l'autre cible était composée de deux ronds verts « foncés ». Deux autres cibles étaient composées de deux ronds avec des teintes différentes. Une cible était composée d'un rond jaune foncé et d'un rond jaune clair alors que l'autre était composée d'un rond vert foncé et d'un rond vert clair. La cible claire est toujours placée à droite. Nous n'avons utilisé que quatre cibles différentes afin de minimiser la variabilité des temps de réponse. Pour obtenir des couleurs foncées et claires, nous nous sommes basés sur le modèle colorimétrique TSL. Nous avons choisi une teinte de jaune et une teinte de vert de luminance égale (i.e.,  $L = 128$ ), nous avons ainsi obtenu les teintes « foncées » pour chacune des deux couleurs. Ensuite, pour obtenir les teintes « claires », nous avons ajouté la même quantité de luminance (i.e., 50 points afin d'arriver à une luminance  $L = 178$ , cf. Tableau VI). Ainsi, nous avons uniquement fait varier la luminance. En conséquence, détecter une identité ou une différence entre les deux cibles revient à réaliser une tâche de détection de luminance. Notons que cette tâche correspond aux types de tâches perceptives utilisées par les travaux de neuro-imagerie (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Simmons, et al., 2007). Comme pour l'expérience 5, les deux ronds étaient toujours présentés côte à côte au centre de l'écran. Chaque rond mesurait 130 pixels de diamètre et les deux ronds étaient séparés par une distance de 350 pixels à partir de leur centre (cf. Figure 17). Les cibles apparaissent toujours sur un fond blanc.

*Procédure.* La procédure est exactement la même que celle de l'expérience 6 mis à part sur le type de stimuli cibles présentés. Le test d'Ishihara était réalisé à la fin de l'expérience.

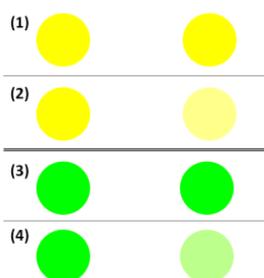


Figure 17. Les quatre stimuli cibles utilisés dans l'expérience 6.

Tableau VI. Catégories lexicales et coordonnées des différentes teintes utilisées dans les modèles colorimétriques RVB et TSL.

Catégorie lexicale	Teinte	Modèle RVB	Modèle TSL
Jaune	<i>Jaune « foncé »</i>	R = 255	T = 40
		G = 255	S = 240
		B = 17	L = 128
	<i>Jaune « clair »</i>	R = 255	T = 40
		G = 255	S = 240
		B = 123	L = 178
Vert	<i>Vert « foncé »</i>	R = 77	T = 70
		G = 255	S = 240
		B = 17	L = 128
	<i>Vert « clair »</i>	R = 156	T = 70
		G = 255	S = 240
		B = 123	L = 178

## 10.2. Résultats

*Test d'Ishihara.* Les vingt-huit participants à l'expérience n'ont aucun problème à réaliser le test d'Ishihara. Ils ont tous réussi l'ensemble des planches (100% de réussite). Ce résultat confirme qu'aucun participant n'a de difficulté à percevoir les couleurs.

*Taux d'erreurs.* Les réponses aux essais de la phase de familiarisation ont été exclues. Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (identiques vs. différentes), le type de couleur des cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient

manipulées en intra-sujet. L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif (cf. Tableau VII pour l'ensemble des F, p et  $\eta_p^2$  associées).

Tableau VII. Différentes valeurs de F, de p et  $\eta_p^2$  pour les différents effets principaux et interactions portant sur le taux d'erreurs (expérience 6).

Effets	F(1, 27)	p	$\eta_p^2$
Type de cibles (identiques vs. différents)	1,97	0,17	0,07
Type de couleurs de cibles (jaune vs. vert)	0,23	0,63	0,01
Type d'amorces (jaune vs. verte)	1,48	0,23	0,05
Type de cibles × Type de couleurs de cibles	1,41	0,25	0,05
Type de cibles × Type d'amorces	0,02	0,88	0,00
Type de couleurs de cibles × Type d'amorces	0,86	0,36	0,03
Type de cibles × Type de couleurs de cibles × Type d'amorces	1,22	0,28	0,04

*Temps de réponse.* Les temps de réponse de la phase de familiarisation ainsi que les temps de réponse aux erreurs (3,1% des données) ont été exclus des analyses. Le temps de réponse moyen aux erreurs est de 529, 25 ms ( $\pm 181,74$ ). Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées où le type de cibles (identiques vs. différentes), le type de couleur des cibles (jaune vs. verte) et le type d'amorces (jaune vs. verte) étaient manipulées en intra-sujet. L'ANOVA révèle un effet principal de la variable type de cibles. Les temps de réponse aux cibles identiques (517, 71  $\pm$  108,27) sont plus courts que les temps de réponse au cibles différentes (537,30  $\pm$  105,40), [F(1, 27) = 6,26, p < ,02,  $\eta_p^2$  = 0,19]. Mis à part cet effet et contrairement à notre hypothèse, L'ANOVA ne révèle aucun autre effet significatif (cf. Figure 18) : pas d'effets principaux de la variable type de couleur des cibles [F(1, 27) = 0,08, p = ,77,  $\eta_p^2$  = 0,00], ni de la variable type d'amorces [F(1, 27) = 1,88, p = ,18,  $\eta_p^2$  = 0,07] et une absence d'interaction (cf. Tableau VIII pour l'ensemble des F, p et  $\eta_p^2$  associées).

Tableau VIII. Différentes valeurs de F, de p et  $\eta_p^2$  pour les différentes interactions portant sur les temps de réponse (expérience 6).

Effets	F(1, 27)	p	$\eta_p^2$
Type de cibles × Type de couleurs de cibles	1,40	0,25	0,05
Type de cibles × Type d'amorces	0,79	0,38	0,03
Type de couleurs de cibles × Type d'amorces	1,49	0,23	0,05
Type de cibles × Type de couleurs de cibles × Type d'amorces	0,08	0,78	0,00

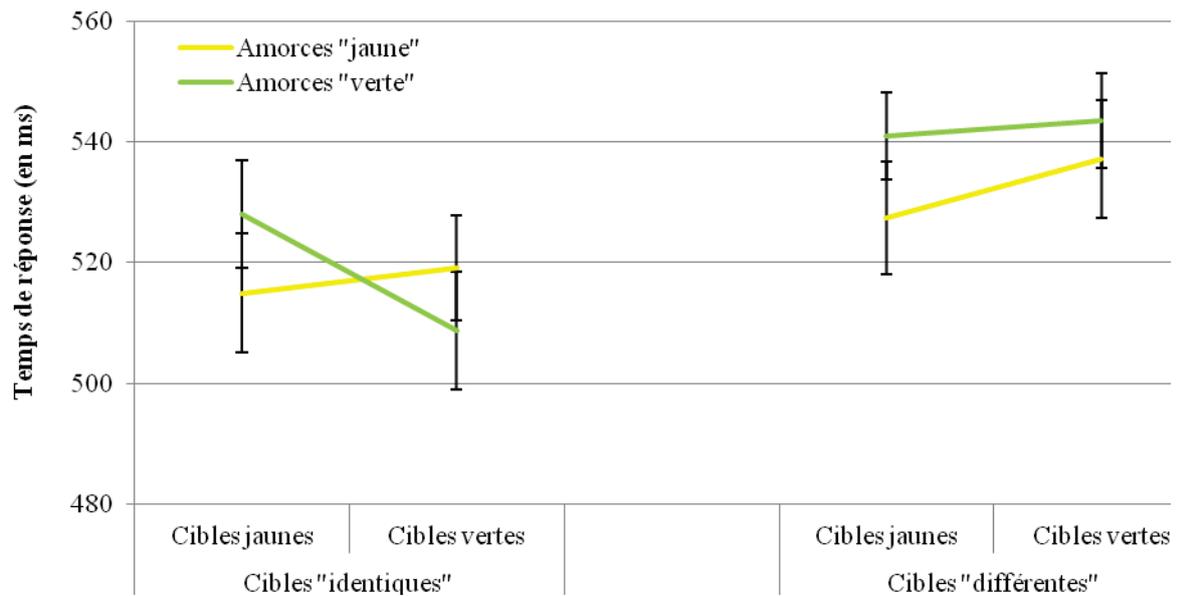


Figure 18. Temps de réponse (en ms) de l'expérience 6, en fonction du type de cibles (identiques vs. différentes), du type de couleur des cibles (jaune vs. verte) et du type d'amorces (associées à la couleur jaune vs. à la couleur verte). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

### 10.3. Discussion

L'objectif de cette sixième expérience était de mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle la simulation de la couleur est en mesure d'influencer la perception de la couleur alors que les participants devaient réaliser une tâche de discrimination chromatique intra-catégorielle. Conformément aux résultats de plusieurs travaux (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009), il semble qu'une telle tâche n'implique pas un traitement lexical de la couleur mais uniquement un traitement perceptif. En effet, les premières expériences en ayant recours à des tâches de discrimination chromatique inter-catégorielle ne peuvent permettre d'exclure que l'amorçage observé puissent être de nature lexicale. En conséquence, dans cette nouvelle expérience, les participants devaient dire si deux cibles, appartenant à la même catégorie lexicale de couleur (i.e., jaune ou vert), possédaient des teintes identiques (i.e., jaune foncé-jaune foncé ou vert foncé-vert foncé) ou des teintes différentes (i.e., jaune foncé-jaune clair ou vert foncé-vert clair). Les résultats obtenus ne permettent pas de confirmer l'hypothèse simulationniste. En effet, il n'y a pas d'amorçage lorsque l'amorce est dans une couleur congruente avec la couleur des deux ronds composant la cible, et qu'ils soient de teintes identiques ou différentes. Si une interaction peut être observée sur le graphique dans le cas des cibles identiques (cf. Figure 18), l'ANOVA ne révèle pas d'effet significatif.

Ce résultat suggère deux conclusions importantes. Premièrement et contrairement à notre hypothèse centrale, il semble qu'une influence de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur ne soit pas possible. En effet, comme nous utilisons une tâche de discrimination intra-catégorielle censée uniquement faire appel à un traitement perceptif de

bas-niveau, ne pas obtenir un amorçage alors qu'une couleur congruente est simulée suggère que la simulation de la couleur n'a pas d'effet sur ce type de traitement. Ce résultat s'oppose donc fortement à notre hypothèse générale ainsi qu'aux nombreux travaux suggérant la possibilité d'une telle interaction. La seconde conséquence est qu'un tel résultat appuie l'idée que dans les expériences antérieures (i.e., expériences 1, 2, 3, 4 et 5), l'amorçage obtenu est de nature lexicale. En effet, l'obtention d'un effet dans les expériences précédentes est sans aucun doute imputable au fait que les tâches perceptives utilisées permettent le recours à des indices lexicaux, indices qui sont influencés par les amorces. Cette dernière conclusion suggère en conséquence qu'une influence des connaissances est possible sur la perception des couleurs mais uniquement *via* l'intervention de processus lexicaux.

Une telle conclusion peut néanmoins être nuancée. En effet, il est envisageable que la simulation de la couleur ne se situe pas au niveau général d'une catégorie de couleur (e.g., jaune, vert) mais au niveau plus précis d'une teinte (e.g., vert clair, vert foncé). Dans ce cas, comme dans l'ensemble des expériences précédentes, nous avons manipulé le lien de congruence entre la couleur associée à l'amorce et la couleur de la cible uniquement au niveau de la catégorie de couleur, il est normal que nous n'observons pas d'influence à un niveau perceptif. En effet, les amorces « ARTICHAUT » et « SALADE » sont toutes deux présentées suivies d'un rond vert dans la condition congruente. Or, un artichaut et une salade ne sont pas du tout associés à la même teinte. L'artichaut est associé à un vert plutôt foncé alors que la salade est associée à une teinte plus claire. Dans l'hypothèse où la simulation de la couleur se produit au niveau de la teinte, alors c'est la perception d'une teinte similaire qui devrait être affectée et pas n'importe quelle teinte. Le fait d'avoir contrôlé le lien de congruence au niveau de la catégorie de couleur, sans contrôle de la teinte, a sans doute favorisé l'observation d'un amorçage lexical car finalement le seul lien entre l'amorce et la cible se situe au niveau du label de couleur associé. Nous avons développé une dernière expérience, qui va tenter de mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle la simulation de la couleur se produit au niveau précis de la teinte et qu'il est possible d'observer une influence de la simulation sur la perception de la couleur du moment que le lien de congruence est contrôlé au niveau de la teinte précise.

### **Résumé de l'expérience 6**

Dans cette expérience, nous avons tenté à nouveau de palier une explication alternative de l'amorçage observé selon laquelle l'amorçage ne serait pas de nature perceptivo mais lexicale. Effectivement, l'amorce impliquerait l'accès au représentant lexical de la couleur associée ce qui faciliterait les temps de réponse à la tâche perceptive pouvant elle aussi être résolu à l'aide des labels des couleurs. Nous avons, en conséquence, modifié légèrement la tâche perceptive utilisée. Au lieu d'utiliser une tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle, nous avons utilisé une tâche de discrimination inter-catégorielle qui exclu la possibilité d'utiliser des labels afin de discriminer les couleurs. Dans ce contexte, nous ne retrouvons plus l'effet d'amorçage, suggérant que jusqu'à présent l'amorçage observé était de nature lexicale et non perceptivo.

## **EXPERIENCE 7**

### **Amorçage perceptif des teintes**

Les cinq premières expériences ont permis de mettre en évidence un effet d'amorçage de la simulation de la couleur sur la perception de la couleur : l'accès à une couleur en mémoire (jaune ou verte) est en mesure d'influencer la perception d'une couleur congruente. Néanmoins, comme les tâches utilisées nécessitent une discrimination chromatique inter-catégorielle, il est possible que l'amorçage ne soit pas de nature perceptive mais lexicale. Afin de palier cette limite, nous avons réalisé une sixième expérience dans laquelle nous avons utilisé une tâche de discrimination chromatique intra-catégorielle. En effet, ce type de tâche impliquerait uniquement le recours à un indice perceptif afin de discriminer les couleurs et donc implique uniquement la mise en œuvre de traitements perceptifs (Bornstein & Korda, 1984 ; Drivonikou, et al., 2007 ; Gilbert et al., 2006 ; Pilling et al., 2003 ; Roberson & Davidoff, 2000 ; Siok et al., 2009). Cependant, les résultats à cette expérience ne mettent pas en évidence d'amorçage, suggérant que l'accès à une couleur en mémoire ne peut affecter la perception de la couleur à un niveau perceptif.

Néanmoins, une critique peut être formulée à l'encontre de l'expérience 6 (comme des cinq expériences antérieures), surtout sur un plan théorique. En effet, dans cette sixième expérience, les participants voyaient un mot en lien avec la couleur verte par exemple (GRENOUILLE), suivi de deux ronds verts identiques ou différents, ou de deux ronds jaunes identiques ou différents. L'hypothèse prédisait une facilitation dans la condition où la couleur associée au mot correspondait à la couleur des ronds cibles. Néanmoins, une telle attente est-elle pertinente ? La question sous-jacente concerne la nature de ce qui est simulé. Depuis le début de cette thèse nous envisageons l'idée que ce qui est simulé est une couleur. Néanmoins, qu'est-ce qu'une couleur ? La réponse à cette question est bouleversée par les travaux sur la catégorisation perceptive des couleurs qui dissocient la teinte perçue et la représentation lexicale de la catégorie de la teinte (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). En effet, ces travaux conduisent à distinguer la couleur définie comme une teinte et la couleur définie comme une catégorie lexicale. En conséquence, simulons-nous une teinte particulière (i.e., jaune clair, jaune foncé, jaune-vert, jaune-orangé, vert-gris, vert-bleu, etc.) ou une catégorie lexicale (i.e., jaune, vert, orange) ?

A un niveau théorique, l'idée défendue par l'approche simulationniste est qu'une simulation perceptive est la simulation à un niveau neuronal d'une perception antérieure recrutant des structures neuronales similaires. En conséquence, il y a une forte similarité entre la perception et la simulation. Au niveau de la couleur, la perception peut être très fine. Autrement dit, de nombreuses teintes peuvent être discriminées. De nombreux travaux empiriques appuient cette idée (voir Heurley et al., en révision pour une discussion). Par

exemple, les travaux en catégorisation perceptive démontrent que les participants sont facilement capables de discriminer des teintes appartenant à la même catégorie (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). Les travaux portant sur les bases neuronales de la perception, comme ceux portant sur les bases neuronales de la simulation, démontrent que les participants sont capables de discriminer des teintes de luminances différentes (Beauchamp et al., 1999 ; Simmons et al., 2007 ; Hsu et al., 2011 ; Hsu et al., 2012). En conséquence, comme la simulation de la couleur est similaire à la perception de la couleur, elle est censée être aussi précise. En d'autres termes, il est théoriquement possible de simuler des teintes et pas uniquement des grandes catégories de couleur.

Cependant, ce qui est envisagé à un niveau théorique ne l'est pas à un niveau méthodologique. En effet, dans nos précédentes expériences, aucun intérêt n'a été porté sur les teintes. Par exemple, ce qui est manipulé au niveau de l'amorce, ce n'est pas la teinte associée à l'amorce mais la catégorie lexicale. Les amorces appartiennent soit à la catégorie « jaune », soit à la catégorie « verte », en dépit du fait que les amorces n'impliquent pas nécessairement les mêmes teintes de jaune et de vert. En effet, si nous prenons les amorces « ARTICHAUT » et « SALADE », ce n'est pas exactement la même teinte qui est associée à ces deux concepts. Un vert plutôt foncé est associé à l'artichaut alors que le vert associé à la salade est plus clair, alors que les deux sont associées à la couleur verte. De plus, le lien de congruence entre les amorces et les cibles n'est pas non plus contrôlé au niveau de la teinte, mais au niveau de la catégorie lexicale. En effet, nous considérons qu'il y a congruence lorsque l'amorce et la cible sont toutes deux associées à la couleur verte ou jaune (i.e., défini comme la catégorie « vert » ou la catégorie « jaune »). Or si nous considérons que la simulation de la couleur est de nature perceptive, le niveau d'intérêt n'est pas le niveau « catégories des couleurs », mais le niveau « teintes des couleurs ». En effet, si c'est une teinte particulière qui est simulée alors c'est la perception précise de cette teinte que la simulation devrait affecter. En conséquence, si nous souhaitons observer un effet de la simulation sur la perception de la couleur, nous devons nous efforcer de contrôler le lien de congruence au niveau de la teinte simulée et de la teinte perçue. Par exemple, la teinte de vert simulée lors de la lecture du mot SALADE devrait influencer la perception d'une teinte de vert clair, qui ne devrait pas être influencée lorsque l'amorce est « ARTICHAUT » (qui est associé à une teinte plus foncée).

Pour investiguer la pertinence de cette interprétation, nous avons réalisé une septième et dernière expérience. Cette expérience utilise une procédure similaire à celle utilisée par Brunel, Labeye, Lesourd et Versace (2009). Elle se déroule en deux phases. Lors de la première phase, dite phase d'association, les participants devaient effectuer une tâche de catégorisation de forme dans laquelle un carré et un rond apparaissaient 40 fois chacun au centre de l'écran. Deux groupes de participants avaient été constitués. Le premier voyait une des deux formes dans une teinte de vert particulière que nous avons nommé « vert 60<sup>12</sup> » et l'autre forme dans une teinte de gris (i.e., achromatique). L'autre groupe voyait une des deux

---

<sup>12</sup> Nous l'avons nommé ainsi car dans le modèle colorimétrique TSL, la teinte à une valeur de 60 (sur une étendue allant de 0 à 255)

formes dans une teinte de vert différente, nommée « vert 80<sup>13</sup> », alors que l'autre forme était aussi présentée en gris (cf. Figure 19). Cette phase avait pour but de créer une association entre une forme et une teinte précise de couleur. Cette association permettait dans une seconde phase d'induire une simulation de la couleur (i.e., récupération de la teinte précise) simplement lors de la perception de la forme à laquelle elle avait été associée. Nous avons choisi de construire de manière artificielle l'association entre une forme et une couleur car l'utilisation de concepts associés à une couleur est très problématique. En effet, il est difficile de trouver des concepts pour lesquels un très grand pourcentage de la population perçoit précisément la même teinte. Par exemple, le vert de la salade est perçu très différemment selon les personnes. Ainsi, il est très difficile de contrôler la teinte simulée en utilisant des objets possédant une couleur typique.

Dans une seconde phase, tous les participants voyaient en guise de cible une forme hexagonale qui était dans la moitié des cas colorée en « vert 60 » et dans l'autre moitié des cas, colorée en « vert 80 ». Les participants devaient discriminer si la forme apparaissait dans le « vert 60 » ou dans le « vert 80 » (i.e., tâche de discrimination chromatique intra-catégorielle). Une telle tâche nous garantit, comme dans l'expérience 6, la nécessité d'effectuer un traitement perceptif pour réaliser la tâche (et l'absence d'un traitement lexical). Juste avant la présentation de cette cible, apparaissait très brièvement soit un carré blanc, soit un rond blanc. La perception d'une telle forme devrait automatiquement induire la récupération de la teinte associée à la forme durant la phase d'association. Trois cas de figure sont possibles : (i) la couleur associée à la forme amorce est un vert de la même teinte que le vert qui colore la forme hexagonale cible (i.e., condition congruente), (ii) la couleur associée à la forme amorce est un vert qui possède une teinte différente que le vert qui colore la forme hexagonale cible (i.e., condition non congruente) et (iii) la couleur associée à la forme amorce est un gris différent de la teinte de vert qui colore la forme hexagonale cible (condition contrôle). Nous nous attendons à une facilitation des temps de réponse dans la condition congruente par rapport à la condition non congruente et à la condition contrôle.

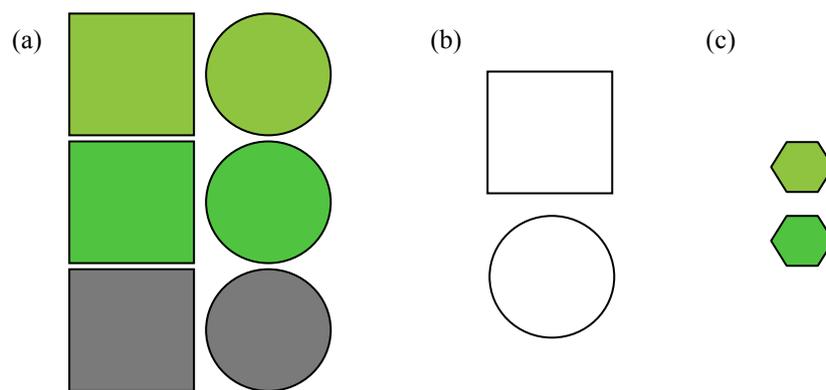


Figure 19. Type de stimuli utilisés (a) en phase de familiarisation (avec en premier, en partant d'en haut, la teinte « vert 60 » et en second la teinte « vert 80 ») et en phase test : (b) en amorce et (c) en cible.

