

# Trouble de la vision et imagerie mentale visuelle du matériel orthographique, des couleurs, des visages et des relations spatiales

## *Visual impairment and mental visual imagery for orthographic material, colours, faces and spatial relationships*

David Dulin<sup>1,2,3</sup>, Céline Cavézian<sup>1,2</sup>, Coline Serrière<sup>3</sup>, Marine Kergoat<sup>4</sup>, Anne-Catherine Bachoud-Levi<sup>5</sup>, Paolo Bartolomeo<sup>6,7,8</sup>, Sylvie Chokron<sup>1,2,9</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de psychologie et neurocognition, CNRS, UMR5105, UPMF, Grenoble, BP 47, 38040 Grenoble cedex 09, France

<sup>2</sup> ERT TREAT VISION, Fondation ophtalmologique Rothschild, 25-29, rue Manin, 75019 Paris cedex 19, France

<sup>3</sup> Département de psychologie-E A1588, université Paris-Ouest, 200, avenue de la République, 92001 Nanterre, France

<sup>4</sup> Département de psychologie-EA 3984, université Paris-Ouest, 200, avenue de la République, 92001 Nanterre, France

<sup>5</sup> Inserm U421, Équipe Avenir, service de neurologie, hôpital Henri-Mondor, 94010 Créteil, France

<sup>6</sup> Inserm UMRS 975, pavillon Claude-Bernard, hôpital de La Pitié-Salpêtrière, 47, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France

<sup>7</sup> Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris-VI, 75252 Paris cedex 05, France

<sup>8</sup> Fédération de neurologie, hôpital de La Pitié-Salpêtrière, 47-83, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France

<sup>9</sup> Service de neurologie, Fondation ophtalmologique Rothschild, 25-29, rue Manin, 75019 Paris cedex 19, France <sylvie.chokron@gmail.com>

### Résumé

L'imagerie mentale suscite un intérêt croissant au sein des études en neuropsychologie. Toutefois, la nature de ces images reste encore mal connue. L'observation de sujets porteurs de troubles visuels d'origine périphérique peut nous permettre d'approfondir nos connaissances dans ce domaine. Le but de cette étude était de déterminer si les troubles perceptifs de ces sujets affectaient leurs capacités d'imagerie mentale du matériel orthographique, des couleurs, des visages et des relations spatiales. De plus, les effets de la modalité haptique lorsqu'elle peut participer à la résolution de tâches d'imagerie mentale visuelle ont été évalués. Les résultats révèlent que les capacités d'imagerie mentale du matériel orthographique, des couleurs et des visages sont affectées par le déficit visuel d'origine périphérique, mais qu'une stratégie basée sur l'écriture permet aux sujets d'améliorer leurs performances au cours des tâches d'imagerie du matériel orthographique.

**Mots clés :** imagerie mentale • déficience visuelle périphérique • modalité haptique

### Abstract

*In the past half-century, mental imagery has captured a growing interest among researchers in neuropsychology and cognitive psychology. Nevertheless, the nature of mental images is still unknown. The observation of patients with visual impairments is a valuable pathological model for studying the relationship between imagery, perception, and other cognitive capacities. The purpose of the present study was to determine whether participants' perceptual deficits affect their mental imagery capacities of orthographic material, colour, face and spatial relationships and to analyze the effects of the haptic modality when it is part of visual mental image solving tasks. Results show that mental imagery capacity for orthographic material, face, and colour are affected by a visual deficit. However, a writing-based, haptic compensation allows visually impaired patients to improve their performance during orthographic mental imagery tasks.*

**Key words:** mental imagery • peripheral visual dysfunction • tactile perception

L'observation de sujets porteurs de troubles visuels ou neurovisuels constitue un modèle pathologique de choix pour approfondir nos connaissances sur la nature de l'image mentale qui, malgré l'intérêt croissant qu'elle suscite au sein des études en neuropsychologie, reste encore peu connue. En effet, l'examen de l'association ou de la

dissociation entre troubles de la perception et troubles de l'imagerie mentale permet de tester l'hypothèse d'un lien fonctionnel et/ou anatomique entre les processus cognitifs impliqués dans les versants perceptifs et représentationnels de la fonction visuelle.