<sup>13</sup> Comme précédemment, nous l'avons nommé ainsi car cette teinte de vert à une valeur de 80 dans le modèle TSL.

### 11.1. Méthodologie

*Participants.* Trente et un étudiants ont participé à cette expérience (dont 16 filles). Ils avaient tous une vision normale ou corrigée et ont tous une vision des couleurs normale suivant la version électronique du test d'Ishihara (voir expérience 6). La moyenne d'âge est de 24,23 ans ( $\pm 4,30$ ).

*Matériel.* Dans la phase d'association, nous avons utilisé deux formes géométriques élémentaires (i.e., rond et carré) qui pouvaient être présentées soit colorées dans une teinte de vert dit « vert 60 », soit dans une teinte de vert dit « vert 80 », soit en gris (cf. Tableau IX, pour l'ensemble des coordonnées des différentes couleurs dans le modèle TSL et RGB). Le carré mesurait à l'écran 160 pixels de côté, et le rond avait un diamètre de 160 pixels. Notons, que les deux teintes de verts ont des luminances et des saturations identiques. L'iso-luminance et l'iso-saturation des différentes couleurs nous assure de ne faire varier que la teinte. De plus, étant donné que la luminance des cibles est similaire et que le fond est identique (i.e., blanc), le contraste entre les deux teintes est similaire suivant la loi de Weber-Fechner<sup>14</sup>.

Tableau IX. Chaque couleur utilisée avec leurs coordonnées dans les modèles colorimétriques RVB et TSL.

	Modèle RVB (0-255)			Modèle TSL (0-255)		
	Rouge	Vert	Bleu	Teinte	Saturation	Luminance
« Vert 60 »	143	196	64	60	135	130
« Vert 80 »	80	196	64	80	135	130
Gris	122	122	122	170	0	122
Blanc	255	255	255	170	0	255

Lors de la phase d'amorçage, les amorces sont les mêmes formes géométriques avec les mêmes dimensions mais « colorées » en blanc. En guise de cibles, nous avons utilisé une forme hexagonale plus petite par rapport au carré et au rond déjà utilisé, qui pouvait être soit colorée dans le « vert 60 », soit dans le « vert 80 ». L'hexagone avait une hauteur de 60 pixels, une largeur au centre de 80 pixels et une largeur du segment supérieur de 50 pixels. Nous avons opté pour une forme hexagonale située à mi-chemin entre une forme ronde et carrée, pour éviter un amorçage de la forme (cf. Figure 19). De plus, nous avons choisi une forme hexagonale plus petite qui peut « entrer » à la fois dans le rond et le carré pour faciliter l'intégration de la couleur simulée avec la couleur perçue. En effet, si les participants simulent la couleur lorsqu'ils voient un rond ou un carré, cette couleur pourra « recouvrir » la couleur de la forme hexagonale plus petite.

<sup>14</sup>  $C_W = \frac{L - L_{\text{fond}}}{L_{\text{fond}}}$  où L et  $L_{\text{fond}}$  désignent respectivement la luminance de l'objet et la luminance du fond directement aux abords de l'objet et  $C_W$  désigne le contraste entre l'objet et le fond

L'ensemble de ces formes sont entourées d'un trait noir et présentées sur un fond blanc. De plus, nous avons uniquement choisi des teintes de vert car c'est une couleur qui permet d'avoir de nombreuses teintes ayant le même label mais qu'il est facile de distinguer perceptivement. En effet, d'autres couleurs comme le rouge ou le jaune sont des couleurs pour lesquelles peu de teintes existent, et en conséquence, distinguer ces teintes est très complexe ce qui aurait induit une importante variabilité au niveau des temps de réponse.

*Procédure.* L'expérience se déroulait individuellement dans une pièce calme avec pour seule lumière celle de l'écran d'un ordinateur Aspire One D255 1.66 GHz utilisé pour l'expérience.

Lors de la phase d'association, les participants ont été divisés en deux groupes. Lors de chaque essai, les deux groupes voyaient apparaître au centre de l'écran une forme colorée en vert ou en gris qui restait affichée jusqu'à la réponse du participant, suivi d'un intervalle inter-stimuli de 1500 ms (ITI). Le groupe dit « groupe 80 » voyait en guise de vert le « vert 80 » alors que le « groupe 60 » voyait la forme verte en « vert 60 ». Les deux groupes voyaient l'autre forme dans le même gris. Chaque forme apparaissait 40 fois à l'écran, à chaque fois présentée dans la même couleur. La tâche des participants était de dire le plus rapidement possible si la forme qui apparaissait était un rond ou un carré (i.e., tâche de catégorisation de la forme) à l'aide des touches S et L du clavier AZERTY. Nous avons opté pour cette tâche afin que la couleur associée ne soit pas verbalisée et ne fasse pas l'objet de l'attention du participant de sorte que l'association forme-couleur se fasse de manière non consciente. De plus, afin que chaque forme passe dans chaque couleur et que l'ordre des touches de réponse soit contrebalancé, de nombreux sous groupes ont été constitués (i.e., 16 groupes). En outre, le fait qu'un groupe ne voit qu'une des deux teintes de vert nous garantit qu'aucune stratégie consistant à trouver un label spécifique à la teinte (e.g., vert clair, vert foncé, vert bleu), par comparaison avec l'autre couleur, ne soit mis en place lors de cette phase.

Durant la phase d'amorçage, l'ensemble des participants voyaient lors de chaque essai un carré ou un rond blanc amorce apparaître durant 250 ms au centre de l'écran, immédiatement suivi d'un hexagone présenté dans un « vert 60 » ou dans un « vert 80 » qui restait affiché jusqu'à la réponse des participants, suivi d'un ITI de 1500 ms. En conséquence, le *SOA* utilisé dans cette expérience est de 250 ms. Les participants devaient dire dans quelle teinte de vert apparaissait l'hexagone cible. Pour répondre les participants devaient à nouveau utiliser les touches S et L sur lesquelles étaient collées des pastilles colorées en « vert 60 » ou en « vert 80 ». Les touches ont été contrebalancées entre les participants. Nous avons opté pour une telle tâche de détection chromatique intra-catégorielle car elle nous assure que les participants aient à réaliser un traitement perceptif de bas-niveau afin de répondre. En conséquence, si une influence est observée cela nous garantit qu'elle ait lieu à un niveau perceptif et non lexical. Cette seconde partie de l'expérience (i.e., phase d'amorçage) débutait par 8 essais de familiarisation, composés de 4 hexagones qui apparaissaient en « vert 60 » et composé de 4 hexagones qui apparaissaient en « vert 80 ». La moitié des hexagones était précédée par un carré et l'autre moitié par un rond. La présentation des ronds et carrés colorés en phase d'association et des hexagones en phase d'amorçage a été randomisé.

En conséquence, trois variables différentes ont été manipulées durant la phase d'amorçage. Premièrement, le type de cibles en intra-sujet (vert 60 vs. vert 80). Deuxièmement, le type d'amorces en intra-sujet (associée à la couleur verte vs. associée à la couleur grise). Et troisièmement, le type de groupes d'amorçage en inter-sujet (groupe 60, qui a vu comme vert : le vert 60, vs. le groupe 80, qui a vu comme vert : le vert 80). En effet, chaque groupe voit une amorce qui a été préalablement associée à la couleur verte ou associée à la couleur grise, mais suivant le groupe se sont des teintes de vert différentes qui ont été associées au cours de la phase d'association. Dans un groupe, la teinte de vert est le « vert 60 » alors que pour l'autre groupe c'est le « vert 80 ». En conséquence, nous prédisons une interaction entre les trois variables manipulées. Plus précisément, nous envisageons des temps de réponse plus courts lorsque l'amorce est associée à une teinte similaire à la teinte du stimulus cible par rapport à la situation où l'amorce est achromatique (i.e., grise) et cela que la cible soit colorée en « vert 60 » comme en « vert 80 ».

Enfin, comme dans l'expérience 6, étant donné que la tâche de discrimination chromatique est plus complexe, les participants ont réalisé la version informatisée du test d'Ishihara à la toute fin de l'expérience.

## 11.2. Résultats

*Test d'Ishihara.* L'ensemble des participants à l'expérience ont réalisé le test d'Ishihara sans aucun souci (100% de réussite) sauf un seul (i.e., 70 % de réussite). Le taux d'erreurs de ce participant à la tâche de détection chromatique (i.e., 48 %) confirme la nécessité d'exclure ce participant sans doute atteint d'un daltonisme léger.

*Taux d'erreurs.* Nous avons soumis l'ensemble des données à une ANOVA à mesures répétées avec le type d'amorces (verte vs. grise) et le type de cibles (vert 60 vs. vert 80) en intra-sujets et le type de groupes d'amorçage (groupe 60 vs. groupe 80) en inter-sujet. L'ANOVA ne révèle aucun effet significatif (cf. Tableau X pour l'ensemble des F, p et  $\eta_p^2$  associées).

Tableau X. Différentes valeurs de F, de p et  $\eta_p^2$  pour les différents effets principaux et interactions portant sur le taux d'erreurs (expérience 7).

Effets	F(1, 28)	p	$\eta_p^2$
Type de groupes d'amorçage (groupe 60 vs. groupe 80)	0,90	0,35	0,03
Type de cibles (vert 60 vs. vert 80)	2,23	0,15	0,07
Type d'amorces (verte vs. grise)	0,33	0,57	0,01
Type de groupes d'amorçage × Type de cibles	1,07	0,31	0,04
Type de groupes d'amorçage × Type d'amorces	1,06	0,31	0,04
Type de cibles × Type d'amorces	0,01	0,92	0,00
Type de cibles × Type d'amorces × Type de groupes d'amorçage	1,77	0,19	0,06

*Temps de réponse.* Nous n'avons pas retenu les temps de réponse de la phase de familiarisation, les temps de réponses aux essais incorrects ( $400,93 \pm 91,76$ ) ainsi que les temps de réponse supérieurs ou inférieurs à la moyenne totale des temps de réponse  $\pm 2$  écart-types (i.e., 4,13 % des données). Nous avons soumis l'ensemble de ces données à une ANOVA à mesures répétées avec le type d'amorces (verte vs. grise) et le type de cibles (vert 60 vs. vert 80) en intra-sujet et le type de groupes d'amorçage (groupe 60 vs. groupe 80) en inter-sujet pour les mêmes raisons que précédemment.

Dans un premier temps, l'ANOVA a révélé un effet principal de la variable « type de groupes d'amorçage ». Les temps de réponse du « groupe amorce 80 » qui voit le « vert 80 » durant la phase d'association ont des temps de réponse plus courts durant la phase d'amorçage ( $454,80 \pm 43,38$ ) par rapport au groupe amorce qui ont vu la teinte « vert 60 » ( $485,31 \pm 34,57$ ) [ $F(1, 28) = 6,69, p < .02, \eta_p^2 = 0,19$ ]. Cet effet traduit une différence entre nos deux groupes de participants. L'ANOVA révèle aussi un effet principal de la variable « type de cibles ». En effet, les temps de réponse pour discriminer les cibles « vert 60 » sont plus longs ( $478,80 \pm 45,92$ ) par rapport aux temps de réponse pour discriminer les cibles « vert 80 » ( $461,39 \pm 35,78$ ) [ $F(1, 28) = 6,87, p < .02, \eta_p^2 = 0,20$ ]. Ce résultat suggère que les cibles colorées en « vert 80 » sont plus saillantes que celles colorées en « vert 60 » malgré l'égalisation *a priori* du contraste de chacune des cibles. En revanche, l'ANOVA ne révèle pas d'effet principal de la variable « type d'amorces ». Il n'y a pas de différence significative entre la condition où l'amorce qui précède la cible a été préalablement associée à la couleur verte ( $472,32 \pm 42,18$ ) ou à la couleur grise ( $467,87 \pm 41,87$ ) [ $F(1, 28) = 2,50, p = .12, \eta_p^2 = 0,08$ ]. De plus, aucune des différentes interactions possibles entre deux variables ne sont significatives : (i) type de groupes  $\times$  type de cibles [ $F(1, 28) = ,08, p = ,78, \eta_p^2 = 0,00$ ], (ii) type de groupes  $\times$  type d'amorces [ $F(1, 28) = ,57, p = ,46, \eta_p^2 = 0,02$ ], et (iii) type de cibles  $\times$  type d'amorces [ $F(1, 28) = ,03, p = ,87, \eta_p^2 = 0,00$ ]. En revanche, l'ANOVA révèle que l'interaction entre les trois variables est significative [ $F(1, 28) = 3,97, p < ,05, \eta_p^2 = 0,12$ ].

Afin de mieux comprendre la nature de cette interaction, nous avons réalisé des comparaisons planifiées dans lesquelles nous avons comparé les temps de réponse dans la condition où l'amorce est grise (i.e., contrôle) par rapport à la condition où l'amorce est associée à la couleur verte (i.e., « vert 60 » ou « vert 80 » suivant le groupe) et cela pour chacune des cibles (i.e., vert 60 et vert 80). La raison de ces comparaisons réside dans le désir de comparer des conditions congruentes et non congruentes pour une teinte de cible donnée. Par exemple, lorsque la cible est colorée en « vert 60 », nous comparerons la condition où l'amorce est associée à la teinte « vert 60 » (i.e, condition congruente) avec la condition où l'amorce est associé à la couleur grise (i.e., condition contrôle) ainsi que la condition où l'amorce est associée à la teinte « vert 80 » (i.e, condition non congruente) avec la condition où l'amorce est associée à la couleur grise (i.e., condition contrôle). Nous allons diviser la présentation de ces comparaisons suivant la teinte de la cible.

*Temps de réponse aux cibles « vert 60 ».* Lorsque la cible est de couleur « vert 60 », les comparaisons ne révèlent pas de différence significative entre l'amorce grise et l'amorce verte

pour le groupe dans lequel l'amorce a été associée au « vert 60 » (i.e., condition congruente) [grise :  $490,17 \pm 35,90$  vs. vert 60 :  $499,70 \pm 40,46$  ;  $F(1, 28) = 1,93$ ,  $p = ,18$ ,  $\eta_p^2 = 0,06$ ], comme pour le groupe dans lequel l'amorce verte a été associée à la couleur « vert 80 » (i.e., condition non congruente) [grise :  $463,62 \pm 50,95$  vs. vert 80 :  $461,70 \pm 44,95$  ;  $F(1, 28) = 0,08$ ,  $p = ,78$ ,  $\eta_p^2 = 0,00$ ] (cf. Figure 20). Ce résultat n'est pas cohérent avec notre hypothèse. En effet, nous nous attendions à observer des temps plus courts dans la condition congruente par rapport à la condition contrôle.

*Temps de réponse aux cibles « vert 80 ».* Pour les cibles de couleur « vert 80 », les comparaisons révèlent une différence significative entre la situation où l'amorce est associée à la couleur grise et la situation où l'amorce est associée à la couleur verte mais uniquement pour le groupe dans laquelle l'amorce a été associée au « vert 80 » (i.e., condition congruente), [ $F(1, 28) = 4,86$ ,  $p < ,04$ ,  $\eta_p^2 = 0,15$ ]. En effet, les temps de réponse sont plus longs dans la situation congruente (vert 80 :  $454,63 \pm 38,00$ ) par rapport à la situation contrôle (gris :  $439,59 \pm 33,34$ ). Par contre, pour le groupe dans lequel l'amorce a été associée au « vert 60 » (i.e., condition non congruente), la différence n'est pas significative, [gris :  $478,11 \pm 27,02$  vs. vert 60 :  $473,25 \pm 42,18$  ;  $F(1, 28) = 0,51$ ,  $p = ,48$ ,  $\eta_p^2 = 0,02$ ] (cf. Figure 21). Contrairement au résultat sur les cibles « vert 60 », ce résultat est en accord avec notre hypothèse suggérant que la simulation de la teinte « vert 80 » influence la perception de cette teinte. Néanmoins, nous n'observons pas une facilitation mais un ralentissement des temps de réponse dans la condition congruente.

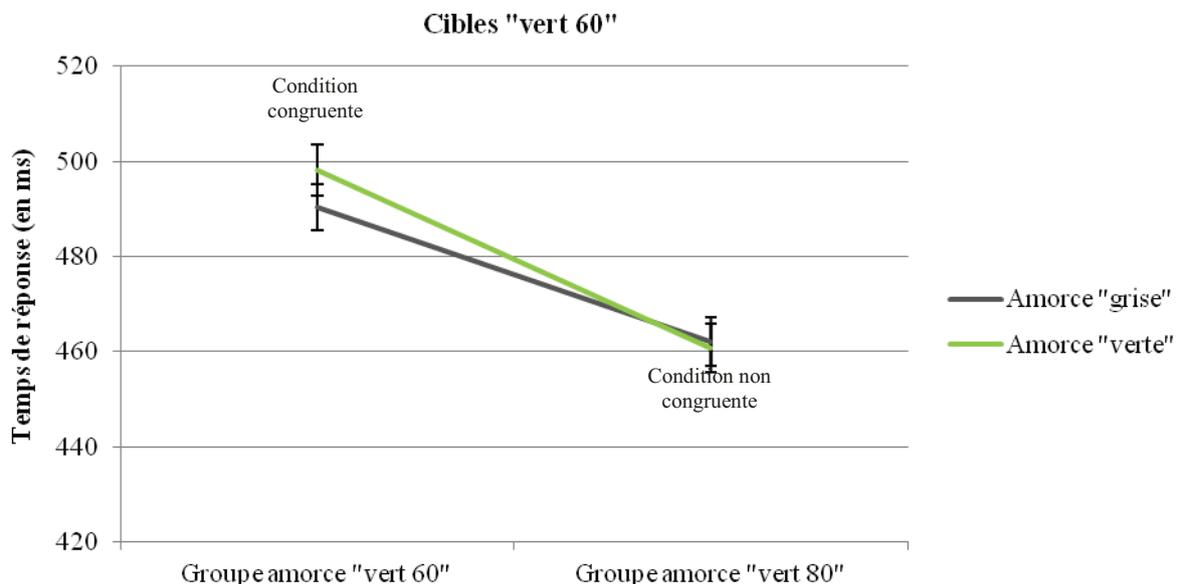


Figure 20. Temps de réponse (en ms) à l'expérience 7 pour les cibles « vert 60 » en fonction du type d'amorces (grise vs. verte) et du type de groupes (amorce vert 60 vs. amorce vert 80). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard.

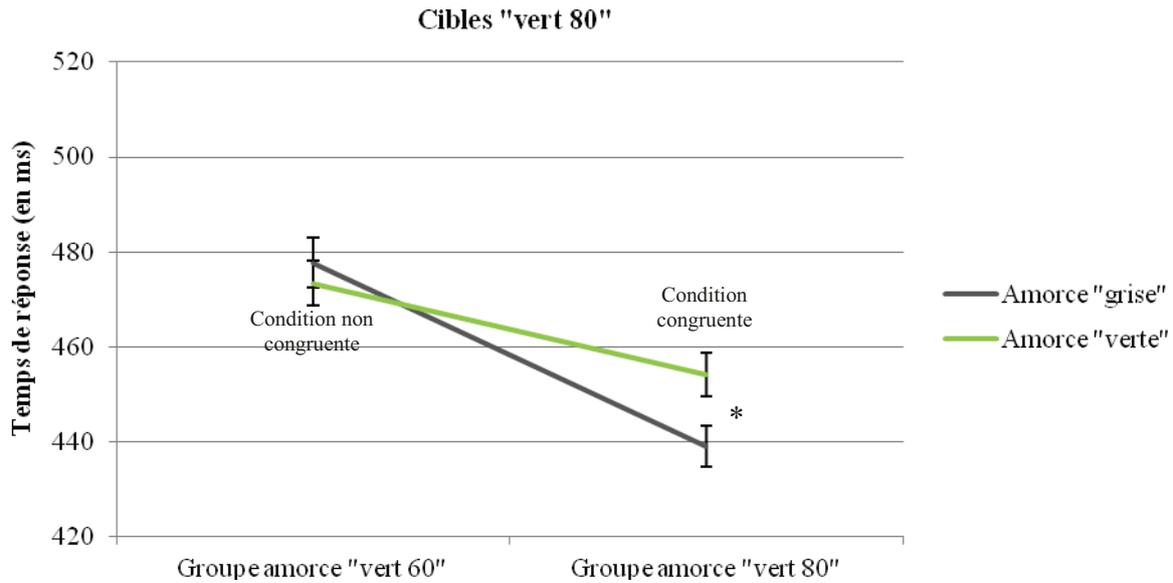


Figure 21. Temps de réponse (en ms) à l'expérience 7 pour les cibles « vert 80 » en fonction du type d'amorces (grise vs. verte) et du type de groupes (amorce vert 60 vs. amorce vert 80). Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard (\* =  $p < .01$ ).

En résumé, ces résultats suggèrent que dans la condition où les cibles sont colorées en « vert 80 », les temps de réponse lorsque l'amorce est associée à la même teinte (i.e., « vert 80 ») sont plus lents par rapport à la condition contrôle où l'amorce a été associée à la couleur grise. Une telle différence n'est en revanche pas obtenue dans la condition où les cibles sont colorées en « vert 60 », même si visuellement le même effet se dessine sur le graphique.

### 11.3. Discussion

Dans cette dernière expérience, nous avons pris en compte l'idée suivant laquelle la simulation de la couleur est une simulation de la teinte et qu'en conséquence l'influence de la simulation au niveau perceptif est censée se produire sur la perception d'une teinte congruente. Pour cela nous avons construit une expérience en deux phases dans laquelle nous avons contrôlé le lien de congruence/incongruence au niveau précis des teintes. Au cours de la première phase, une forme était associée à une teinte de vert particulière alors qu'une autre forme était associée à un gris. Lors de la phase test, les participants devaient réaliser une tâche de discrimination intra-catégorielle dans laquelle deux verts de teintes différentes devaient être catégorisés. Les deux formes précédemment associées à une teinte de vert ou à un gris étaient présentées en noir et blanc en amorce. Nous nous attendions à une facilitation des temps de réponse lorsque l'amorce était associée à une teinte identique à la teinte de vert perçue par rapport à la condition où les teintes sont différentes et par rapport à la condition contrôle. Une telle hypothèse n'est pas confirmée, néanmoins les données obtenues peuvent appuyer l'hypothèse simulationniste.

En effet, nous observons une influence de la simulation d'une teinte sur la perception d'une teinte similaire, mais cette influence se traduit par un ralentissement. Ce ralentissement est surprenant compte tenu des résultats obtenus aux expériences antérieures mais est en accord avec deux travaux de la littérature. Le premier est celui d'Estes, Verges et Barsalou (2008) qui ont cherché à mettre en évidence l'influence de la simulation d'un emplacement dans l'espace sur la perception. Dans cette expérience, les participants lisaient un mot amorce associé à une localisation spatiale (e.g., GRENIER pour « en haut » ou CAVE pour « en bas »). Ensuite, une cible apparaissait soit en haut, soit en bas de l'écran. Dans la condition congruente, les temps de réponse sont plus longs. Meteyard, Bahrami et Vigliocco (2007) ont étudié l'impact de phrases impliquant un mouvement latéral vers la droite ou vers la gauche sur la perception d'un stimulus en mouvement. Encore une fois lorsque le mouvement simulé et le mouvement perçu sont identiques, les temps de réponse sont plus longs. Les différents auteurs expliquent ce ralentissement dans le cas d'une congruence de différentes manières : (i) recouvrement de trop peu de caractéristiques entre l'amorce et la cible (Estes, et al., 2008), (ii) période réfractaire (Kaschak, et al., 2005; Meteyard, et al., 2007) ou (iii) rôle du temps d'intégration (Brunel, et al., 2009). Nous discuterons plus amplement de ces différentes possibilités dans la discussion générale, néanmoins l'obtention d'un ralentissement des temps de réponse n'est pas incohérente et appuie l'idée suivant laquelle la simulation d'une teinte influencerait la perception d'une teinte congruente.

Mais comment cela se fait-il que l'effet ne soit pas significatif dans la condition où les cibles sont colorées dans la teinte « vert 60 » ? Une hypothèse possible est l'existence d'un effet plafond à cause de la combinaison de l'effet principal du type d'amorces avec celui du type de groupes. En effet, l'ANOVA a mis en évidence que les temps de réponse lorsque les cibles sont colorées en « vert 60 » sont globalement plus lents par rapport à la condition « vert 80 » sans doute imputable à un problème de saillance perceptive. Le « vert 60 » est plus difficile à discriminer que le « vert 80 ». De plus, les temps de réponse du groupe ayant vu en phase d'association la couleur « vert 60 » sont plus lents par rapport à l'autre groupe. Ce ralentissement est sans doute dû à un effet d'apprentissage (voir ci-dessous). La combinaison de ces deux effets conduit à des temps de réponse plus longs dans la condition de congruence avec le « vert 60 ». Ainsi, l'absence de différence significative pourrait s'expliquer par un effet plafond de temps de réponse. Une autre explication pourrait résider dans le délai de réponse qui devient trop long empêchant l'interaction entre la simulation et la perception (i.e., rôle du *SOA*). En effet, dans cette condition les participants répondent au bout de 500 ms, i.e., 750 ms (amorce = 250 ms + cible = 500 ms) après l'apparition de l'amorce. Il se peut qu'avec un tel délai les processus engagés par l'amorce ne soient plus en état d'activation.

Une autre interrogation concerne l'obtention d'un effet principal du groupe d'amorçage suggérant une différence entre nos deux groupes : celui qui associe une forme à un « vert 80 » par rapport à celui qui associe une forme à un « vert 60 ». Un tel résultat pourrait s'expliquer par un effet d'apprentissage lors de la phase d'association. En effet, il est important de noter que nos deux groupes ne sont pas équivalents quant à leur expérience avec les teintes. Le groupe « vert 80 » a été familiarisé avec la teinte « vert 80 » lors de la phase d'association alors qu'il n'a pas été familiarisé avec la teinte « vert 60 ». Inversement, pour le groupe « vert 60 » qui a été familiarisé avec la perception de la teinte « vert 60 » et pas avec

la teinte de « vert 80 ». Ainsi, cette phase implique des différences entre nos deux groupes alors que tous deux étaient ensuite en contact avec les deux types de cibles lors de la phase d'amorçage. Il est possible que le contact avec le « vert 80 » lors de la phase d'association augmente la capacité des participants à discriminer les deux teintes, ce qui augmente leur temps de réponse. Dans le cas, du groupe « vert 60 », n'ayant pas été en contact avec des cibles « vert 80 », cet effet de facilitation ne se retrouve pas. Pour résumer, ce qui différencie nos deux groupes est leur familiarisation avec une des deux cibles. Il est aussi possible d'inverser l'argumentation et de développer l'idée que c'est la familiarisation du groupe « vert 60 » avec la teinte « vert 60 » qui handicape ce groupe et conduit à des temps de discrimination plus lents. Néanmoins, une interrogation persiste avec une telle explication : pourquoi la perception du « vert 80 » faciliterait les capacités à discriminer et/ou que le « vert 60 » handicaperait cette capacité ? La réponse à cette question est difficile et nécessiterait des expériences complémentaires.

Une question centrale à développer consiste à savoir s'il est encore possible d'interpréter les résultats obtenus comme pouvant résulter d'un amorçage de nature lexicale ? Premièrement, dès lors que nous utilisons une tâche de discrimination intra-catégorielle cela semble peu réaliste. En effet, l'ensemble des travaux s'accordent sur l'hypothèse qu'une telle tâche implique uniquement des traitements perceptifs (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). De plus, si le label « VERT » était utilisé pour résoudre la tâche et que ce soit l'accès à ce label qui serait facilité, nous devrions obtenir un effet quel que soit la condition. Autrement dit, nous devrions observer un effet principal de la variable « type d'amorces » dans laquelle les amorces associées à la couleur verte (peut importe la teinte car elles font toutes deux appel au label vert) induisent des temps de réponse différents de l'amorce associée à la couleur grise. Or l'ANOVA n'a pas mis en évidence un tel effet suggérant qu'une explication lexicale ne peut rendre compte des résultats.

Compte tenu du travail d'Hanley et Roberson (2011), une autre explication lexicale des résultats pourrait être développée. L'idée de ces auteurs est que dans le cas de la perception précise de teintes, les labels associés d'un essai à l'autre ne sont pas constants alors qu'ils le seraient dans le cas de la perception de grandes catégories de couleur. Par exemple, percevoir une cible « vert clair » seule va conduire au développement d'un certain label afin de qualifier cette couleur (e.g., VERT). Ensuite, si cette même couleur est représentée en compagnie d'une autre cible de même couleur mais d'une teinte légèrement différente (e.g., vert foncé), il est possible qu'un label différent lui soit associé pour la différencier de l'autre couleur (e.g., VERT CLAIR). Ainsi, d'une présentation à l'autre, deux labels différents pourraient être utilisés pour qualifier la même couleur (i.e., « vert » dans un cas, puis « vert clair » dans un autre cas). En revanche, dans le cas où l'autre couleur présentée appartient à une autre catégorie de couleur (e.g., une cible jaune, rouge ou encore grise), le même label pourrait être réutilisé (i.e., VERT). Ainsi dans ce cas, le label utilisé reste constant d'un essai à l'autre (i.e., « vert » la première fois, puis à nouveau « vert » la seconde fois). Une telle explication pourrait être adaptée dans notre expérience. En effet, durant la phase d'association et pour un groupe donné, des formes en « vert 60 » sont présentées en même temps que des formes grises. Une telle méthodologie implique que les participants puissent labéliser les

formes vertes par le label « VERT » par opposition au label « GRIS » pour les formes grises. Pour l'autre groupe de participants qui voit des formes « vert 80 » parmi des formes grises, ils peuvent aussi utiliser le label « VERT » qui suffit pour distinguer les formes « vert 80 » des formes grises. Ainsi, lors de la phase d'association, les formes associées aux teintes « vert 60 » et « vert 80 » sont toutes deux, *via* la méthodologie utilisée, associés au label « VERT ». Ensuite, lors de la phase d'amorçage, les deux teintes sont à nouveau présentées mais cette fois l'une après l'autre (au niveau des cibles de couleur). Ainsi, il est envisageable que les labels associés se modifient afin de permettre aux participants de différencier ces deux teintes. Une possibilité est que le « vert 80 » continu d'être nommé « VERT » et que le « vert 60 » change de label (e.g., VERT FONCE, VERT BLEU, etc.). Ce changement de label est lourd de conséquence car il y a une modification entre le label associé à la couleur perçue et le label associé à l'amorce. En ce qui concerne les amorces associées à la teinte « vert 80 », rappelons que le label associé est « VERT ». Dans le cas où cette amorce est suivie par une cible « vert 80 », il y a congruence car les cibles « vert 80 » sont aussi associées au label « VERT ». En revanche, il n'y a plus congruence lorsque la couleur qui suit cette amorce est une teinte « vert 60 » qui reçoit un label différent. Ce cas de figure, permet ainsi d'expliquer l'influence de l'amorce sur la perception uniquement *via* l'implication de labels. Néanmoins, cette explication ne tient pas dès l'instant où nous nous intéressons aux résultats lorsque l'amorce a été associée à la teinte « vert 60 ». En effet, rappelons que dans ce cas aussi, l'amorce est associée au label « VERT » lors de la phase d'association. Ainsi, lorsque cette amorce est suivie d'une cible « vert 80 », elle aussi associée au label « VERT », si l'influence était de nature lexicale, nous devrions observer une influence. Or ce n'est pas le cas. En conséquence, une explication de nature lexicale pourrait continuer à être développée sur la base du travail d'Hanley et Roberson (2011), néanmoins cette explication ne permet pas de rendre compte de l'ensemble des résultats.

Une explication alternative des résultats obtenus, différente de l'explication simulationniste et différente d'une explication lexicale, pourrait être développée sur la base du travail d'Huttenlocher, Hedges et Vevea (2000). En effet, ces auteurs défendent la possibilité que la représentation mnésique d'une couleur perçue bascule immédiatement vers la représentation prototypique de cette couleur en mémoire durant l'intervalle de rétention. Par exemple, la représentation en mémoire d'une teinte de vert perçue basculerait vers la représentation prototypique du vert en mémoire. En d'autres termes, les personnes seraient incapables de conserver en mémoire la teinte exacte mais seraient toujours biaisées par la couleur prototypique conservée en mémoire. Cette explication a d'importantes conséquences pour notre phase d'association. Durant cette phase, les participants sont censés construire une représentation en mémoire de la teinte associée à chacune des deux formes. Néanmoins, suivant l'idée de Huttenlocher et al. (2000), ceci ne serait pas possible. En effet, peu importe la couleur dans laquelle la forme a été colorée lors de la phase d'association (« vert 60 » ou « vert 80 »), les formes seraient associées au même vert prototypique à cause du basculement en mémoire. Suivant cette explication, lors de la phase test, peu importe que la forme achromatique perçue était associée à la teinte « vert 60 » ou « vert 80 », c'est toujours la même couleur prototypique qui serait réactivée. Pour rendre compte de nos résultats, il suffit alors d'avancer l'idée que cette couleur prototypique est plus proche de la teinte « vert 80 »

que « vert 60 », ce qui permet d'expliquer pourquoi nous observons une influence lorsque la cible est « vert 80 ». Néanmoins, cette explication implique qu'une telle influence se produise que la forme achromatique amorce ait été associée à une teinte « vert 80 » comme « vert 60 », à cause du basculement. Or, nous n'observons cet effet que dans le cas où la forme achromatique a été associée à la teinte « vert 80 » et non « vert 60 ». En conséquence, nos résultats ne permettent pas de supporter le rôle d'un quelconque basculement en mémoire entre la phase d'association et la phase test.

### **Résumé de l'expérience 7**

Dans cette dernière expérience, nous mettons à l'épreuve l'hypothèse selon laquelle dans les expériences antérieures nous échouions à mettre en évidence un amorçage de nature perceptive du fait que nous contrôlions le lien de congruence au niveau de la catégorie de couleur (qui porte un label) et non au niveau précis de la teinte. Or si simulation de la couleur il y a, alors c'est une simulation perceptive de la teinte qui devrait influencer la perception d'une teinte congruente. Pour cela, nous avons totalement changé de procédure expérimentale afin de construire artificiellement une association entre une forme et une teinte précise et afin de déterminer si la présentation ultérieure de cette teinte était en mesure d'influencer la perception de la même teinte (alors que les participants devaient réaliser une tâche de discrimination intra-catégorielle). Contrairement aux résultats des expériences précédentes, nous observons ici un ralentissement des temps de réponse lorsque l'amorce est associée à une teinte similaire à la teinte perçue, mais seulement pour un type de teinte. Ce résultat est néanmoins cohérent avec l'hypothèse simulationniste qui ne prédit pas particulièrement une facilitation dans la condition congruente.

## **DISCUSSION GÉNÉRALE**

---

Cette thèse avait pour objectif de mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle la simulation de la couleur était en mesure d'influencer la perception de la couleur. Une telle hypothèse découle de l'approche simulationniste de la récupération mnésique qui postule que l'accès à une connaissance en mémoire implique la réactivation d'un pattern neuronal distribué sur l'ensemble du cerveau dont les aires sensorielles (Allport, 1985; Barsalou, et al., 2003; Martin & Chao, 2001; Pulvermüller, 2001; Versace, et al., 2009). Puisque la perception recrute le même type de structures neuronales, ce substrat devient un point de rencontre potentiel entre simulation et perception. Un ensemble important de travaux appuient cette position en ayant mis en évidence que l'accès à une connaissance fortement associée à une couleur recrute un réseau neuronal en partie similaire avec le réseau activé lors de la perception de la couleur (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Simmons, et al., 2007). Ce recrutement aurait lieu au niveau des gyri lingual et fusiforme qui peuvent alors être conçus comme des points de rencontre potentiel entre simulation de la couleur et perception de la couleur.

Pour tester une telle hypothèse, nous avons mis au point un protocole expérimental à mi-chemin entre un amorçage sémantique de la couleur et un amorçage perceptif (Marangolo, et al., 1993; Reilhac & Jiménez, 2006). Plus précisément, dans une première expérience, les participants avaient pour tâche de discriminer la couleur d'un rond cible qui apparaissait soit vert, soit jaune (i.e., tâche de discrimination chromatique). Lors de chaque essai, la cible colorée était rapidement précédée par un dessin en noir et blanc représentant un objet fortement associé soit à la couleur jaune, soit à la couleur verte (i.e., amorces). La perception de ce type de dessin est censée induire une simulation de la couleur congruente ou non avec la couleur des cibles (Reilhac & Jiménez, 2006). Conformément à la position simulationniste, nous avons prédit des temps de réponse plus courts dans la condition congruente par rapport à la condition non congruente ce qui traduirait une influence de la simulation sur la capacité à discriminer les couleurs cibles. Les résultats obtenus confirment cette hypothèse. De plus, nous avons comparé les temps de réponse obtenus à ceux de Marangolo et al. (1993, expérience 2) qui ont réalisé une expérience similaire mis à part que les amorces sont de véritables cibles colorées congruentes ou non. Les traitements statistiques indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives entre nos résultats et ceux de Marangolo et al. (1993, expérience 2) suggérant que nous avons obtenu un amorçage de nature similaire.

Dans une seconde expérience, nous avons repris le paradigme expérimental de la première expérience, mis à part que nous avons ajouté une condition contrôle. L'ajout de cette condition avait pour but de déterminer si la différence entre la condition congruente et la condition non congruente était imputable à une facilitation dans la condition congruente, à un ralentissement dans la condition non congruente ou à un cumul des deux. Les résultats de cette expérience confirment que nous avons uniquement à faire à une facilitation dans la condition congruente. Ce pattern de résultats est similaire à celui observé par Marangolo et al. (1993) dans le cas d'un amorçage perceptif classique, ce qui renforce l'idée que l'amorçage obtenu est de nature perceptive. Ces résultats confortent la position simulationniste qui envisage une influence de la simulation sur la perception à un niveau purement perceptif.

Dans une troisième expérience, nous avons répliqué la première expérience alors que les amorces utilisées ne sont plus des images mais des mots désignant les mêmes objets. Encore une fois, nous obtenons un amorçage. Ce résultat confirme ainsi la possibilité d'une

influence de la simulation de la couleur sur la perception alors que la simulation découle de la compréhension de mots comme cela est défendu par Pulvermüller (2001). De plus, ce résultat est important car il permet de palier la critique suivant laquelle l'utilisation d'images dans les deux premières expériences pourrait maximiser l'effet obtenu en facilitant le recours à une simulation visuelle (dont la simulation de la couleur).

Dans une quatrième expérience, nous avons répliqué cette troisième expérience mais nous avons manipulé le *SOA* durant lequel l'amorce était présentée. L'objectif était de mettre à l'épreuve l'hypothèse suivant laquelle à un *SOA* inférieur à 150 ms, l'effet d'amorçage devrait disparaître car le traitement du mot n'est pas assez long pour aboutir à l'activation du gyrus fusiforme (Moscoso del Prado Martín, et al., 2006), point de rencontre potentiel avec la perception. Contrairement à notre hypothèse, nous observons un effet d'amorçage quelque soit le *SOA* ce qui suggère que même pour des temps de présentation du mot très court, un amorçage apparaît. De plus, nous obtenons un effet sur le taux d'erreurs, qui est plus important en situation non congruente, ce qui suggère que l'influence de la simulation peut aussi se traduire à un niveau décisionnel et pas uniquement sur la vitesse de traitements. Si cette expérience est critiquable quant à sa capacité à mettre en évidence l'implication du gyrus fusiforme dans l'amorçage obtenu. Elle nous a permis de développer différentes explications alternatives de l'effet obtenu dans les quatre premières expériences. En effet, il existe au moins deux explications alternatives qu'il n'est pas possible d'écarter afin de rendre compte d'une facilitation des temps de réponse dans la condition congruente. Premièrement, cet effet pourrait être imputable à une forme d'anticipation consciente de la couleur de la cible sur la base de la couleur de l'amorce. Une autre possibilité est que la facilitation pourrait être imputable à une stratégie d'étiquetage verbal des amorces qui faciliterait l'accès aux labels de réponse. Pour mettre à l'épreuve notre thèse d'un effet de la mémoire sur la perception *via* des simulations tout en répondant à ces critiques, nous avons changé de tâche perceptive.

Dans une cinquième expérience, les participants devaient dire si deux ronds cibles qui apparaissaient simultanément et côte à côte étaient présentés dans la même couleur ou dans des couleurs différentes. L'utilisation d'une telle tâche empêche la mise en place d'une stratégie d'anticipation car connaître la couleur de l'amorce ne renseigne en rien sur l'identité ou la différence des couleurs des ronds cibles. De plus, cette tâche empêche aussi la mise en place d'une stratégie d'étiquetage verbal puisque les labels de réponse ne correspondent plus aux labels de couleur associés aux amorces. Nous nous attendions à des temps de réponse plus courts lorsque la couleur des deux cibles était congruente avec la couleur associée à l'amorce. Les résultats obtenus confirment cette hypothèse tout en excluant la mise en place de stratégie pouvant rendre compte de l'effet différemment.

Dans une sixième expérience, nous avons développé l'idée suivant laquelle les tâches utilisées jusqu'à maintenant ne pouvait pas permettre d'exclure la possibilité que l'amorçage obtenu soit de nature lexicale. En effet, jusqu'à présent les tâches de discrimination chromatique utilisées sont dites « inter-catégorielle », i.e., les participants ont à discriminer deux couleurs qui appartiennent à deux catégories lexicales différentes (i.e., vert vs. jaune). Or les travaux à propos de la catégorisation perceptive des couleurs ont mis en évidence que dans ce type de tâche, la discrimination peut se baser sur deux indices différents : un de nature perceptive et un de nature lexicale (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et

al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). En conséquence, la lecture d'un mot associé à une couleur est tout à fait en mesure de réactiver le représentant lexical de la couleur associée qui viendra influencer l'utilisation d'un indice lexical lors de la tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle. Pour palier cette limite, nous avons utilisé une tâche de discrimination chromatique intra-catégorielle pour laquelle les participants ne peuvent se baser que sur un indice perceptif (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). En conséquence, si la simulation de la couleur influence la discrimination chromatique à un niveau perceptif, nous devrions toujours observer un amorçage. Concrètement, les participants devaient juger si deux ronds cibles possédaient des teintes similaires ou différentes alors que les deux teintes identiques comme différentes appartenaient à la même catégorie lexicale (e.g., JAUNE : jaune foncé/jaune clair). Contrairement à l'hypothèse simulationniste, les résultats ne mettent plus en évidence d'amorçage. Ce résultat suggère que la simulation de la couleur n'influence pas la discrimination chromatique à un niveau perceptif et par conséquent la perception de la couleur. De plus, ce résultat renforce l'hypothèse suivant laquelle l'amorçage obtenu dans les expériences précédentes est sans doute de nature lexicale.

Afin de nuancer la conclusion selon laquelle la perception de la couleur ne pourrait être affectée par des connaissances qu'à un niveau lexical, nous nous sommes interrogés sur ce qui était réellement simulé lorsqu'on parle de « simulation de la couleur ». L'idée développée est que la simulation de la couleur ne consiste pas simuler des grandes catégories de couleur (e.g., vert, bleu, rouge, etc.) mais des teintes précises (e.g., vert-bleu, vert-clair, vert-foncé, etc.). En conséquence, si la simulation de la couleur affecte la perception, elle est censée le faire au niveau précis d'une teinte. Or, jusqu'alors le lien de congruence était uniquement contrôlé au niveau des catégories de couleur (qu'il est possible de labéliser) qui étaient associées aux amorces et associés aux couleurs cibles et non au niveau des teintes. Pour tester cette hypothèse les participants associaient, au cours d'une première phase, une forme géométrique élémentaire avec une teinte particulière de vert. Puis dans une seconde phase, cette forme était présentée en noir et blanc en amorce, juste avant la présentation d'une cible colorée dans le même vert ou dans une teinte de vert différente. Les participants devaient réaliser une tâche de discrimination chromatique intra-catégorielle dans laquelle ils devaient discriminer si la cible apparaissait dans une teinte de vert ou dans une autre teinte. Les résultats mettent en évidence que les temps de réponse sont affectés par la teinte associée à l'amorce. Plus précisément, un ralentissement est observé lorsque la teinte simulée et la teinte perçue sont congruentes, mais seulement pour un seul type de vert (i.e., vert 80). Ce résultat est important car il met en évidence la possibilité que la simulation de la couleur influence la discrimination chromatique à un niveau perceptif. De plus, un tel résultat suggère l'idée que la simulation de la couleur se produit au niveau d'une teinte précise et non d'une catégorie de couleur. Enfin ce résultat suggère aussi qu'une influence de la simulation à un niveau perceptif se traduit par un ralentissement de la capacité à discriminer les couleurs. Nous allons revenir sur chacun de ces points, dans les sections suivantes, en les détaillant et en discutant les différentes critiques et implications possibles.

## 12.1. Une influence des connaissances sur la perception

La conclusion majeure de ce travail est que les performances à une tâche de discrimination chromatique peuvent être influencées par l'accès à des connaissances fortement associées à une couleur. Cela avait déjà été amplement suggéré par les nombreux travaux s'intéressant à l'influence des connaissances sur la perception (e.g., Hansen, et al., 2006; Kubat, et al., 2009; Mitterer & de Ruitter, 2008; Naor-Raz, et al., 2003; Olkkonen, et al., 2008; Witze, et al., 2011). Néanmoins, ce travail démontre en plus que l'influence peut se situer à deux niveaux distincts : à un niveau perceptif comme le défend l'approche simulationniste, mais aussi à un niveau lexical. Ce travail démontre aussi la possibilité d'obtenir une telle influence alors que l'accès à la couleur et la perception de la couleur ne sont pas réalisés en simultané (i.e., procédure d'amorçage).

### 12.1.1. Une influence au niveau lexical

La première conclusion de ce travail est la possibilité que l'accès à la couleur à un niveau lexical est en mesure d'influencer la perception de la couleur. La mise en évidence d'une telle influence n'était pas l'objet de notre thèse, néanmoins à cause de la manière dont les premières expériences ont été construites et des résultats que nous avons obtenus, une influence lexicale a pu être mise en évidence. Afin de mieux comprendre cette démonstration, il est nécessaire de développer deux points méthodologiques importants dans nos cinq premières expériences. Premièrement, nous avons utilisé des tâches de discrimination chromatique dites « inter-catégorielle ». Dans ce type de tâches, les participants doivent discriminer des couleurs qui appartiennent à des catégories lexicales différentes, i.e., qui sont représentées par des labels différents (i.e., JAUNE et VERT). La résolution de ce type de tâches implique le recours potentiel à deux indices différents : (i) soit un se situant à niveau perceptif (i.e., la teinte), soit (ii) un autre se situant à un niveau lexical (i.e., les labels ; Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). Concrètement, discriminer si deux ronds sont jaunes peut être réalisé soit en comparant leurs teintes, soit en comparant les labels associés à chaque teinte. Compte tenu de l'utilisation de ce type de tâche, l'influence observée dans ces expériences peut avoir lieu aussi bien à un niveau perceptif que lexical. Le second élément méthodologique à prendre en considération réside dans la manière dont nous avons manipulé le lien de congruence entre la couleur associée aux amorces et la couleur des cibles. En effet, ce lien de congruence est manipulé dans les six premières expériences à un niveau lexical. Si nous prenons l'exemple de la couleur verte, nous avons sélectionné uniquement des mots ou des dessins représentant des objets fortement associés à la couleur verte (e.g., grenouille, crocodile, salade) et nous les avons présentés précédant soit des cibles vertes (i.e., congruentes), soit des cibles jaunes (i.e., non congruentes). En revanche, aucun contrôle n'a été réalisé quant au lien de congruence au niveau de la teinte. Par exemple, l'amorce « crocodile » implique une teinte de vert différente de la teinte évoquée par « la salade », elle-même différente de la teinte de vert perçue au niveau de la cible. Ainsi, le lien de congruence est manipulé au niveau des labels associés aux amorces et aux cibles et non au niveau des teintes : les amorces comme les cibles sont associées au label « VERT ». En conséquence, étant donné que nous manipulons le lien de

congruence à un niveau lexical et que la tâche permet potentiellement le recours à un indice lexical, il est possible que l'influence se produise à ce niveau : le label associé à l'amorce facilite l'accès à un indice lexical congruent facilitant ou non la résolution de la tâche de discrimination chromatique (inter-catégorielle). Cette conclusion est renforcée par l'absence d'effet dans la sixième expérience. En effet, dans cette expérience, la tâche de discrimination chromatique n'est plus inter-catégorielle mais intra-catégorielle. Ce type de tâche ne peut plus être résolu en faisant appel à un indice lexical. Dans ce cas, aucune influence n'est observée. Ce résultat suggère donc que l'influence observée dans les cinq premières expériences est bien une influence du label associée aux amorces. En résumé, l'accès à une connaissance peut induire l'accès à un label en mesure d'influencer la perception de la couleur du moment que la tâche implique le recours à des indices lexicaux (i.e., tâche de discrimination inter-catégorielle).

Cette interprétation est cohérente avec le travail de Mitterer, Horschig, Müsseler et Majid (2009). Dans cette expérience, les participants sont confrontés à des dessins d'objets colorés dans sept teintes de couleur différentes allant d'un « orange pur » à un « jaune pur » en passant par des teintes ambigües. Les dessins utilisés sont soit une banane (i.e., typiquement jaune), soit une carotte (i.e., typiquement orange), soit une chaussette (i.e., sans couleur typique) comme Mitterer et De Ruiter (2008). Mais Mitterer et al. (2009) ajoutent un autre dessin, celui d'un feu de signalisation tricolore où seul le feu central « orange » est coloré. Chaque dessin apparaît dans les différentes teintes possibles et les participants doivent dire si la couleur est jaune ou orange (i.e., tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle). De plus, Mitterer et al. (2009) ont constitué deux groupes de participants, la moitié était allemand et l'autre moitié néerlandais. L'idée ingénieuse des auteurs est que les allemands et les néerlandais ne nomment pas de la même manière la couleur du feu central. En effet, les allemands utilisent le terme « *gelb* » qui signifie en français « jaune », alors que les néerlandais utilisent le terme « *oranje* » qui correspond à la couleur orange de leur drapeau. De plus, malgré le fait que les allemands et les néerlandais nomment le feu orange différemment, la teinte réelle du feu orange est identique dans ces deux pays car la couleur utilisée est soumise à une norme européenne (EN 12368, Mitterer, et al., 2009). Ainsi, Mitterer et al. (2009) ont trouvé une situation particulière dans laquelle il est possible de dissocier l'influence de la teinte perçue de l'influence des labels associés sur la discrimination chromatique. En effet, dans le cas où c'est la teinte associée à l'objet en mémoire qui influence la discrimination chromatique, alors les allemands comme les néerlandais devraient juger de manière similaire les teintes ambigües présentées sur le feu tricolore. En effet, ces deux groupes de participants ont en mémoire la même teinte (i.e., la teinte réelle du feu orange soumise à une norme européenne). En revanche, si ce sont les labels associés en mémoire avec le feu tricolore qui influencent la discrimination chromatique, alors les allemands devraient percevoir les différentes teintes ambigües plus jaunes que ne les perçoivent les néerlandais, car les allemands nomment habituellement la couleur du feu « jaune » (i.e., *gelb*). Mitterer et al. (2009) obtiennent plus de réponses jaunes lorsque les teintes ambigües colorent une banane et obtiennent moins de réponses jaunes lorsque les teintes ambigües colorent une carotte comparativement à la situation où ces teintes colorent une chaussette (i.e., sans couleur typique ; voir aussi Mitterer & De Ruiter, 2008). De plus,

Mitterer et al. (2009) trouvent que les allemands émettent plus de réponses jaunes dans la situation où les teintes ambiguës colorent le feu tricolore alors que ce n'est pas le cas pour les néerlandais, confirmant ainsi l'hypothèse lexicale. Pour résumer, ce travail montre que dans le cas d'une tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle, les labels de couleurs associés sont en mesure d'influencer la perception ce qui est cohérent avec l'interprétation que nous avons faite de nos résultats.

Néanmoins, cette conclusion s'oppose aux résultats que nous avons obtenus dans les deux premières expériences qui montrent que l'effet d'amorçage observé est très proche de l'effet d'amorçage perceptif obtenus par Marangolo et al. (1993). Ce point est important car une telle similarité des résultats nous avait conduits à défendre l'idée selon laquelle l'amorçage obtenu était bien de nature perceptive. Rappelons que dans cette expérience Marangolo et al. (1993) utilisaient des amorces et des cibles perceptives. Une explication possible de cette similarité est de défendre l'hypothèse que malgré l'utilisation d'amorces et de cibles perceptives, Marangolo et al. (1993) obtiennent eux aussi un amorçage de nature lexicale et non perceptive. En effet, dans ce travail, les participants devaient discriminer si la cible était présentée en rouge ou en vert alors qu'une amorce colorée en vert ou en rouge précédait rapidement la cible. Dès lors, il est possible que l'amorçage soit de nature lexicale car premièrement Marangolo et al. (1993) utilisent une tâche de discrimination inter-catégorielle (i.e., rouge vs. vert) pouvant impliquer le recours à un indice lexical. Deuxièmement, l'utilisation d'amorces vertes et rouges ne garantit pas que les participants réalisent uniquement un traitement perceptif sur les amorces, ils peuvent aussi utiliser une stratégie d'étiquetage verbal. Ainsi, lors de la perception de l'amorce (e.g., un rond rouge), un label (i.e., rouge) est automatiquement activé et lors de l'apparition de la cible, ce label pré-activé facilite ou ralentit l'accès à l'indice lexical utilisé afin de résoudre la tâche. En conséquence, nous obtenons des résultats similaires à ceux de Marangolo et al. (1993) car ces deux expériences explorent en définitive un amorçage lexical de la couleur.

Cependant, cette interprétation lexicale des résultats s'oppose à une possible interprétation des résultats obtenus dans l'expérience 6 dans laquelle les participants devaient dire si les deux cibles sont présentées dans la même couleur ou dans des couleurs différentes. Rappelons que dans cette expérience nous envisagions que l'amorçage obtenu pouvait être interprété comme un amorçage lexical puisque la détection de la similarité ou de la différence est « inter-catégorielle » et donc en mesure d'impliquer le recours à des indices lexicaux. Néanmoins, il est possible de développer un argument à l'encontre d'une telle interprétation sur la base des travaux en catégorisation perceptive (Siok, et al., 2009) et des résultats obtenus dans la condition où les cibles sont différentes. En effet, les résultats en catégorisation perceptive s'accordent sur un rôle prépondérant du champ visuel pour déterminer l'implication ou non de labels dans une tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Siok, et al., 2009). Lorsque la couleur à discriminer apparaît dans le champ visuel droit, un accès au label serait possible alors que lorsque la couleur apparaît dans le champ visuel gauche, seul un traitement perceptif serait appliqué. Siok et al. (2009), par exemple, ont réalisé une expérience, utilisant l'IRMf, dans laquelle les participants devaient dire parmi 12 carrés présentés en cercle celui qui possédait une couleur différente des autres. Dans la condition où le carré cible possède une couleur

différente (vert alors que les autres sont bleus) et apparaît dans le champ visuel droit, les auteurs observent une activation des aires du langage alors qu'aucune activation de ce type n'est observée lorsque la cible apparaît dans le champ visuel gauche. En conséquence, un accès au lexique dans la tâche perceptive que nous avons utilisé dans l'expérience 6 est possible mais uniquement si des cibles apparaissent dans la partie droite de l'écran (en lien avec le champ visuel droit et par voie de conséquence avec l'hémisphère gauche : hémisphère du « langage »). Dans notre expérience où une cible est présentée dans la partie droite de l'écran et l'autre dans la partie gauche, il serait possible qu'un amorçage lexical rende compte des résultats : le label activé par l'amorce pourrait faciliter ou non l'accès au label du rond se situant à droite. Cependant, les résultats obtenus avec les cibles « différentes » ne permettent pas de valider une telle hypothèse lexicale. En effet, dans le cas des cibles différentes, nous devrions obtenir un effet de congruence lorsque la couleur de l'amorce est identique à la couleur de la cible de droite. Or les résultats ne mettent en évidence aucune différence significative entre les temps de réponse dans la situation congruente et non congruente du moment que le côté de l'écran où apparaît la cible est contrôlé. En conséquence, nous développons l'idée qu'un amorçage lexical peut être écarté pour les cibles différentes, ce qui nous permet d'avancer qu'il puisse aussi être écarté en ce qui concerne les cibles identiques (voir Heurley et al., sous presse, pour une discussion). Si cette déduction est acceptée elle appuierait l'idée suivant laquelle l'effet de facilitation observé pour les cibles identiques est de nature perceptive comme l'envisage l'approche simulationniste. Pour heuristique qu'elle soit, cette déduction est néanmoins sujette à conjecture. En effet, rappelons que nos deux cibles, qu'elles soient identiques ou différentes, ne sont séparées l'une de l'autre que de 350 pixels (voir Annexe 2). Il est plausible que cet écart soit trop faible pour que la cible droite implique spécifiquement l'hémisphère droit et la cible de gauche, l'hémisphère gauche. De plus, dans le travail de Siok et al. (2009), les participants devaient réaliser une tâche de détection et non de « similarité ». Dans le cas de notre tâche, les participants devaient comparer les deux cibles ce qui pourrait impliquer des allers-retours entre les deux cibles présentées et donc impliquer les deux hémisphères. En conséquence, le fait que nous n'observions pas d'effet pour les cibles différentes du moment que nous avons contrôlée le côté de congruence, ne semble pas être un argument suffisant pour écarter définitivement un amorçage de nature lexicale.

### ***12.1.2. Une influence au niveau perceptif***

La seconde conclusion majeure de ce travail est que l'accès à une connaissance possédant une couleur typique est en mesure d'influencer la discrimination chromatique à un niveau perceptif. En effet, notre dernière expérience, dans laquelle nous avons manipulé le lien de congruence entre les amorces et les cibles au niveau de la teinte et dans laquelle les participants devaient réaliser une tâche de discrimination intra-catégorielle permet de mettre en évidence un ralentissement dans la condition congruente. Ce résultat permet de valider l'hypothèse simulationniste suivant laquelle l'accès à une connaissance possédant une couleur typique est en mesure d'influencer la perception de la couleur. Un tel résultat permet aussi d'appréhender deux caractéristiques d'une influence perceptive (par rapport à une influence lexicale). Premièrement, contrairement à l'influence lexicale, l'influence perceptive se situe

au niveau précis d'une teinte. En effet, il semble que ce soit une teinte en particulier qui est simulée, et c'est la perception de cette teinte précisément qui semble affectée. Cette caractéristique est différente de l'influence plus générale, au niveau de la catégorie de la couleur, qui se produit lors d'une influence lexicale. La seconde caractéristique importante concerne la nature de l'influence. Contrairement à l'influence lexicale qui se traduit par une facilitation du traitement, une influence perceptive se traduit par un ralentissement du traitement perceptif. Ce résultat est d'ailleurs cohérent avec les travaux d'Estes et al. (2008) et de Meteyard et al. (2007) qui observent un ralentissement identique lorsque la propriété simulée (e.g., emplacement typique ou mouvement) est congruente avec la propriété perçue.

Il est intéressant de discuter de ce ralentissement compte tenu du travail de Connell (2007) qui a aussi observé un ralentissement dans la condition où la couleur simulée est identique à la couleur perçue. Dans cette expérience, lors de chaque essai, les participants lisaient une phrase impliquant un objet coloré. Par exemple, « *John voit un steak dans la vitrine du boucher* » ce qui implique l'accès en mémoire à un steak rouge alors que la phrase « *John voit un steak dans son assiette* » implique l'accès en mémoire à un steak marron : celle d'un steak cuit. Ensuite apparaissait l'image d'un steak dans une couleur similaire ou différente à celle suggérée par la phrase. Les participants devaient dire si l'objet présenté sous forme d'image était ou non mentionné dans la phrase qui précédait (i.e., tâche de vérification). Lorsque la couleur simulée et la couleur perçue sont identiques, Connell (2007) observe un ralentissement des temps de réponse. Connell (2007) explique ce ralentissement comme résultant du rôle particulier de la couleur dans la reconnaissance d'objets. Suivant son argument, la couleur ne serait pas centrale afin de reconnaître un objet, la reconnaissance étant basée sur la forme. En conséquence, la couleur doit être inhibée car c'est un attribut non pertinent. Dans le cas où la couleur est simulée et perçue, il est plus difficile de l'inhiber et donc un ralentissement est observé. Néanmoins, cette argumentation n'est pas cohérente avec la multitude de travaux qui montrent que la couleur est un attribut en mesure de faciliter la reconnaissance des objets (e.g., Tanaka & Presnell, 1999; Theriault, et al., 2009). Notre dernière expérience permet une autre interprétation du ralentissement obtenu par Connell (2007). Il est possible qu'un ralentissement se produise car Connell (2007) observe, comme nous, une influence de la simulation de la teinte sur la perception. En effet, dans cette expérience il est possible de défendre l'idée que l'utilisation d'un contexte linguistique (i.e., la phrase) implique la simulation de teintes particulières. De plus, la tâche de vérification d'objets en couleur implique sans doute indirectement un traitement de la couleur uniquement à un niveau perceptif sans inclure de traitement lexical, ce qui permet une influence à un niveau perceptif se traduisant par un ralentissement.

Un autre point à soulever, concernant ce ralentissement des temps de réponse, est qu'ils s'opposent, en partie au moins, aux approches proactives de la cognition. En effet, ces différentes théories envisagent l'idée que la simulation est censée permettre un traitement plus efficace des stimuli perceptifs (Bar, 2009; Barsalou, 2009; Schacter & Addis, 2009; Zwaan, 2008). Ainsi, la simulation de la couleur à un niveau perceptif devrait faciliter le traitement d'une teinte similaire. En d'autres termes, nous devrions observer une accélération des temps de réponse. L'observation d'un ralentissement suggère que l'influence de la simulation sur la perception est plus complexe. Estes et al. (2008) développent l'idée qu'un ralentissement

serait observé lorsque la simulation perceptive et le stimulus perceptif partagent peu de caractéristiques communes, alors qu'une facilitation pourrait être observée lorsqu'un grand nombre de caractéristiques seraient partagées. Suivant cette hypothèse, le ralentissement observé dans notre expérience découlerait du partage de peu de caractéristiques entre la simulation effectuée lors de l'amorce et le traitement perceptif effectué sur la cible. Or, contrairement à cette explication, la simulation générée et la perception sont très similaires. En effet, ce qui est simulé est une teinte et ce qui est perçu est aussi une teinte, congruente ou non. Autrement dit, cette explication ne semble pas la plus appropriée. Une autre hypothèse développée par Kaschak et al. (2005; voir aussi Meteyard, et al., 2007) est que le ralentissement pourrait résulter d'une période réfractaire à un niveau neuronal. En effet, le réseau neuronal utilisé par la simulation, qui sera par la suite aussi employé pour percevoir, se trouverait dans un état inutilisable pendant un certain laps de temps (i.e., période réfractaire). Dans le cadre de notre expérience, cette hypothèse est tout à fait envisageable étant donné que l'influence se situe à un niveau perceptif et résulte sans doute du recrutement de structures neuronales similaires. Néanmoins, ce point devrait être exploré plus avant dans de futures expériences afin de mieux comprendre l'origine d'un tel ralentissement. Une autre explication possible, qui est complémentaire de la précédente, découle du travail de Brunel et al. (2009). Dans ce travail, Brunel et al. (2009) ont testé la possible influence d'une forme amorce, précédemment associée à un bruit blanc, sur la catégorisation d'une cible sonore par rapport à la situation où l'amorce n'a pas été associée à un bruit blanc (i.e., contrôle). Comme dans notre dernière expérience, l'association entre la forme et le bruit blanc a été réalisée lors d'une phase d'association. Lors de cette phase d'association la forme et le son étaient présentés simultanément durant 500 ms. Ensuite, lors de la phase test, il y avait deux conditions. Une dans laquelle la forme amorce apparaissait 500 ms immédiatement suivie par le son cible et une autre condition dans laquelle, l'amorce n'apparaissait que 100 ms à nouveau immédiatement suivie du son cible. Les résultats mettent en évidence que l'influence de la forme amorce associée à un son sur la détection du son cible est une facilitation lorsque le *SOA* est de 500 ms alors que Brunel et al. (2009) observent un ralentissement lorsque le *SOA* est de 100 ms. Les auteurs expliquent que lorsque l'amorce n'apparaît que 100 ms, il y a un recouvrement entre la son en mémoire (présenté 500 ms lors de la phase d'association) et le son cible à un niveau perceptif, ce qui implique une interférence. Alors que ce n'est pas le cas lorsque l'amorce est présentée 500 ms. Dans ce cas, il n'y aurait plus de recouvrement mais uniquement une pré-activation ce qui induirait une facilitation. Selon ces résultats, nous observerions un ralentissement des temps de réponse car il y aurait un recouvrement temporel entre la teinte réactivée à un niveau mnésique et la teinte perçue. Cette hypothèse est tout à fait possible. Rappelons que dans notre septième expérience, l'amorce est présentée 250 ms immédiatement suivie par la teinte cible. Or, lors de la phase d'association, la présentation de la forme colorée n'est pas aussi courte. La forme colorée apparaît jusqu'à la réponse du participant. Or, le temps de réponse moyen, afin de catégoriser la forme lors de la phase d'association, est de 387,53 ms ( $\pm 82,83$ ). Ainsi, en moyenne, la teinte est présentée associée à la forme durant plus de 250 ms. En conséquence, lors de la phase test, il est possible qu'il y ait un recouvrement temporel entre la trace réactivée en mémoire et la traces perceptive ce qui induirait un ralentissement, comme dans le travail de Brunel et al. (2009). Pour vérifier expérimentalement ce point, il faudra contrôler, dans de futures expériences, le temps de

présentation de la forme colorée lors de la phase d'association ainsi que le temps de présentation de l'amorce lors de la phase test.

De plus, notons aussi qu'une influence des connaissances à un niveau perceptif n'est validée que par notre dernière expérience. Or, au moins trois limites concernant cette expérience peuvent être avancées. Premièrement, une influence de la simulation de la couleur n'est obtenue que pour une seule des deux teintes de vert (i.e., vert 80) et pas pour l'autre (i.e., vert 60). Comme nous l'avons déjà expliqué un tel effet pourrait résulter d'un effet plafond au niveau des temps de réponse. En particulier, car les temps de réponse pour catégoriser les cibles « vert 60 » sont plus longs. Dans de futures expériences, il sera important de démontrer la possibilité d'observer la même influence de la simulation avec un plus grand nombre de teintes. Néanmoins, il est important de souligner qu'un tel travail nécessitera de prendre des précautions afin d'éviter la présence d'effet plafond. Il sera important dans un premier temps de tester les capacités de discrimination des participants pour différentes teintes et ne tester notre hypothèse qu'avec des teintes facilement discriminables. Cela permettra d'éviter l'utilisation de teintes pour lesquelles les temps de catégorisation sont trop longs ce qui pourrait masquer l'effet attendu. Deuxièmement, il est important de noter que dans notre dernière expérience nous utilisons des images en guise d'amorces. Or, comme nous l'avons expliqué dans notre troisième expérience, l'utilisation d'images pourrait avoir tendance à maximiser le recours à une simulation visuelle dont la simulation de la couleur (pour une discussion voir Heurley, Brouillet, Chesnoy & Brouillet, 2012). C'est d'ailleurs pour cela qu'à partir de la troisième expérience nous n'avons utilisé que des mots en amorce. Dans une prochaine série d'expériences, il nous faudra manipuler le format des amorces afin de pouvoir étendre nos résultats. Troisièmement, la méthodologie que nous avons utilisée permet de s'interroger sur la possibilité d'étendre une telle influence lors de l'accès à n'importe quelle connaissance associée à la couleur. En effet, dans cette dernière expérience, nous avons construit artificiellement, lors d'une phase d'association, une connaissance couplant une teinte particulière et une forme. Il est néanmoins possible de défendre l'idée suivant laquelle dans cette expérience, ce n'est pas un processus conceptuel qui est utilisé lors de la récupération mnésique (i.e., accès à une connaissance générale) mais un processus épisodique (i.e., accès à un épisode spécifique). Il serait important dans une prochaine expérience, de pouvoir être sûr que l'influence puisse se produire à un niveau conceptuel. Pour cela, nous pourrions présenter différentes formes arrondies toujours associées à la même teinte lors d'une phase d'association (i.e., ronds de différentes tailles). Puis dans une phase test, utiliser un rond achromatique d'une taille jamais vue lors de la phase d'association ou même le mot « ROND ». Cela aura pour conséquence que lors de la perception de l'amorce, les participants abstraient une connaissance (i.e., un rond d'une teinte) impliquant une simulation de la teinte sans pour autant faire appel au souvenir d'un épisode en particulier.

Outre l'importance de palier ces trois limites, au moins deux autres interrogations devraient être explorées afin de valider le modèle interactif simulationniste. La première interrogation provient du travail de Kristjánsson, Vuilleumier, Schwartz, Macaluso et Driver (2007) qui s'intéresse au corrélat neuronal de l'amorçage perceptif de la couleur. Kristjánsson et al. (2007) répliquent l'expérience de Maljkovic et Nakayama (1994) alors que les participants sont placés sous IRMf. Trois losanges colorés placés en triangle étaient présentés

aux participants. Le losange de droite ou de gauche situé à la base du triangle était présenté dans une couleur différente. Les participants devaient simplement dire si la cible colorée différemment des autres se trouve à droite ou à gauche. Kristjánsson et al. (2007) comme Maljkovic et Nakayama (1994) observent un effet d'amorçage lorsque la couleur de la cible est la même au cours de deux essais consécutifs par rapport à la situation où la couleur de la cible change d'un essai à l'autre. De plus, Kristjánsson et al. (2007) observent une réduction du signal BOLD (*Blood Oxygen Level Dependent*) dans les aires perceptives impliquées dans la perception de la couleur. Cet effet de suppression est très souvent observé dans les tâches d'amorçage perceptif et est envisagé comme le corrélât neuronal de l'amorçage perceptif (pour une revue voir Wiggs & Martin, 1998). Une possible continuité de notre travail consisterait à tester s'il est possible d'observer le même effet de suppression au niveau des aires perceptives impliquées dans la perception de la couleur alors que la couleur amorcée est simulée. Une telle démonstration pourrait confirmer l'hypothèse simulationniste car elle permettrait de mettre en évidence (i) que la simulation de la couleur fait intervenir une structure similaire à celle recrutée pour percevoir les couleurs et (ii) que l'amorçage perceptif observé résulte de l'interaction de la simulation et de la perception à ce niveau cortical précis. De plus, une telle démonstration permettrait de mettre en évidence un possible processus afin de rendre compte de l'influence des connaissances sur la perception, voire même cela pourrait permettre d'expliquer le fait que l'influence se traduit par un ralentissement.

La seconde interrogation concerne la possibilité d'une influence inverse de la perception sur les connaissances. Effectivement, le modèle simulationniste n'envisage pas uniquement la possible influence des connaissances sur la perception mais aussi de la perception sur les connaissances. Cette caractéristique provient de l'hypothèse simulationniste suivant laquelle connaissances et perception interagissent *via* le recrutement de réseaux neuronaux partiellement similaires. Ainsi peu importe quel réseau est activé en premier, il est en mesure d'affecter le second (pour une discussion voir Heurley et al., en révision). Dans le contexte de la couleur, deux travaux ont déjà tenté de mettre en évidence un tel phénomène. Le premier est celui de Richter et Zwaan (2009) que nous avons déjà développé. Rappelons que chaque essai de cette expérience se déroulait en trois temps. Dans un premier temps, un stimulus coloré était présenté puis disparaissait. Ensuite, apparaissait soit un mot, soit un pseudo-mot et les participants devaient réaliser une tâche de décision lexicale (i.e., tâche conceptuelle). Ensuite, apparaissait à nouveau un stimulus coloré et les participants devaient dire si la couleur était ou non identique à la couleur du premier stimulus. Au niveau de la tâche de décision lexicale, des mots cibles désignant des couleurs étaient présentés (e.g., JAUNE, BLEU, etc.). Richter et Zwaan (2009) ont analysé les temps de décision lexicale sur ces mots cibles alors que la cible colorée précédente était présentée dans une couleur congruente ou non. Les résultats mettent en évidence des temps de réponse plus courts dans la situation congruente par rapport à la situation non congruente. Ce résultat démontre ainsi la possibilité d'une influence de la perception de la couleur sur la simulation de la couleur. Néanmoins, ce résultat n'est valable que pour un traitement conceptuel appliqué à des mots désignant des couleurs et non à des noms d'objets associés à une couleur. Cette limite est en partie comblée par le travail de Nijboer et al. (2006b). Dans cette expérience, les participants voyaient apparaître dans un premier temps une cible colorée en guise d'amorce. Ensuite

apparaissait à nouveau des mots ou des non mots. Les participants devaient aussi réaliser une tâche de décision lexicale. Dans les essais critiques, des mots désignant des objets fortement associés à une couleur étaient présentés (e.g., TOMATE). Ils étaient présentés précédés d'une couleur congruente ou non. Les résultats mettent en évidence des temps de décision plus courts dans la condition congruente, ce qui confirme la possibilité d'une influence inverse de la perception sur l'accès à une connaissance possédant une couleur typique congruente. Néanmoins, ces résultats doivent être pris avec précaution car dans ces deux expériences, le lien de congruence entre la couleur perçue et la couleur en mémoire se situe au niveau de la catégorie lexicale et non de la teinte. Il se peut donc que l'amorçage obtenu soit de nature lexicale et non perceptive. Pour combler cette limite, il faudrait réaliser une expérience similaire à celle de Nijboer et al. (2006b) mais en contrôlant le lien de congruence au niveau de la teinte.

En résumé, une démonstration claire de l'hypothèse simulationniste nécessite encore des travaux importants permettant de confirmer les différentes facettes de cette hypothèse à la fois à un niveau comportemental (i.e., démonstration avec d'autres teintes, avec d'autres stimuli amorces, démonstration d'un effet inverse, compréhension du ralentissement) et neurophysiologique (i.e., démonstration d'une réduction du signal BOLD au niveau des aires perceptives impliquées dans la perception de la couleur).

### ***12.1.3. Une influence différée***

La troisième conclusion importante de ce travail est que l'influence des connaissances sur la perception de la couleur, qu'elle se situe à un niveau lexical ou perceptif, peut se produire alors que le traitement perceptif porte sur une cible colorée indépendante du stimulus qui implique la récupération d'une connaissance associée à une couleur. En effet, rappelons que les différents travaux suggérant une influence des connaissances sur la perception des couleurs (cf. Chapitre 3) ont trouvé un effet du moment que la couleur perçue et la connaissance sont rassemblées dans le même stimulus (e.g., le dessin coloré d'une banane, le mot « BANANE » coloré). Dans cette thèse, nous démontrons la possibilité d'une telle influence grâce à l'utilisation d'une procédure d'amorçage dans laquelle l'amorce implique l'accès à une connaissance et la cible implique la réalisation d'un traitement perceptif. En d'autres termes, l'utilisation d'une telle procédure permet de dissocier en deux stimuli celui qui implique l'accès à une connaissance et celui qui implique un traitement perceptif. Même dans ce cas de figure, nous continuons d'observer une influence. De plus, l'utilisation de tâches de détection de similarité dans les expériences 5, 6 et 7, nous garantit que les participants ne peuvent pas mettre en place de stratégies d'anticipation ou d'étiquetage verbal. En effet, ces deux stratégies, consistant à faire un lien conscient entre l'amorce et la cible, pourrait supprimer cette relative indépendance entre l'amorce et la cible. Ce résultat est important car comme nous l'avons déjà développé, il est possible qu'une présentation simultanée dans un même stimulus de la couleur et d'une connaissance renforce la mise en place d'un lien et donc maximise l'obtention d'une influence. Or, l'approche simulationniste envisage la possibilité qu'une présentation simultanée ne soit pas une condition *sine qua non*

pour observer une telle influence et que même avec un délai une influence est toujours possible. Les résultats que nous avons obtenus militent dans ce sens.

Pour résumer, les expériences réalisées au cours de cette thèse démontrent la possibilité que les connaissances influencent la perception. Néanmoins cette influence se situe à deux niveaux : un lexical et un perceptif. De plus, ces résultats démontrent la possibilité d'une influence différée sur des cibles colorées sans lien avec les connaissances. Enfin, ces données concourent au développement de nombreuses questions de recherche fondamentales à propos de cette influence aussi bien au niveau perceptif que lexical. Dans les deux prochaines sections, nous développerons l'idée qu'outre le fait de mettre en évidence à quel niveau connaissance et perception de la couleur peuvent interagir, ces résultats permettent de se questionner à la fois sur le format des représentations de la couleur au niveau perceptif et au niveau des connaissances.

## 12.2. Le format des représentations de la couleur à un niveau perceptif

Le fait que nous obtenions une influence des connaissances sur la perception de la couleur à un niveau lexical et à un niveau perceptif (i.e., simulation de la teinte) suggère que le processus perceptif « *bottom-up* », dédié au traitement de la couleur, implique deux formats de représentations distincts : un perceptif et un lexical. Ce point nous conduit à nous interroger sur le format de représentations de la couleur perçue et la définition de la couleur à un niveau cognitif. Habituellement, la couleur est définie de deux manières. Premièrement, à un niveau physique, la couleur peut être définie comme une onde électromagnétique possédant une longueur d'onde particulière. Une onde, qu'elle soit lumineuse ou non, est un phénomène physique qui se propage tout en se répétant à l'identique. Une longueur d'onde est en conséquence définie comme la distance en mètres qui sépare deux points de l'onde identiques. Dans le cas de la lumière visible cette distance est très courte, de l'ordre du nanomètre. Ainsi le spectre de la lumière visible s'étend pour des ondes électromagnétiques ayant des longueurs d'onde allant de 380 nm à 780 nm. Globalement, il existe deux types d'objets (ou de surfaces), les objets achromatiques qui réfléchissent avec la même intensité l'ensemble des longueurs d'onde du spectre visible, alors que les objets chromatiques absorbent une partie des longueurs d'ondes et en réfléchissent d'autres. Lorsque toutes les longueurs d'onde sont réfléchies avec la même intensité, l'objet paraît achromatique, i.e., dépourvu de couleurs et apparaît soit noir, soit blanc, soit dans une nuance de gris particulière. Dans le cas où seules certaines ondes ont été réfléchies, la couleur de l'objet ou de la surface dépend des longueurs d'onde réfléchies (pour une revue voir Conway, 2009; Goldstein, 2002). Ainsi, à un niveau physique, la couleur est définie comme une longueur d'onde particulière. Bien entendu, la longueur des ondes du spectre de la lumière visible est continue : la longueur d'onde augmente progressivement d'un extrême du continuum (violet = 380 nm) à l'autre (rouge = 780 nm). La seconde définition développée est physiologique. Au niveau de l'œil humain, la longueur d'onde réfléchie par une surface ou un objet stimule des cellules particulières composant la rétine : les cônes. Il en existe trois, qui réagissent de manière spécifique à une gamme assez étroite de longueur d'ondes. Concrètement, il existe

des cônes avec une absorption maximale des longueurs d'onde autour de 420 nm, d'autres avec une absorption maximale autour de 530 nm et enfin un troisième type avec une absorption maximale autour de 560 nm. En réagissant uniquement à ces trois gammes restreintes de longueurs d'onde, la rétine humaine est capable de réagir à une très grande quantité de teintes (pour une revue voir Conway, 2009; Goldstein, 2002). Une telle théorie a reçu le nom de théorie trichromatique de la vision des couleurs (Young, 1773-1829 et von Helmholtz, 1821-1894). Ainsi, à ce niveau physiologique, la couleur est définie comme un continuum de teintes résultant de la réaction combinée de trois types de cellules rétinienne.

Ces deux définitions de la couleur sont des définitions très éloignées d'une définition cognitive de la couleur. En effet, ces définitions restent au niveau de l'environnement physique ou des organes sensoriels. A un niveau cognitif, comme cortical, une définition de la couleur reste à construire. Nos résultats permettent d'avancer l'idée suivant laquelle il existerait deux formats de représentation de la couleur : un lexical et un perceptif. En effet, dans nos différentes expériences, nous observons une influence des connaissances sur la perception alors que la couleur est soit récupérée à un niveau lexical, soit à un niveau perceptif. Si la perception de la couleur peut être influencée par ces deux types de connaissance, il est possible d'en déduire qu'elle implique le recours à ces deux types de représentation. Cette conclusion est en accord avec les différents travaux portant sur la catégorisation perceptive des couleurs qui suggèrent l'utilisation de deux types de processus perceptifs, un à un niveau lexical et l'autre au niveau perceptif (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). Nos travaux permettent néanmoins d'affiner légèrement cette conclusion générale. Au niveau lexical, il semblerait que la couleur soit représentée de manière assez grossière. En effet, une seule représentation regroupe un ensemble important de teintes (ou longueur d'onde à un niveau physique). Cela provient du fait que ces différentes teintes peuvent être nommées à l'aide du même label. Le second mode de représentation de la couleur se situerait à un niveau perceptif. Ce niveau est beaucoup plus précis que le précédent et semble pouvoir représenter différentes teintes d'une même couleur (au moins en ce qui concerne le vert, cf. Expérience 7). Néanmoins dans l'état actuel de nos expérimentations, il est impossible de déterminer précisément le niveau de précision avec lequel la couleur peut être représentée au niveau perceptif.

La possible implication d'un format perceptif ou lexical de la couleur lors d'un traitement perceptif est lourde de conséquences pour les travaux s'intéressant à l'amorçage perceptif des couleurs. En effet, comme nous l'avons déjà expliqué l'amorçage perceptif observé par Marangolo et al. (1993) est peut être de nature lexicale et non perceptive. Cela vient du fait qu'ils utilisent une tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle et manipulent le lien de congruence à un niveau lexical. En effet, un essai congruent est un essai dans lequel l'amorce et la cible ont la même teinte mais appartiennent aussi à la même catégorie lexicale (i.e., rouge-rouge ou vert-vert) alors que dans les essais non congruents l'amorce et la cible se distinguent aussi bien au niveau de la teinte que de la catégorie lexicale (i.e., vert-rouge ou rouge-vert). Cette remarque est d'ailleurs valable pour l'ensemble des travaux qui obtiennent un effet d'amorçage perceptif. Par exemple, Maljkovic et Nakayama (1994) réalisent une expérience dans laquelle les participants doivent dire parmi trois losanges

disposées en triangle, si la cible de gauche ou de droite à la base du triangle était présentée dans une couleur différente des deux autres. Maljkovic et Nakayama (1994) observent un amorçage lorsque la cible est présentée dans la même couleur au cours de deux essais consécutifs (i.e., rouge-rouge ou vert-vert). A nouveau, le lien de congruence est manipulé dans cette expérience à la fois au niveau de la teinte comme au niveau de la catégorie lexicale. Plus récemment, Kristjánsson (2006) a réalisé une expérience dans laquelle il utilisait un cercle composé de huit ronds. Un rond parmi les huit était présenté dans une couleur différente (e.g., un vert parmi des ronds rouges). Chaque rond apparaissait dans une couleur (rouge ou verte), et étaient composés de deux ou cinq rayures disposées dans une diagonale ou l'autre (cf. Figure 22). Les participants devaient détecter la cible qui était composée de peu de rayures, puis devaient dire dans quel sens étaient disposées ces rayures. Kristjánsson (2006) observe un amorçage lorsque la couleur de la cible est répétée deux fois de suite (i.e., vert-vert ou rouge-rouge) par rapport à la condition non congruente (i.e., rouge-vert ou vert-rouge), alors que la couleur n'est ni l'objet de la détection, ni l'objet de la réponse. Ici encore, le lien de congruence est manipulé aussi bien au niveau de la teinte que de la catégorie lexicale. De plus, la différence de couleur entre l'item cible et les distracteurs, aussi bien dans l'expérience de Maljkovic et Nakayama (1994) que dans celle de Kristjánsson (2006), se situe au niveau de la teinte comme de la catégorie lexicale (e.g., cible rouge parmi des distracteurs verts), ce qui implique une forme de détection inter-catégorielle. En conséquence, il se peut que pour tous ces travaux, l'amorçage observé ne soit pas de nature perceptive mais uniquement lexicale. En effet, afin de détecter la différence entre la cible et les distracteurs, les participants pourraient utiliser des processus lexicaux, pouvant ou non être influencés par le traitement appliqué sur la cible précédente. Afin de vérifier s'il est possible d'obtenir un amorçage à un niveau perceptif, il faudrait réaliser une expérience du même type mais en manipulant le lien de congruence amorce/cible uniquement au niveau de la teinte et en demandant aux participants de réaliser une tâche impliquant une forme de détection intra-catégorielle. Les résultats de notre septième expérience dans laquelle nous obtenons un amorçage de ce type *via* la simulation de la couleur suggère qu'il est tout à fait possible de retrouver un tel résultat à un niveau perceptif.

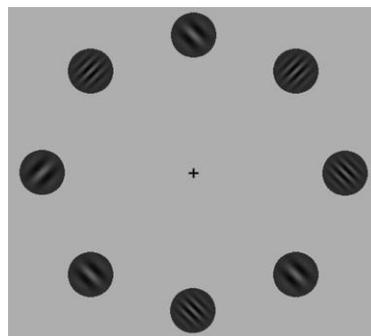


Figure 22. Exemple de stimuli utilisés par Kristjánsson (2006, adapté de Kristjánsson, 2006).

Pour conclure, nos différentes expériences débouchent sur l'idée que la perception des couleurs implique des processus distincts utilisant des formats de représentations différents. Un format lexical permettant une représentation relativement grossière de la couleur, mais permettant de résoudre un ensemble important de tâches dites « inter-catégorielles ». L'autre format est de nature « perceptive ». Il est plus précis car semble pouvoir prendre en compte les différentes teintes possibles. De plus, chacun de ces formats peut être affecté par des connaissances mais cela dépend de la similarité des formats activés au niveau de l'amorce et au niveau de la cible (i.e., teinte *vs.* catégorie). Si cette possibilité était retenue elle aboutirait à interroger les travaux sur l'amorçage perceptif réalisés jusqu'alors qui ne prennent pas en compte une telle distinction. De plus, la possibilité d'accéder perceptivement à différentes teintes interroge aussi la manière dont le cortex représente la couleur.

### **12.3. Le format des représentations de la couleur au niveau des connaissances**

Puisque l'influence des connaissances sur la perception est différente suivant le type de tâches à réaliser (i.e., tâches de discrimination chromatique inter- ou intra-catégorielles), nous avons émis l'hypothèse suivant laquelle, la couleur peut être conservée en mémoire à deux niveaux : un perceptif et un lexical. Cela permet de défendre aussi l'idée qu'au niveau des connaissances il y aurait deux types de représentations de la couleur. La couleur peut être représentée sous une forme lexicale relativement grossière ou sous un format perceptif plus précis. Cependant, les modèles sensorimoteurs de la mémoire développés dans la partie théorique ne permettent pas de rendre compte facilement du fait qu'une connaissance puisse être associée à une couleur à deux niveaux distincts. En effet, la plupart des modèles développent uniquement la conservation de la couleur à un niveau perceptif (e.g., Barsalou, et al., 2003; Martin & Chao, 2001). Seul le modèle d'Allport (1985) permet de rendre compte de la possibilité de conserver la couleur à un niveau lexical. Il explique qu'une connaissance est représentée dans le cerveau par un pattern neuronal auto-associé. Ce pattern est composé de sous-patterns. Ces différents sous-patterns se trouvent au niveau des aires sensorielles représentant un attribut particulier. Par exemple, l'attribut couleur est conservé au niveau des aires visuelles. Mais Allport (1985) développe aussi la possibilité que les aires visuelles, auditives et motrices soient en mesure de conserver respectivement une représentation orthographique, phonologique et verbale de la connaissance. Ainsi, selon Allport (1985), une représentation lexicale pourrait faire partie du pattern auto-associé constitué au cours de l'expérience. En d'autres termes, le processus qui consiste à constituer un pattern neuronal afin de représenter une connaissance permet d'inclure à la fois des attributs sensoriels et lexicaux. Au niveau de la récupération mnésique, ce point est lourd de conséquence. En effet, cela permet de comprendre pourquoi la récupération mnésique est en mesure de faire intervenir des éléments sensoriels comme lexicaux. Même si cette possibilité est uniquement développée par Allport (1985), elle peut s'appliquer à l'ensemble des modèles défendant l'idée qu'une connaissance serait supportée par un pattern neuronal distribué et auto-associé (i.e., Martin & Chao, 2001; Pulvermüller, 2001; Versace, et al., 2009). A ce propos, l'inclusion d'un niveau lexical dans les modèles connexionnistes n'est pas une nouveauté (pour une revue voir Rogers & McClelland, 2006).

Néanmoins, le fait que l'attribut couleur soit conservé sous un format sensoriel relativement précis et sous un format lexical plus grossier s'accordent plus facilement avec des modèles défendant un multi-codage des attributs en mémoire tel que le modèle *Language And Situated Simulation (LASS)* de Barsalou, Santos, Simmons et Wilson (2008). Ce modèle défend l'idée que deux types de représentations supporteraient les connaissances, chacune portée par un système différent. Premièrement, les connaissances seraient composées d'une forme linguistique supportée par les systèmes cérébraux alloués au langage. Le second format serait supporté par les systèmes sensorimoteurs du cerveau et serait de nature perceptive, motrice et émotionnelle (i.e., format modal/sensorimoteur). Barsalou et al. (2008) ajoutent néanmoins l'idée suivant laquelle les représentations statistiques qui jouent un rôle majeur dans le cerveau (McClelland & Rumelhart, 1985) pourraient se trouver à la base du format linguistique comme sensorimoteur. En revanche, ils s'opposent à l'utilisation possible d'un format amodal (Fodor, 1975, 1983; Newell, 1960; Pylyshyn, 1984). Le modèle *LASS* se fonde sur la théorie du double codage développée par Paivio (1971, 1986) qui défend aussi l'implication de deux systèmes afin de représenter une connaissance. Un des systèmes serait de nature linguistique alors que l'autre serait de nature imagée. De plus comme le modèle *LASS*, le modèle du double codage de Paivio (1971, 1986) défend l'idée majeure suivant laquelle ces deux systèmes ne sont pas indépendants mais peuvent interagir à différents degrés afin de résoudre une tâche donnée. Ainsi, Barsalou et al. (2008) expliquent que les systèmes sensorimoteurs et linguistiques seraient en constante interaction lors de la résolution d'une tâche. En outre et conformément à l'hypothèse lexicale de Glaser (1992), l'utilisation du système linguistique n'interviendrait que dans le cas où la tâche implique un traitement conceptuel relativement superficiel, i.e., qui peut être résolue *via* la simple association entre des représentants lexicaux.

Afin de comprendre ce dernier point, il est nécessaire de développer ce que Barsalou et al. (2008) entendent réellement par un format linguistique. Ces auteurs se basent sur les théories qui envisagent qu'un nombre important d'informations à propos des connaissances se situerait au niveau des associations entre les représentants linguistiques des connaissances (Burgess & Lund, 1997; Landauer & Dumais, 1997). Dans cette approche, la représentation d'un objet est une distribution de mots qui apparaissent toujours de manière concomitante (i.e., cooccurrences) avec le représentant linguistique de l'objet (i.e., le mot représentant l'objet). En conséquence, la représentation d'un objet est composée en partie des mots désignant les attributs sensoriels qui le composent. Par exemple, la représentation linguistique d'une « banane » est composée de représentants linguistiques comme « jaune », « allongé », « mangeable », « mou », etc. En conséquence, par format linguistique, Barsalou et al. (2008) entendent la nature lexicale des connaissances. La seconde forme de connaissance utilisée implique les systèmes sensorimoteurs du cerveau. Il s'agit simplement d'une forme de simulation. Par conséquent, et en accord avec ce modèle, nous avançons que la couleur associée à une connaissance serait conservée à la fois sous une forme lexicale (i.e., label de la couleur associée au représentant linguistique de la connaissance) et sous une forme perceptive. Suivant Barsalou et al. (2008), le processus de simulation ne serait utilisé que dans le cas où la tâche ne peut être résolue *via* l'utilisation des représentations lexicales. Ainsi, la forme lexicale serait la forme utilisée par défaut. Uniquement, dans le cas où cette

représentation serait insuffisante une simulation de la couleur serait alors engagée afin d'aboutir à une connaissance permettant de résoudre la tâche. Cette interprétation est validée par nos données. En effet, dans le cas où la tâche est une tâche de discrimination inter-catégorielle pouvant être résolue à l'aide de représentants lexicaux, la couleur associée aux amorces semble uniquement récupérée à un niveau lexical (i.e., expériences 1, 2, 3, 4 et 5). En revanche lorsque la tâche de discrimination ne permet plus l'utilisation des représentants lexicaux (i.e., intra-catégorielle), un processus de simulation est alors mis en œuvre (i.e., expérience 7). A cela, il est possible d'ajouter l'idée suivant laquelle l'utilisation de représentations lexicales est sans doute moins coûteuse que l'utilisation d'une simulation puisqu'elles semblent moins précises.

L'idée suivant laquelle deux niveaux de représentations de la couleur seraient utilisés au niveau des connaissances permet de mettre en évidence une limite importante des travaux s'intéressant à l'amorçage sémantique de la couleur (Reilhac & Jiménez, 2006; Yee, et al., 2012). Par exemple, Reilhac et Jiménez (2006) manipulent le lien entre l'amorce et la cible au niveau de la représentation lexicale de la couleur. En effet, dans leur expérience, les amorces et les cibles sont des dessins d'animaux ou de végétaux associés à la couleur jaune ou verte. Il y a congruence lorsque les deux dessins sont associés tous deux à la couleur verte ou à la couleur jaune, et non congruence lorsque les deux objets sont associés à des couleurs différentes. Néanmoins, les objets associés à la même couleur ne sont pas forcément associés à la même teinte, par exemple la teinte de vert associée au dessin d'une salade est différente de la teinte de vert associée au dessin d'un artichaut. En conséquence, dans cette expérience, le lien de congruence est uniquement contrôlé à un niveau lexical sans se soucier du lien de congruence au niveau de la teinte. Dès lors, il est tout à fait possible que l'amorçage sémantique de la couleur ne se situe qu'à un niveau lexical. De plus, Reilhac et Jiménez (2006) obtiennent une facilitation des temps de réponse dans la condition congruente ce qui est cohérent avec la facilitation obtenue dans le cas où nous observons un amorçage de nature lexicale (cf. Expériences 1, 2, 3, 4 et 5). Il en est de même en ce qui concerne le travail de Yee et al. (2012). En effet, dans cette expérience la sélection des items a été réalisée grâce aux résultats d'un pré-test au cours duquel les participants devaient évaluer à quel point deux objets, désignés par deux mots, possédaient la même couleur. Sur la base de ce pré-test, ils ont sélectionné, pour l'expérience uniquement, les couples fortement ou faiblement similaires sur la couleur pour obtenir respectivement les essais congruents et non congruents. Dans les essais congruents, il y avait des objets possédant la même couleur alors que dans les essais non congruents, l'amorce ne possède pas la même couleur. Encore une fois, la teinte n'est pas manipulée. Il est donc légitime de penser que l'amorçage se situe à un niveau lexical. Notons, néanmoins, que la méthodologie pour sélectionner les items congruents permet une sélection d'items similaires sur la teinte. En effet, les participants dans le cas où les deux items sont associés à la même couleur évaluent la similarité ou non au niveau de la teinte. En conséquence, il faudrait répliquer une de ces expériences tout en contrôlant le lien de congruence à la fois à un niveau lexical et au niveau de la teinte, ce qui nous permettrait de dissocier l'amorçage sémantique de la couleur basé sur des représentations lexicales de celui basé sur des représentations perceptives.

#### 12.4. Pour aller plus loin : une influence en parallèle ?

Une autre question qu'il serait important d'aborder et de développer concerne la possibilité d'un accès en mémoire en parallèle à une représentation lexicale et perceptive de la couleur. En effet, les différents travaux sur la catégorisation perceptive développent l'idée que dans une tâche de discrimination chromatique inter-catégorielle, un accès lexical et un accès perceptif se dérouleraient en simultanée. C'est d'ailleurs grâce à ce double accès qu'une facilitation serait observée dans les tâches de discrimination chromatique inter-catégorielle par rapport à une tâche de discrimination intra-catégorielle (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). Depuis peu, cet accès en parallèle est appuyé expérimentalement par les résultats de Huette et McMurray (2010). Dans cette expérience, une cible colorée apparaissait en bas de l'écran suivie par l'apparition de deux cibles colorées à chaque coin supérieur de l'écran (i.e., coin droit et coin gauche) représentant les deux choix de réponse possibles. Les participants devaient glisser le curseur de la souris d'en bas de l'écran jusqu'à une des deux couleurs présentées en haut qui correspondait à la couleur de la cible. Une telle réponse implique une trajectoire de la souris qu'il est alors possible d'analyser. Onze cibles allant d'un « vert pur » à un « bleu pur » en passant par différentes teintes ambiguës ont été utilisées. Les deux réponses possibles sont un « vert pur » et un « bleu pur » (i.e., tâche de discrimination inter-catégorielle). L'observation intéressante de Huette et McMurray (2010) est que la déviation de la trajectoire de la souris vers la réponse alternative dépend de la teinte : plus une teinte est proche des limites de la catégorie (i.e., ambiguë), plus la déviation est importante. Huette et McMurray (2010) interprètent ce résultat comme démontrant que dans une tâche de discrimination inter-catégorielle, même si les participants utilisent des indices lexicaux pour répondre, la teinte est traitée en parallèle ce qui implique des déviations de la souris vers la couleur alternative. Ainsi, si un accès parallèle se produit lors de la perception pourquoi ne se produirait-il pas lors de l'accès aux connaissances ? Afin de répondre à cette question il faudrait tester la possibilité qu'une connaissance puisse influencer en parallèle une cible de couleur congruente sur la couleur (i.e., catégorie) et sur la teinte. Par exemple, nous pourrions évaluer la perception d'une cible présentée dans une teinte de vert clair alors qu'elle est précédée du mot « SALADE » (i.e., congruent sur la teinte et sur la catégorie), par rapport à la condition où l'amorce est « ARTICHAUT » (i.e., non congruent sur la teinte mais congruent sur la catégorie) et par rapport une troisième condition où l'amorce serait le mot « TOMATE » (i.e., non congruent sur la teinte et sur la catégorie). Notons qu'une influence en parallèle se produit peut être dans les travaux qui utilisent des photos d'objets ou de scènes dans lesquelles la couleur de l'objet correspond à la couleur en mémoire à la fois au niveau de la teinte et de la catégorie (e.g., Oliva & Schyns, 2000; Tanaka & Presnell, 1999; Therriault, et al., 2009).

Une seconde question importante à développer concerne la possibilité d'un accès à une représentation perceptive de la couleur (i.e., simulation d'une teinte) pour des objets *HDC*. En effet, dans cette thèse, notre dernière expérience suggère que la simulation d'une couleur se produit au niveau d'une teinte spécifique. Néanmoins, dans cette expérience, nous utilisons une amorce particulière qui permet la récupération d'une teinte donnée. Effectivement, nous utilisons une forme qui a toujours été associée à la même teinte. Or ce n'est pas le cas pour les

objets *HDC*. En effet, si nous prenons l'exemple d'une banane elle est, dans la vie de tous les jours, à la fois associée à une teinte jaune/marron lorsque la banane est mûre, à une teinte jaune/verte lorsque elle n'est pas assez mûre, à une teinte bien jaune si elle est humidifiée ou encore à une teinte jaune/noir si nous l'apercevons dans la pénombre, etc. Autrement dit, un même objet n'est pas toujours rencontré dans la même teinte mais est le plus souvent associé à différentes teintes. Concrètement, un objet *HDC* est défini comme un objet qui apparaît toujours dans la même couleur (définie comme une catégorie) mais pas toujours dans la même teinte. Ainsi, il n'est peut être pas possible que l'accès à une connaissance représentant un objet *HDC* puisse impliquer une simulation de la couleur, car il n'y a pas d'accès spécifique à une teinte. Cette interrogation fait partie de l'interrogation plus importante concernant la nature du processus de récupération de la couleur. En effet, au moins deux hypothèses différentes peuvent rendre compte d'un tel accès dans le cas des objets *HDC*. Notons que chacune de ces hypothèses sont dépendantes de la manière dont la couleur est conservée au niveau des connaissances. Premièrement, il est possible d'envisager que la couleur est un composant parmi d'autres d'une représentation de l'objet qui a été abstraite au cours de l'apprentissage. Par exemple, la représentation d'une banane est une représentation résumée conservant uniquement les caractéristiques communes à tous les exemplaires à la fois à un niveau perceptif comme lexical (i.e., hypothèse abstractionniste). Les différents exemplaires étant tous associés au label jaune, il est possible que la couleur soit conservée en mémoire sous ce format. En revanche, la teinte précise étant une caractéristique changeante d'un épisode à l'autre, cette caractéristique perceptive ne serait pas conservée. Notons, qu'il n'est pas nécessaire de concevoir une telle position sous un angle amodal mais que cela peut être réalisé sous un angle connexionniste. En effet, la banane apparaissant toujours jaune, le réseau constitué peut être composé de cette caractéristique perceptive du moment qu'elle est redondante. De plus, le mot « BANANE » étant toujours associé au mot « JAUNE », le réseau peut aussi avoir conservé cette caractéristique lexicale. Par la suite la couleur peut être réactivée soit à un niveau lexical, soit à un niveau perceptif. La seconde hypothèse consiste à défendre l'idée suivant laquelle l'accès à une couleur résulterait de la construction d'une connaissance lors de la récupération (i.e., hypothèse épisodique). Cette construction résulterait du couplage de multiples traces (Hintzman, 1986; Versace, et al., 2009; Whittlesea, 1987). Dans le cas d'une banane, la couleur jaune est commune à toutes ces traces au moins à un niveau lexical. En effet, chaque trace est associée au label jaune. Ce qui implique un accès lexical à la couleur. En ce qui concerne la teinte, les différentes traces étant associées à différentes teintes, aucun accès spécifique n'est possible. Le seul moyen consisterait à spécifier le contexte afin de réduire le nombre de traces réactivées pour pouvoir aboutir à la réactivation de traces ayant une teinte commune. Par exemple, dans le cas de la banane, le contexte « *il épluche une banane très mûre* » permettra la simulation d'une teinte jaune/marron. Pour résumer, l'hypothèse abstractionniste envisage qu'il n'est pas possible de simuler une teinte pour les objets *HDC* alors que l'hypothèse épisodique envisage que cela est possible uniquement du moment où un contexte assez spécifiant est utilisé. Les résultats de Connell (2007) déjà présentés sont totalement en accord avec l'hypothèse épisodique. En effet, dans cette expérience, Connell (2007) utilise des phrases pour générer un contexte spécifiant. Dans ce cas, Connell (2007) observe un ralentissement des temps de réponse suggérant que l'influence est de nature perceptive, ce qui signifie que la simulation de la

couleur est possible pour des objets *HDC*, confortant ainsi l'hypothèse épisodique. Un autre travail intéressant dans ce contexte est celui de Connell et Lynott (2009). Dans leur expérience, lors de chaque essai, les participants devaient lire une phrase désignant un objet cible. L'objet cible était un objet *HDC* (e.g., « un ours » habituellement associé à la couleur marron), et deux types de phrases étaient utilisées : (i) une phrase impliquant un accès à la couleur typique de l'objet cible (e.g., *Joe était excité de voir un ours dans les bois*) ou (ii) une phrase impliquant une couleur différente (e.g., « *Joe était excité de voir un ours au Pôle Nord* » impliquant un ours blanc). Après l'apparition d'une des deux phrases, le mot représentant l'objet cible était présenté écrit soit dans une couleur similaire à celle suggérée par la phrase, soit dans la couleur suggérée par la phrase qui n'était pas présentée. Par exemple, le mot « OURS » apparaissait soit marron, soit blanc. Les participants avaient pour tâche de lire la phrase puis de nommer la couleur dans laquelle le mot cible était écrit. Les résultats obtenus mettent en évidence que dans le cas où la phrase implique une couleur typique (i.e., *Joe était excité de voir un ours dans les bois*), les temps de réponse sont plus courts dans la condition congruente (i.e., ours écrit en marron) que dans la condition non congruente (i.e., ours écrit en blanc). Alors que dans la condition où la phrase implique la couleur non typique (i.e., *Joe était excité de voir un ours au Pôle Nord*), les temps de réponse sont aussi courts dans la condition congruente (i.e., ours écrit en blanc) que non congruente (i.e., ours écrit en marron). Sur la base de ces résultats, Connell et Lynott (2009) expliquent que la couleur typique et la couleur spécifique au scénario sont activées en parallèle. Une telle position renforcerait l'idée suivant laquelle la couleur est une construction au moment de la récupération influencée par le contexte. Néanmoins, ce résultat doit être pris avec précaution car le niveau de congruence (i.e., lexical vs. perceptif) n'est pas contrôlé, de plus les objets *HDC* permettent toujours de développer l'idée que la couleur est conservée sous la forme d'une représentation abstraite. Pour répondre à la question du type de récupération, nous pensons qu'il serait intéressant de réaliser une expérience similaire à notre septième expérience mais dans laquelle, une forme ne sera pas toujours associée à la même couleur. Nous pourrions utiliser une forme qui serait dans 50% des cas associés à une teinte de vert et dans 50% des cas associés à une teinte de vert différente. Cela permettrait d'obtenir un objet *HDC* associé à la couleur verte à un niveau lexical et associé à deux teintes de vert différentes au niveau perceptif. Dans une seconde phase, il suffirait d'analyser l'impact de cette forme sur la perception des deux teintes de vert. Si aucune influence n'est observée, cela validera la l'hypothèse abstractionniste puisque cette théorie envisage que la couleur n'est conservée que du moment où c'est une caractéristique présente dans tous les exemplaires. Dans le cas où une influence est observée, alors nous pourrions écarter cette hypothèse. Par la suite, une manipulation du contexte pourrait nous renseigner sur la pertinence de l'approche épisodique.

Pour conclure nos travaux suggèrent que la couleur est conservée en mémoire sous deux formats : un perceptif et un lexical. Ils permettent aussi d'appuyer la théorie *LASS* (Barsalou, et al., 2008) qui est une extension de l'approche simulationniste de base en considérant l'idée que les connaissances sont conservées sous un double format : perceptif et lexical, et que l'un ou l'autre de ces formats va être utilisé en fonction du coût et de la tâche à réaliser. Notons que ce point permet d'interroger les travaux portant sur l'amorçage sémantique de la couleur

car il est difficile de connaître le niveau exact d'influence des connaissances. De plus, de nombreuses questions restent en suspend comme la possibilité d'un accès en parallèle à ces deux formats de connaissances ou encore à la possibilité d'accéder à ces deux formats pour les objets *HDC*. Finalement, ces différentes questions font écho à des questions fondamentales concernant le fonctionnement mnésique, telles que l'accès en parallèle aux connaissances, l'influence du mode d'accès (e.g., couplage de traces) ou encore le rôle du contexte de récupération.

## **CONCLUSION**

---

La problématique à laquelle s'est attachée à répondre cette thèse concerne la possible influence des connaissances, et plus largement de la mémoire, sur la perception. Cette interrogation découle des modèles sensorimoteurs de la mémoire (Allport, 1985; Barsalou, et al., 2003; Martin & Chao, 2001; Pulvermüller, 2001; Schacter, et al., 1998; Versace, et al., 2009; Versace, et al., en révision) qui envisagent que les connaissances seraient représentées par des patterns neuronaux distribués sur l'ensemble du cerveau dont les aires sensorielles. En conséquence, ce substrat commun devient un point de rencontre potentiel entre connaissance et perception. Dans le cadre de la couleur, de nombreux travaux appuient l'idée qu'un réseau neuronal en partie similaire serait utilisé lors de la récupération de connaissances associées à une couleur (i.e., simulation de la couleur) et lors de la perception de la couleur (Hsu, et al., 2012; Hsu, et al., 2011; Simmons, et al., 2007). De plus, un nombre important de travaux suggère aussi la possibilité que la mémoire des couleurs est en mesure d'influencer la perception. Cependant, ces travaux n'ont testé cette influence que dans le cas où la couleur perçue est présentée en même temps que le stimulus impliquant la récupération de la connaissance associée à une couleur (e.g., Kubat, et al., 2009; Mitterer & de Ruiter, 2008; Naor-Raz, et al., 2003; Oliver & Thompson-Schill, 2003). Nous considérons que l'approche simulationniste permet d'envisager une possible influence alors que connaissance et perception sont supportées par des stimuli différents dont la présentation est séparée dans le temps. En effet, cette prédiction est possible car l'influence résulterait de l'activation de réseaux neuronaux en partie similaires dont l'influence peut être légèrement décalée dans le temps. Compte tenu, de cette prédiction particulière, nous avons mis au point une procédure basée sur le paradigme d'amorçage. Concrètement, une amorce impliquant une simulation de la couleur était rapidement présentée suivie d'une cible de couleur. Les participants devaient discriminer la couleur de la cible ce qui est censé impliquer un traitement perceptif de la couleur. Suivant l'hypothèse simulationniste, nous avons envisagé un amorçage lorsque la couleur simulée est congruente avec la couleur perçue.

Afin de tester cette hypothèse, nous avons mis au point sept expériences. Les deux premières expériences qui ont utilisé des images en guise d'amorces, ont permis d'obtenir un effet d'amorçage lorsque la couleur simulée et la couleur perçue sont congruentes. De plus, cet amorçage résulterait d'une facilitation dans la condition congruente compte tenu de la condition contrôle utilisée (i.e., une amorce n'impliquant pas de simulation de la couleur). Dans une troisième expérience, nous avons remplacé les images par des mots afin d'éviter la critique selon laquelle les images pourraient favoriser le recours à une simulation des attributs visuels comprenant la couleur. Un effet d'amorçage identique est à nouveau obtenu. Dans une quatrième expérience, nous avons testé l'influence de la durée du *SOA*. Les résultats de cette expérience critiquable sous différents aspects, ne démontrent pas d'influence du *SOA*. Dans une cinquième expérience, nous développons deux limites des quatre premières expériences. La première envisage que l'amorçage obtenu pourrait résulter de la mise en place d'une stratégie d'anticipation et la seconde envisage que cet amorçage pourrait être attribuable à la mise en place d'une stratégie de verbalisation. Pour éviter le recours à de telle stratégie, nous avons changé la tâche de perception de la couleur. Dans une sixième expérience, les participants voyaient apparaître simultanément deux cibles à l'écran et devaient dire si elles apparaissaient dans la même couleur ou dans des couleurs différentes. En conséquence,

connaître la couleur de l'amorce ne permet pas d'anticiper la réponse à fournir et verbaliser le label associé à l'amorce ne peut pas non plus faciliter la réponse. Les résultats obtenus mettent encore une fois en évidence un amorçage similaire. Néanmoins, une telle expérience est aussi critiquable. Plus précisément, comme l'identité ou la différence entre les cibles colorées se situent aussi bien à un niveau perceptif que verbal, il est possible que l'amorçage observé ne soit pas de nature perceptive mais lexicale. En effet, pour déterminer si deux ronds jaunes sont de la même couleur, il est possible que les participants déterminent s'il y a une identité au niveau des labels associés (i.e., JAUNE – JAUNE). Pour palier cette critique, nous avons construit une sixième expérience dans laquelle les cibles identiques et différentes étaient composées de deux ronds de couleur identique mais de teintes différentes. Par exemple, un rond jaune clair et un rond jaune foncé étaient présentés dans le cas d'une cible « différente » alors que deux ronds jaune foncé étaient présentés dans le cas d'une cible « identique ». Puisque les mêmes labels sont associés au deux ronds et cela dans le cas de cibles « identiques » et « différentes », les participants ne pouvaient plus s'appuyer sur les labels. En d'autres termes, la tâche perceptive ne pouvait être réalisée qu'à un niveau perceptif (i.e., tâche de discrimination intra-catégorielle). Dans ce cas, nous n'observons plus d'amorçage ce qui suggère que l'amorçage obtenu dans les expériences précédentes était sans doute de nature lexicale (et non perceptive). C'est le label associé à l'amorce qui facilitait les temps de réponse car les tâches perceptives utilisées permettaient le recours à des labels. Ce résultat aurait pu conduire à la conclusion selon laquelle les connaissances associées à une couleur ne sont pas en mesure d'influencer la perception de la couleur, néanmoins nous défendons l'idée suivant laquelle les premières expériences échouent à mettre en évidence une telle influence car le lien de congruence n'est pas contrôlé au bon niveau. En effet, dans les premières expériences, le lien de congruence est contrôlé au niveau des grandes catégories de couleur (i.e., jaune et vert) qui peuvent aussi être représentées par des labels. Un tel contrôle implique implicitement que la couleur simulée serait en quelque sorte une forme de couleur générale/générique. Or, il est possible de défendre l'idée que ce qui est simulée n'est pas une couleur à un niveau général, mais c'est une teinte précise. Dans le cas du vert, ce qui serait simulé serait une teinte de vert particulière : vert clair, vert-bleu, vert foncé, vert-jaune, etc. En conséquence, si la simulation de la couleur se produit au niveau précis d'une teinte, l'influence sur la perception doit aussi se retrouver au niveau précis des teintes. Ainsi afin de tester une telle hypothèse, il est nécessaire de contrôler le lien de congruence entre la couleur associée à l'amorce et la cible au niveau précis des teintes. Ce fut l'objectif de la dernière expérience de cette thèse. Pour cela, nous avons utilisé une procédure en deux étapes. Durant la première phase, la procédure utilisée a permis de construire une association artificielle entre une forme et une teinte précise. Au cours de la seconde phase, nous avons testé l'influence de la forme achromatique associée à une teinte sur une cible colorée congruente ou non au niveau de la teinte. Les résultats obtenus appuient la possibilité que la simulation d'une teinte précise serait en mesure d'influencer la perception d'une teinte similaire.

Pris ensemble, ces résultats suggèrent que la perception de la couleur peut être influencée par des connaissances fortement associées à une couleur. Plus précisément, il semble que la perception peut être influencée à deux niveaux : à un niveau lexical et à un niveau perceptif. Ce qui est d'ailleurs cohérent avec les résultats de Mitterer et al. (2009) ainsi

qu'avec le modèle *LASS* de Barsalou et al. (2008). Notons de plus que l'influence à un niveau perceptif appuie l'idée simulationniste d'une interaction mémoire/perception. Cependant, rappelons que cette influence nécessite des travaux complémentaires pour finaliser sa démonstration (i.e., plus de teintes, influence inverse, réduction du signal *BOLD*). Ensuite, ces résultats suggèrent aussi que la perception des couleurs peut faire intervenir deux types de processus différents : des processus lexicaux et des processus perceptifs comme le suggère déjà les travaux sur la catégorisation perceptuelle (Drivonikou, et al., 2007; Gilbert, et al., 2006; Pilling, et al., 2003; Roberson & Davidoff, 2000; Siok, et al., 2009). En outre, il semblerait que les processus lexicaux (i.e., catégorie) soient moins précis que les processus perceptifs. En effet, les processus lexicaux permettent de résoudre des tâches dans lesquelles il faut discriminer des couleurs appartenant à des catégories différentes alors que les processus perceptifs semblent intervenir dès lors que la tâche implique une discrimination entre les nuances d'une même couleur (i.e., teintes). En ce qui concerne la représentation mnésique de la couleur, il semble aussi qu'il y ait deux niveaux de conservation : un niveau lexical, lui aussi relativement grossier, et un niveau perceptif plus précis (i.e., simulation de la teinte). Pour terminer, ces résultats nous ont conduits à développer de nouvelles interrogations, comme par exemple savoir si l'accès à la couleur en mémoire peut se produire au niveau lexical et perceptif en parallèle ou encore savoir si un objet *HDC* peut impliquer la simulation d'une teinte. Ces résultats nous ont aussi conduits à mettre en évidence les limites des travaux sur l'amorçage perceptif et sémantique de la couleur qui ne prennent pas en compte ces deux niveaux différents de représentations de la couleur.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

- Adams, G. (1924). An experimental study of memory color and related phenomena. *American Journal of Psychology*, *34*, 359-407.
- Alario, F.-X., & Ferrand, L. (1999). A set of 400 pictures standardized for French: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *31*, 531-552.
- Allport, D. A. (1985). Distributed memory, modular subsystems and dysphasia. In S. K. Newman & R. Epstein (Eds.), *Current perspectives in dysphasia* (pp. 32-60). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation*, *2*, 89-195.
- Bar, M. (2007). The proactive brain: Using analogies and associations to generate predictions. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(7), 280-289.
- Bar, M. (2009). The proactive brain: Memory for predictions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Science*, *364*, 1235-1243.
- Bar, M., Kassam, K. S., Ghuman, A. S., Boshyan, J., Schmidt, A. M., Dale, A. M., et al. (2006). Top-down facilitation of visual recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(2), 449-454.
- Barsalou, L. W. (2003). Abstraction in perceptual symbol systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Science*, *358*, 1177-1187.
- Barsalou, L. W. (2008). Representation and knowledge in long-term memory. In E. E. Smith & S. M. Kosslyn (Eds.), *Cognitive psychology: Mind and brain* (pp. 147-191). New Jersey: Prentice Hall.
- Barsalou, L. W. (2009). Simulation, situated conceptualization, and prediction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Science*, *364*, 1281-1289.
- Barsalou, L. W., Santos, A., Simmons, W. K., & Wilson, C. D. (2008). Language and simulation in conceptual processing. In M. De Vega, A. M. Glenberg & A. C. Graesser (Eds.), *Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Barsalou, L. W., Simmons, W. K., Barbey, A. K., & Wilson, C., D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(2), 84-91.
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A. C., & Denes, G. (1997). Preserved imagery for colours in a patient with cerebral achromatopsia. *Cortex*, *33*, 369-378.
- Beauchamp, M. S., Haxby, J. V., Jennings, J. E., & De Yoe, E. A. (1999). An fMRI version of the Farnsworth-Munsell 100-hue test reveals multiple color-selective areas in human ventral occipitotemporal cortex. *Cerebral Cortex*, *9*, 257-263.
- Berthoz, A. (1998). *Le sens du mouvement*. Paris: Odile Jacob.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, *94*(2), 115-147.
- Biederman, I., & Ju, G. (1988). Surface versus edge-based determinants of visual recognition. *Cognitive Psychology*, *20*, 38-64.

- Bolles, R. C., Hulicka, I. M., & Hanly, B. (1959). Colour judgment as a function of stimulus conditions and memory colour. *Canadian Journal of Psychology*, *13*, 175-185.
- Bonin, P., Peereman, R., Malardier, N., Méot, A., & Chalard, M. (2003). A new set of 299 pictures for psycholinguistic studies: French norms for name agreement, image agreement, conceptual familiarity, visual complexity, image variability, age of acquisition and naming latencies. *Behavioral Research Methods, Instrument, and Computers*, *35*(1), 158-167.
- Bornstein, M. H., & Korda, N. O. (1984). Discrimination and matching within and between hues measured by reaction times: Some implications for categorical perception and levels of information processing. *Psychological Research*, *46*, 207-222.
- Boulenger, V., Mechtouff, L., Thobois, S., Broussolle, E., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2008). Word processing in Parkinson's disease is impaired for action verbs but not for concrete nouns. *Neuropsychologia*, *46*, 743-756.
- Bouvier, S. E., & Engel, S. A. (2006). Behavioral deficits and cortical damage loci in cerebral achromatopsia. *Cerebral Cortex*, *16*, 183-191.
- Bramão, I., Faísca, L., Forkstam, C., Reis, A., & Petersson, K. M. (2010). Cortical brain regions associated with color processing: An fMRI study. *The Open Neuroimaging Journal*, *4*, 164-173.
- Bramão, I., Inácio, F., Faísca, L., Reis, A., & Petersson, K. M. (2011). The influence of color information on the recognition of color diagnostic and noncolor diagnostic objects. *The Journal of General Psychology*, *138*(1), 49-65.
- Bramão, I., Reis, A., Petersson, K. M., & Faísca, L. (2011). The role of color information on object recognition: A review and meta-analysis. *Acta Psychologica*, *138*(1), 244-253.
- Brooks, L. (1978). Nonanalytic concept formation and memory for instances. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 169-211). Hillsdale, N J: Erlbaum.
- 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*(4), 1081-1088.
- Bruner, J. S., & Postman, L. (1949). On the perception of incongruity: A paradigm. *Journal of Personality*, *18*(108-143).
- Bruner, J. S., Postman, L., & Rodrigues, J. (1951). Expectation and the perception of color. *American Journal of Psychology*, *64*, 216-227.
- Burgess, C., & Lund, K. (1997). Modeling parsing constraints with high-dimensional context space *Language and Cognitive Processes* *12*, 177-210.
- Caramazza, A., & Mahon, B. Z. (2006). The organisation of conceptual knowledge in the brain: The future's past and some future directions. *Cognitive Neuropsychology*, *23*(1), 13-38.
- Chao, L. L., & Martin, A. (1999). Cortical regions associated with perceiving, naming, and knowing about colors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(1), 25-35.
- Clancey, W. J. (1997). *Situated cognition: On human knowledge and computer representations*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Memory*, 8, 240-247.
- Connell, L. (2007). Representing object colour in language comprehension. *Cognition*, 102, 476-485.
- Connell, L., & Lynott, D. (2009). Is a bear white in the woods? Parallel representation of implied object color during language comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(3), 573-577.
- Conway, B. R. (2009). Color vision, cones, and color-coding in the cortex. *The Neuroscientist*, 15(3), 274-290.
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Dobmeyer, S., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1991). Shape, color, and speed: Functional anatomy by positron emission tomography. *The Journal of Neuroscience*, 11(8), 2393-2402.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: A systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, 33, 25-62.
- Darwin, C. (1871/2006). *La descendance de l'Homme: Les facultés mentales de l'homme et celles des animaux inférieurs*. Paris: L'Harmattan.
- Darwin, C. (1872/2001). *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux*. Paris: Rivage.
- De Vega, M., Glenberg, A. M., & Graesser, A. C. (2008). *Symbols and Embodiment: Debates on Meaning and Cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- De Vreese, L. P. (1991). Two systems for colour-naming defects: Verbal disconnection vs colour imagery disorder. *Neuropsychologia*, 29, 1-18.
- Delk, J. L., & Fillenbaum, S. (1965). Differences in perceived color as a function of characteristic color. *American Journal of Psychology*, 78, 290-293.
- Di Pace, E., Marangolo, P., & Pizzamiglio, L. (1997). Response bias in color priming. *Acta Psychologica*, 95, 3-14.
- Drivonikou, G. V., Kay, P., Regier, T., Ivry, R. B., Gilbert, A. L., Franklin, A., et al. (2007). Further evidence that Whorfian effects are stronger in the right visual field than the left. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 1097-1102.
- Duncker, K. (1939). The influence of past experience upon perceptual properties. *American Journal of Psychology*, 52, 255-265.
- Engel, S., Zhang, X., & Wandell, B. (1997). Colour tuning in human visual cortex measured with functional magnetic resonance imaging. *Nature*, 388, 68-71.
- Estes, Z., Verges, M., & Barsalou, L. W. (2008). Head up, foot down: Object words orient attention to the objects' typical location. *Psychological Science*, 19(2), 93-97.
- Farah, M. J., & McClelland, J. L. (1991). A computational model of semantic memory impairment: Modality-specificity and emergent category-specificity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 339-357.

- Farnsworth, D. (1957). *The Farnsworth-Munsell 100-hue for the examination of the color vision*. Baltimore, MD: Munsell Color Compagny.
- Ferrand, L., New, B., Brysbaert, M., Keuleers, E., Bonin, P., Méot, A., et al. (2010). The French Lexicon Project: Lexical decision data for 38,840 French words and 38,840 pseudowords. *Behavior Research Methods*, *42*, 488-496.
- Fisher, S. C., Hull, C., & Holtz, P. (1956). Past experience and perception: Memory color. *The American Journal of Psychology*, *69*, 546-560.
- Fodor, J. A. (1975). *The Language of Thought*. Harvard: Harvard University Press.
- Fodor, J. A. (1983). *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. Cambridge: MIT Press.
- Gegenfurtner, K. R. (2003). Cortical mechanisms of colour vision. *Natural Review: Neuroscience*, *4*, 563-572.
- Gegenfurtner, K. R., & Kiper, D. C. (2003). Color vision. *Annual Review of Neuroscience*, *26*, 181-206.
- Gegenfurtner, K. R., & Rieger, J. (2000). Sensory and cognitive contributions of color to the recognition of natural scenes. *Current Biology*, *10*, 805-808.
- Gibbs Jr, R. W. (2005). *Embodiement and cognitive science*. Cambridge: Cambridge Univeristy Press.
- Gilbert, A. L., Regier, T., Kay, P., & Ivry, R. B. (2006). Whorf hypothesis is supported in the right visual field but not the left. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*, 489-494.
- Glaser, W. R. (1992). Picture naming. *Cognition*, *42*, 61-105.
- Goffaux, V., Jacques, C., Mouraux, A., Oliva, A., Schyns, P. G., & Rossion, B. (2005). Diagnostic colours contribute to the early stages of scene categorization: Behavioural and neurophysiological evidence. *Visual Cognition*, *12*(6), 878-892.
- Goldberg, R. E., Perfetti, C. A., & Schneider, W. (2006). Perceptual knowledge retrieval activates sensory brain regions. *Journal of Neuroscience*, *26*, 4917-4921.
- Goldstein, E. B. (2002). *Sensation and perception* (6<sup>th</sup> ed.). Pacific Grove, CA: Wadsworth.
- Goldstone, R. L., & Hendrickson, A. T. (2009). Categorical perception. *Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, *1*, 69-78.
- Goolsby, B. A., & Suzuki, S. (2001). Understanding priming of color-singleton search: Role of attention at encoding and "retrieval". *Perception and Psychophysics*, *63*(6), 929-944.
- Guylás, B., & Roland, P. E. (1994). Processing and analysis of form, colour and binocular disparity in the brain: Functional anatomy by positron emission tomography. *European Journal of Neuroscience*, *6*, 1811-1828.
- Hanley, J. R., & Roberson, D. (2011). Categorical perception effects reflect differences in typicality on within-category trials. *Psychonomic Bulletin & Review*, *18*, 355-363.
- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, *9*(11), 1367-1368.
- Harper, R. S. (1953). The perceptual modifications of colored figures. *American Journal of Psychology*, *66*, 86-89.

- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. New-York: John Wiley & Sons.
- Heurley, L. P., Brouillet, T., Chesnoy, G., & Brouillet, D. (2012). Color perception involves color representations firstly at a semantic level and then at a lexical level. *Cognitive Processing*.
- Heurley, L. P., Milhau, A., Chesnoy, G., Ferrier, L. P., Brouillet, T., & Brouillet, D. (en révision). Influence of language on color perception: A simulationist explanation. *Biolinguistics*.
- Heurley, L. P., Rolland-Thiers, E., Ferrier, L. P., & Brouillet, D. (sous presse). Influence des connaissances associées à une couleur dans une tâche de discrimination chromatique. *L'Année Psychologique*.
- Hinton, G. (1981). Implementing semantic networks in parallel hardware. In G. Hinton & J. A. Anderson (Eds.), *Parallel model of associative memory* (pp. 191-217). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hinton, G., McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1986). Distributed Representations. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the microstructures of cognition* Cambridge: MA: Bradford Books.
- Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 76, 96-101.
- Hintzman, D. L. (1986). Schema-abstraction in a multiple trace model. *Psychological Review*, 93, 411-428.
- Hsu, N. S., Frankland, S. M., & Thompson-Schill, S. L. (2012). Chromaticity of color perception and object color knowledge. *Neuropsychologia*, 50, 327-333.
- Hsu, N. S., Kraemer, D. J. M., Oliver, R. T., Schlichting, M. L., & Thompson-Schill, S. L. (2011). Color, context, and cognitive style: Variations in color knowledge retrieval as a function of task and subject variables. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(9), 2544-2557.
- Huette, S., & McMurray, R. (2010). Continuous dynamics of color categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17, 348-354.
- Hurlbert, A. C., & Ling, Y. (2005). If it's a banana, it must be yellow: The role of memory colors in color constancy. *Journal of Vision*, 5(8), 787.
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V., & Vevea, J. L. (2000). Why do categories affect stimulus judgment? *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 220-241.
- Ishihara, S. (1974). *Tests for Colour-blindness*. Tokyo: Kanehara Shup.
- Johnson, M. (1987). *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. Chicago Chicago University Press.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Therriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M., Blanchard, A. A., et al. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, 94, B79-B89.
- 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(3), 207-221.

- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of the brain and behavior*. Massachusetts: MIT Press.
- Kirby, J., Moore, P., & Schofield, N. (1988). Verbal and visual learning styles. *Contemporary Educational Psychology, 13*, 169-184.
- Klein, G. S. (1964). Semantic power measured through the interference of words with color-naming. *American Journal of Psychology, 77*, 576-588.
- Kristjánsson, Á. (2006). Simultaneous priming along multiple feature dimensions in a visual search task. *Vision Research, 46*, 2554-2570.
- Kristjánsson, Á., Vuilleumier, P., Schwartz, S., Macaluso, E., & Driver, J. (2007). Neural basis for priming of pop-out during visual search revealed with fMRI. *Cerebral Cortex, 17*, 1612-1624.
- Kubat, R., Mirman, D., & Roy, D. (2009). Semantic context effects on color categorization. In N. A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 491-495). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Kveraga, K., Boshyan, J., & Bar, M. (2007). Magnocellular projections as the trigger of top-down facilitation in recognition. *The Journal of Neuroscience, 27*(48), 13232-13240.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lamberts, K., & Shanks, D. (1997). *Knowledge, concepts, and categories*. Cambridge: The MIT Press.
- Landauer, I. K., & Dumais, S. T. (1997). A solution to Plato's problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction and representation of knowledge. *Psychological Review, 104*, 211-240.
- Laws, K., & Hunter, M. Z. (2006). The impact of colour, spatial resolution, and presentation speed on category naming. *Brain and Cognition, 62*, 89-97.
- Lettvin, J. Y., Maturana, H. R., McCulloch, W. S., & Pitts, W. H. (1959). What the frog's eye tells the frog's brain. *Proceedings of the IRE, 47*(11), 1940-1951.
- Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science, 240*(4853), 740-749.
- Loftus, E. F. (1977). Shifting human color memory. *Memory & Cognition, 5*(6), 696-699.
- Loftus, E. F., & Palmer, J. C. (1974). Reconstruction of automobile destruction: An example of the interaction between language and memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 13*(5), 585-589.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review. *Psychological Bulletin, 109*(2), 163-203.
- 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.
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1994). Priming of pop-out: I. Role of features. *Memory & Cognition, 22*, 657-672.
- Marangolo, P., Di Pace, E., & Pizzamiglio, L. (1993). Priming effect in a color discrimination task. *Perceptual and motor skills, 77*, 259-269.

- Martin, A. (2009). Circuits in mind: The neural foundations for object concepts. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (4th ed., pp. 1031-1045). Cambridge: MIT Press.
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: Structure and process. *Current Opinion in Neurobiology*, *11*, 194-201.
- Martin, A., Haxby, J. V., Lalonde, F. M., Wiggs, C. L., & Ungerleider, L. G. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*, *270*, 102-105
- McClelland, J. L., & Rogers, T. T. (2003). The parallel distributed processing approach to semantic cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*, 310-322.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1985). Distributed memory and the representation of general and specific information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *114*, 159-197.
- McKeefry, D., & Zeki, S. (1997). The position and topography of the human colour center as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Brain*, *120*, 2229-2242.
- McNamara, T. P. (2005). *Semantic Priming: Perspectives from memory and word recognition*. New-York: Psychology Press.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, *85*, 207-238.
- Meteyard, L., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2007). Motion detection and motion verbs: Language affects low-level visual perception. *Psychological Science*, *18*(11), 1007-1013.
- 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*(6), 662-667.
- Mitterer, H., & de Ruiter, J. P. (2008). Recalibrating color categories using world knowledge. *Psychological Science*, *19*(7), 629-634.
- Mitterer, H., Horschig, J. M., Müsseler, J., & Majid, A. (2009). The influence of memory on perception: It's not what things look like, it's what you call them. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *35*, 1557-1562.
- Moscato del Prado Martín, F., Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2006). Category specificity in the processing of color-related and form-related words: An ERP study. *NeuroImage*, *29* 29-37.
- Murphy, G. L. (2004). *The big book of concepts*. Cambridge: MIT Press.
- Nagai, J.-I., & Yokosawa, K. (2003). What regulates the surface color effect in object recognition: Color diagnosticity or category? *Technical Report on Attention and Cognition*, *28*, 1-4.
- Naor-Raz, G., Tarr, M. J., & Kersten, D. (2003). Is color an intrinsic property of object representation? *Perception*, *32*, 667-680.
- Neath, I., & Surprenant, A. M. (2003). *Human memory* (2nd ed.). Belmont: Thomson/Wadsworth.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.

- New, B., Pallier, C., Brysbaert, M., & Ferrand, L. (2004). Lexique 2 : A New French Lexical Database. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 516-524.
- Newell, A. (1960). Physical Symbol Systems. *Cognitive Science*, 4, 135-183.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Nicolas, S. (2000). *La mémoire humaine : une perspective fonctionnaliste*. Paris: L'Harmattan.
- Nijboer, T. C. W., Gebuis, T., te Pas, S. F., & Van der Smagt, M. J. (2011). Interactions between colour and synaesthetic colour: An effect of simultaneous colour contrast on synaesthetic colours. *Vision Research*, 51, 43-47.
- Nijboer, T. C. W., Van der Smagt, M. J., Van Zandvoort, M. J. E., & De Haan, E. H. F. (2007). Colour agnosia impairs the recognition of natural but not of non-natural scenes. *Cognitive Neuropsychology*, 24(2), 152-161.
- Nijboer, T. C. W., van Zandvoort, M. J. E., & de Haan, E. H. F. (2006a). Covert colour processing in colour agnosia. *Neuropsychologia*, 44, 1437-1443.
- Nijboer, T. C. W., van Zandvoort, M. J. E., & de Haan, E. H. F. (2006b). Seeing red primes tomato: Evidence for comparable priming from colour and colour name primes to semantically related word targets. *Cognitive Processes*, 7, 269-274.
- Nosofsky, R. M. (1984). Choice, similarity, and the context theory of classification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 104-114.
- Núñez, R., & Freeman, W. J. (1999). Reclaiming cognition: The primacy of action, intention and emotion. *Journal of Consciousness Studies*, 6, 11-12.
- Oliva, A., & Schyns, P. G. (2000). Diagnostic colors mediate scene recognition. *Cognitive Psychology*, 41, 176-210.
- Oliver, R. T., & Thompson-Schill, S. L. (2003). Dorsal stream activation during retrieval of object size and shape. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(4), 309-322.
- 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(5), 1-16.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York, NY: Holt, Rinehart, & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York, NY: Oxford university Press.
- Pecher, D., & Zwaan, R. A. (2005). Introduction to grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking. In D. Pecher & R. A. Zwaan (Eds.), *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thinking* (pp. 1-7). Cambridge: Cambridge University Press.
- Perky, C. W. (1910). An experimental study of imagination. *The American Journal of Psychology*, 21(3), 422-452.
- Pilling, M., Wiggett, A., Özgen, E., & Davies, I. R. L. (2003). Is colour "categorical perception" really perceptual? *Cognition*, 31, 538-551.

- Price, C. J., & Humphreys, G. W. (1989). The effects of surface detail on object categorization and naming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 797-828.
- Pulvermüller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 253-336.
- Pulvermüller, F. (2001). Brain reflections of words and their meaning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(12), 517-524.
- Pulvermüller, F. (2003). *The Neuroscience of Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pulvermüller, F. (2010). Brain-Language Research: Where is the Progress? *Biolinguistics*, 4(2-3), 255-288.
- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and Cognition*. Cambridge: MIT Press.
- Reilhac, G., & Jiménez, M. (2006). Amorçage de la couleur typique d'un objet lors d'une tâche de catégorisation. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 60(4), 285-293.
- Richter, T., & Zwaan, R. A. (2009). Processing of color words activates color representations. *Cognition*, 111(3), 383-389.
- Robbins, P., & Aydede, M. (2009). *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Roberson, D., & Davidoff, J. (2000). The categorical perception of colors and facial expressions: The effect of verbal interference. *Memory & Cognition*, 28, 977-986.
- Roediger III, H. L., Dudai, Y., & Fitzpatrick, S. M. (2007). *Science of Memory: Concepts*. Oxford: Oxford University Press.
- Rogers, T. T., & McClelland, J. L. (2006). *Semantic Cognition: A parallel distributed processing approach*. Cambridge: MIT Press.
- Romanes, G. J. (1884/2006). *L'évolution mentale chez l'homme*. Paris: L'Harmattan.
- Rossion, B., & Pourtois, G. (2004). Revisiting Snodgrass and Vanderwart's object pictorial set: The role of surface detail in basic-level object recognition. *Perception*, 33, 217-236.
- Schacter, D. L., & Addis, D. R. (2009). On the nature of medial temporal lobe contributions to the constructive simulation of future events. *Philosophical Transactions of the Royal Society (B)*, 364, 1245-1253.
- Schacter, D. L., Norman, K. A., & Koutstaal, W. (1998). The cognitive neuroscience of constructive memory. *Annual Review of Psychology*, 49, 289-318.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime User's Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools, Inc.
- Segal, S. J., & Gordon, P. E. (1969). The Perky effect revisited: Blocking of visual signals by imagery. *Perceptual and Motor Skills*, 28, 791-797.
- Shuren, J. E., Brott, T. G., Schefft, B. K., & Houston, W. (1996). Preserved color imagery in an achromatopsic. *Neuropsychologia*, 34, 485-489.

- Simmons, W. K., & Barsalou, L. W. (2003). The similarity-in-topography principle: Reconciling theories of conceptual deficits. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3/4/5/6), 451-486.
- Simmons, W. K., Ramjee, V., Beauchamp, M. S., McRae, K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2007). A common neural substrate for perceiving and knowing about color. *Neuropsychologia*, *45*, 2802-2810.
- Siok, W. T., Kay, P., Wang, W. S. Y., Chan, A. H. D., Chen, L., Luke, K.-W., et al. (2009). Language regions of brain are operative in color perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(20), 8140-8145.
- Slotnick, S. D. (2009). Memory for color reactivates color processing region. *NeuroReport*, *20*, 1568-1571.
- Smith, E. E., & Medin, D. L. (1981). *Categories and concepts*. Cambridge: MA: Harvard University Press.
- Surprenant, A. M., & Neath, I. (2009). *Principles of memory*. New-York: Psychology Press.
- Tanaka, J. W., & Presnell, L. M. (1999). Color diagnosticity in object recognition. *Perception & Psychophysics*, *61*(6), 1140-1153.
- Tanaka, J. W., Weiskopf, D., & Williams, P. (2001). The role of color in high-level vision. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(5), 211-215.
- Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action*. Cambridge: MIT Press.
- Therriault, D. J., Yaxley, R. H., & Zwaan, R. A. (2009). The role of color diagnosticity in object recognition and representation. *Cognitive Processes*, *10*(4), 335-342.
- Tulving, E. (1972). Episodic and Semantic Memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization and Memory* (pp. 381-403). New-York: Academic Press.
- Van Zandvoort, M. J. E., Nijboer, T. C. W., & de Haan, E. (2007). Developmental colour agnosia. *Cortex*, *43*, 750-757.
- Vermeulen, N., Corneille, O., & Niedenthal, P. M. (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*(4), 522-560.
- Versace, R., Vallet, G., Brunel, L., Riou, B., Lesourd, M., & Labeye, E. (en révision). Act-In: An integrated view of memory mechanisms.
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, *107*(3), 829-853.
- Whittlesea, B. W. A. (1987). Preservation of specific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *13*(1), 3-17.
- Wiggs, C. L., & Martin, A. (1998). Properties and mechanisms of perceptual priming. *Current Opinion in Neurobiology*, *8*, 227-233.
- Wiggs, C. L., Weisberg, J., & Martin, A. (1999). Neural correlates of semantic and episodic memory retrieval. *Neuropsychologia*, *37*, 103-118.

- Witze, C., Valkova, H., Hansen, T., & Gegenfurtner, K. R. (2011). Object knowledge modulates colour appearance. *i-Perception*, 2, 13-49.
- Wurm, L. H., Legge, G. E., Isenberg, L. M., & Luebker, A. (1993). Color improves object recognition in normal and low vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 899-911.
- Yee, E., Ahmed, S. Z., & Thompson-Schill, S. L. (2012). Colorless green ideas (can) prime furiously. *Psychological Science*, 23, 364-369.
- Zeki, S. (1983a). Colour coding in the cerebral cortex: The reaction of cells in monkey visual cortex to wavelengths and colours. *Neuroscience*, 9, 741-765.
- Zeki, S. (1983b). Colour coding in the cerebral cortex: The responses of the wavelength-selective and colour-coded cells in monkey visual cortex to changes in wavelength composition. *Neuroscience*, 9, 767-781.
- Zeki, S. (1983c). The distribution of wavelength and orientation selective cells in different areas of the monkey visual cortex. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 217, 449-470.
- Zeki, S. (1990). A century of cerebral achromatopsia. *Brain*, 113, 1721-1777.
- Zeki, S., & Marini, L. (1998). Three cortical stages of colour processing in the human brain. *Brain*, 121, 1669-1685.
- Zeki, S., Watson, J. D. G., Lueck, C. J., Friston, K. J., Kennard, C., & Frackowiak, R. S. J. (1991). A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. *The Journal of Neuroscience*, 17(3), 641-649.
- Zwaan, R. A. (2008). Experiential traces and mental simulations in language comprehension. In M. de Vega, A. M. Glenberg & A. C. Graesser (Eds.), *Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition* (pp. 165-180). Oxford: Oxford University Press.

## **ANNEXES**

---

## ANNEXE 1 – Listes des amorces dans les expériences 1, 2 et 3

Liste des images et des mots utilisés avant l'optimisation du matériel (i.e., expérience 1, 2 et 3) avec leur couleur typique (jaune et verte), leur catégorie d'appartenance (animaux et végétaux), la phase au cours de laquelle les dessins ou les mots ont été utilisés (phase test ou de familiarisation) et leur consensus sur la couleur (en %).

Phase	Couleur typique	Catégorie	Images	Consensus (images)	Mots
Test	Jaune	Animaux		86%	<b>ABEILLE</b>
Test	Jaune	Animaux		68,5%	<b>GIRAFE</b>
Test	Jaune	Animaux		99%	<b>POUSSIN</b>
Test	Jaune	Végétaux		95%	<b>CITRON</b>
Test	Jaune	Végétaux		99,5%	<b>BANANE</b>
Test	Jaune	Végétaux		98%	<b>MAÏS</b>
Test	Vert	Animaux		95,5%	<b>CROCODILE</b>
Test	Vert	Animaux		98%	<b>GRENOUILLE</b>
Test	Vert	Animaux		94,5%	<b>LÉZARD</b>
Test	Vert	Végétaux		96%	<b>ARTICHAUT</b>
Test.	Vert	Végétaux		91,5%	<b>AVOCAT</b>
Test	Vert	Végétaux		98,5%	<b>POIS</b>

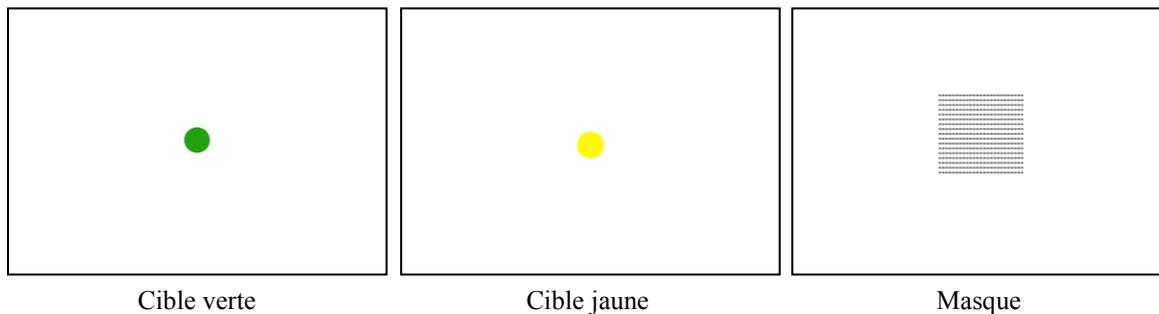
Phase	Couleur typique	Catégorie	Images	Consensus (images)	Mots
Fam.	Jaune	Animaux		32,5%	<b>LÉOPARD</b>
Fam.	Jaune	Animaux		55%	<b>LION</b>
Fam.	Orange	Végétaux		83%	<b>ABRICOT</b>
Fam.	Jaune	Végétaux		53,5%	<b>ANANAS</b>
Fam.	Vert	Animaux		84,5%	<b>SAUTERELLE</b>
Fam.	Vert	Animaux		92,5%	<b>TORTUE</b>
Fam.	Vert	Végétaux		90%	<b>KIWI</b>
Fam.	Vert	Végétaux		98%	<b>SALADE</b>

**NB :** Fam. = Familiarisation ; De plus, notons que le dessin de l'abricot utilisé en phase de familiarisation n'est pas associé à la couleur jaune mais à la couleur orange. Etant donné que Reilhac et Jiménez (2006) l'ont utilisé, nous l'avons conservé.

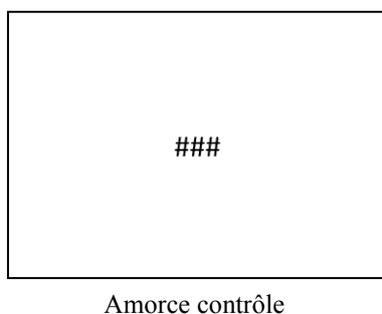
## ANNEXE 2 – Stimuli des 7 expériences

Les différents stimuli utilisés lors des 7 expériences<sup>15</sup> ainsi que le masque utilisé.

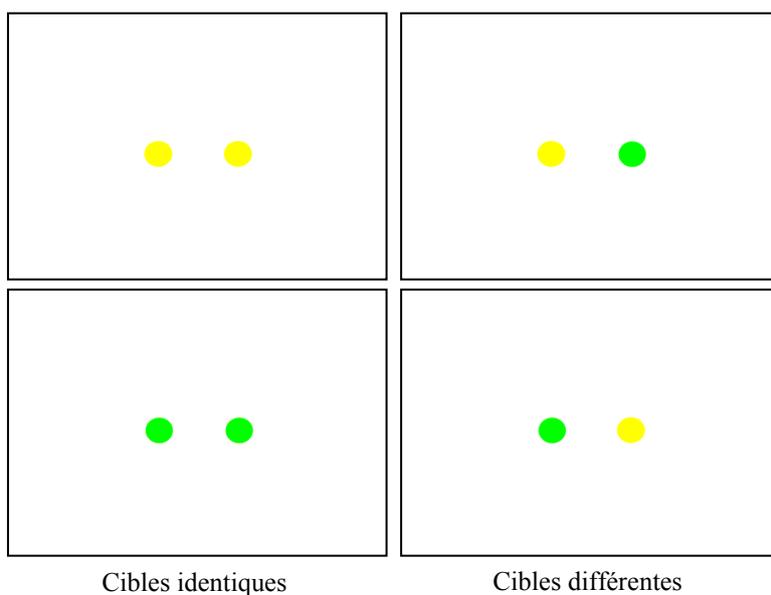
### Expérience 1, 3 et 4



### Expérience 2



### Expérience 5

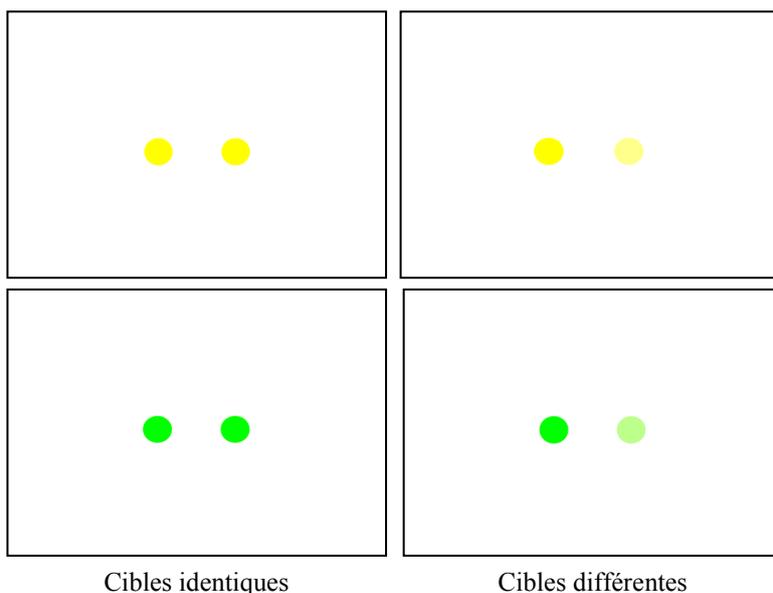



---

<sup>15</sup> Notons que les couleurs sur le papier ne sont pas exactement similaires aux couleurs projetées à l'écran en raison du fait que l'impression papier utilise une synthèse soustractive de la couleur alors que la projection à l'écran utilise une synthèse additive.

## Expérience 6

---

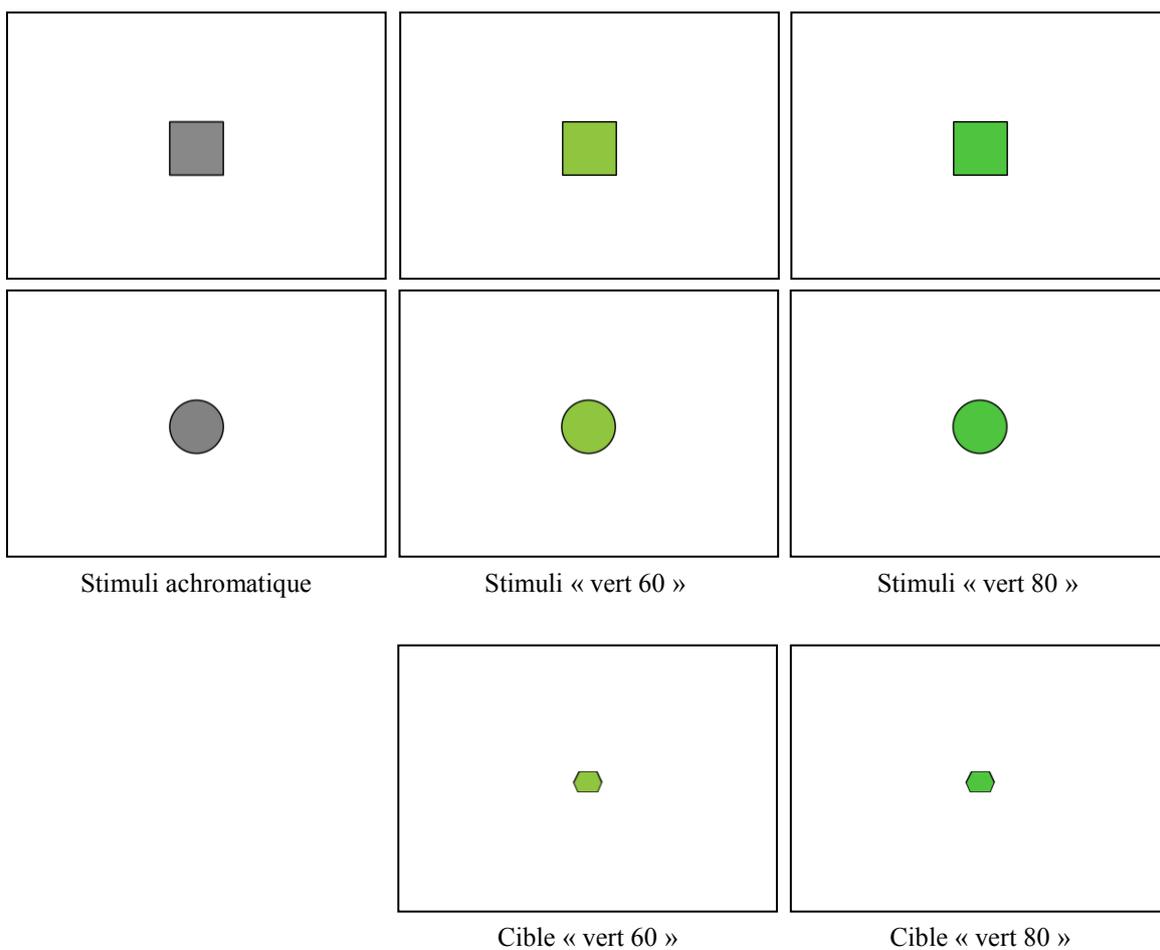


Cibles identiques

Cibles différentes

## Expérience 7

---



Stimuli achromatique

Stimuli « vert 60 »

Stimuli « vert 80 »

Cible « vert 60 »

Cible « vert 80 »

### ANNEXE 3 – Liste des mots après optimisation

Liste des mots utilisés après l'optimisation du matériel (i.e., expérience 4, 5 et 6) avec leur couleur typique (jaune et verte), leur catégorie d'appartenance (animaux et végétaux), la phase au cours de laquelle les mots ont été utilisés (phase test ou de familiarisation) et leur consensus sur la couleur (en %).

Phase	Couleur typique	Catégorie	Mots	Consensus (en %)
Test	Jaune	Animaux	ABEILLE	90
Test	Jaune	Animaux	GIRAFE	75
Test	Jaune	Animaux	POUSSIN	96
Test	Jaune	Végétaux	CITRON	98
Test	Jaune	Végétaux	BANANE	100
Test	Jaune	Végétaux	MAÏS	100
Test	Vert	Animaux	CROCODILE	92
Test	Vert	Animaux	GRENOUILLE	94
Test	Vert	Animaux	LÉZARD	87
Test	Vert	Végétaux	ARTICHAUT	100
Test	Vert	Végétaux	AVOCAT	90
Test	Vert	Végétaux	SALADE	100
Familiarisation	Jaune	Animaux	LÉOPARD	65
Familiarisation	Jaune	Animaux	LION	55
Familiarisation	Orange	Végétaux	ABRICOT	96
Familiarisation	Jaune	Végétaux	ANANAS	53,5
Familiarisation	Vert	Animaux	SAUTERELLE	88
Familiarisation	Vert	Animaux	TORTUE	71
Familiarisation	Vert	Végétaux	POIS	100
Familiarisation	Vert	Végétaux	KIWI	60

## ANNEXE 4 – Planches du test d’Ishihara

Planches du test d’Ishihara présentées dans l’ordre d’apparition. La première planche ne teste rien, si ce n’est la capacité à lire des nombres. Dans les planches 2 à 9 et 14 à 17, les participants atteints de dyschromatopsie rouge-vert devraient lire des nombres différents du participant sain (ou rien). Les planches 10 à 13 servent à détecter une confusion bleu-vert/orangé. Dans les planches 18 à 21, les participants sains ne peuvent rien lire alors que des dyschromates sont capables de distinguer un nombre. Les planches 22 à 25 sont similaires aux premières planches.

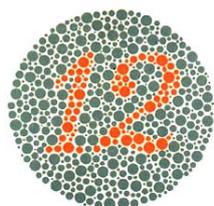


Planche 1

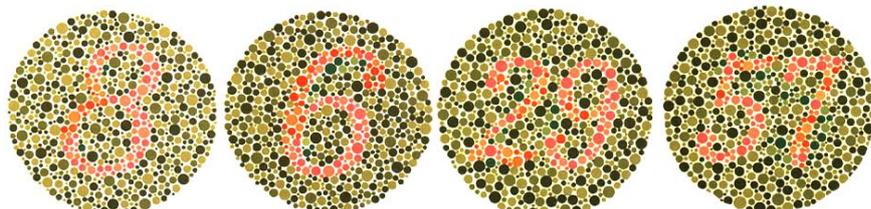


Planche 2 à 5

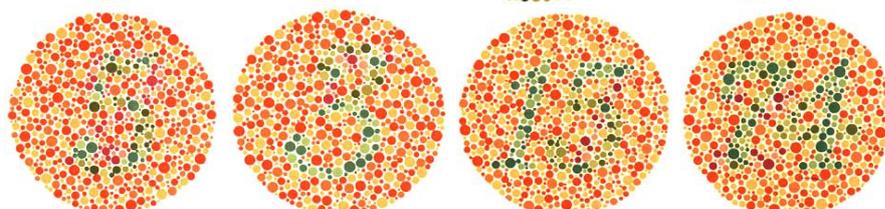


Planche 6 à 9

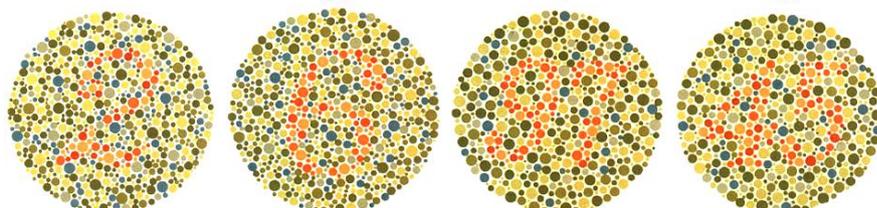


Planche 10 à 13

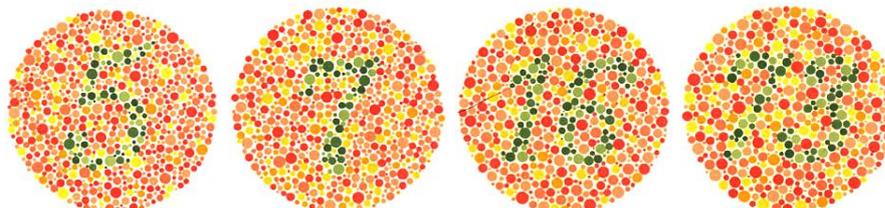


Planche 14 à 17

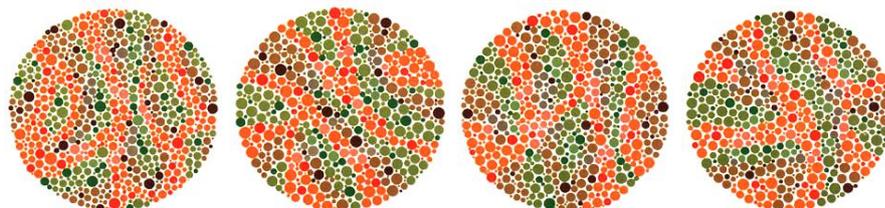


Planche 18 à 21

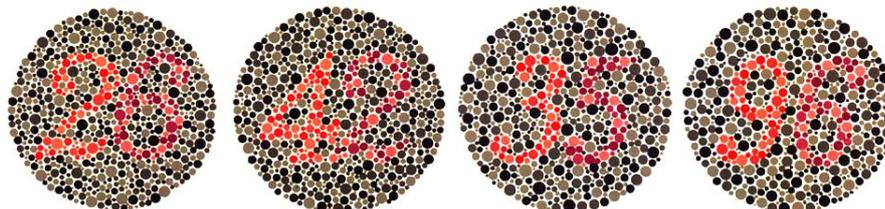


Planche 22 à 25