Selon Kosslyn et Shwartz [1], il existerait une équivalence perception-imagerie et un recouvrement des aires corticales activées en perception et en imagerie mentale visuelle. En effet, des données neuropsychologiques montrent la présence conjointe de troubles perceptifs et représentationnels dans un même domaine cognitif [2]. Cependant, des études réalisées chez des sujets porteurs de troubles visuels d'origine centrale rapportent des cas de déficits perceptifs sans déficit de l'imagerie dans le traitement des formes [3], des couleurs [4], des visages [4] et dans celui du matériel orthographique [3, 4]. Inversement, d'autres études révèlent des cas de troubles de l'imagerie sans déficit de la perception dans le traitement de relations spatiales [5] et des couleurs [6]. Ces données font ainsi état d'une double dissociation entre déficits perceptifs et déficits d'imagerie et semblent donc infirmer le modèle de Kosslyn au moins d'un point de vue anatomique [7].

Les études concernant les déficients visuels d'origine périphérique (DVP) rapportent essentiellement des cas d'association entre les troubles perceptifs et imagés. Même si la vision n'est pas un prérequis à l'acquisition de concepts spatiaux [8-12], plusieurs auteurs ont montré que les non-voyants d'origine périphérique ont des capacités d'imagerie mentale spatiale limitées. Ce type de déficit a en effet été mis en évidence dans les tâches où l'on demande une rapidité d'exécution ou un travail dans la troisième dimension [13, 14], dans les tâches de rotation mentale [15], dans la détection de modifications d'ordre métrique [16], dans les tâches d'imagerie picturale [17], dans le maintien simultané de différentes informations spatiales [18] ou dans le respect de certains aspects de l'imagerie qui ne sont que visuels (par exemple la perspective) [19]. Il semble donc que l'analyse des liens entre trouble perceptif (visuel ou neurovisuel) et trouble représentationnel donne des résultats divergents. L'influence probable de tout un panel de facteurs liés à l'histoire personnelle des participants (durée et âge d'apparition de la cécité, méthodes d'éducation et de rééducation, réaction affective face au handicap, etc.) sur les capacités d'imagerie mentale pourrait, en partie, expliquer les divergences relevées dans la littérature [9]. Néanmoins, à notre connaissance, aucune étude n'a testé de manière conjointe et similaire la perception et l'imagerie mentale visuelle, les différents travaux existant n'ayant testé que des non-voyants complets. De plus, les hypothèses divergent quant aux propriétés structurales et fonctionnelles des images mentales des non-voyants [14, 15, 17, 20-22].

De nombreux auteurs s'accordent sur le fait que la production d'images mentales visuospatiales, influencée par les processus attentionnels et mnésiques [23] et par la connaissance tacite [24], nécessite une grande variété de sources d'informations : visuelles, tactiles et auditives [11].

Hollins [25], à l'aide d'une tâche d'imagerie picturale (échiquier dont certaines cases sont noircies) et d'une tâche d'imagerie non picturale (assemblage tridimensionnel de cubes), suggère que la cécité efface progressivement toute trace d'informations stockées sous forme visuelle. Selon cet auteur, le contenu de l'image mentale change progressivement avec la perte de la vue, l'élément visuel étant progressivement remplacé par une représentation basée sur les expériences haptiques. D'autres études, analysant les performances de sujets porteurs de troubles neurovisuels, soulignent aussi l'importance de la modalité haptique dans l'élaboration des images mentales [7, 26]. Ainsi, même si la vision, caractérisée par sa quasi-simultanéité, reste la modalité la mieux adaptée pour traiter et se représenter des stimuli spatiaux, il semblerait qu'en son absence l'exploration haptique permette aux déficients visuels d'origine périphérique ou centrale de constituer un répertoire leur autorisant l'accès à ce type de représentation mentale [27].

Dans l'étude suivante, nous utilisons les mêmes tests en perception et en imagerie mentale visuelle chez des sujets porteurs de troubles visuels d'origine périphérique afin de tester l'hypothèse d'un lien fonctionnel entre les processus perceptifs et représentationnels en évaluant les répercussions d'un trouble perceptif d'origine périphérique sur les capacités d'imagerie mentale des relations spatiales, mais aussi du matériel orthographique, des couleurs et des visages. Enfin, nous tentons d'analyser, chez cette même population, les effets de la modalité haptique lorsqu'elle peut participer à la résolution de tâches d'imagerie mentale visuelle (tâches d'imagerie mentale du matériel orthographique).

## ■ Matériel et méthode

### ■ Participants

Trente-six sujets droitiers ont été répartis en trois échantillons : un échantillon de 12 DVP chez qui nous avons testé l'intérêt d'une exploration haptique en complément de la tâche d'évocation lexicale, un échantillon de 12 DVP qui n'a pas bénéficié de l'aide haptique (déficients visuels d'origine périphérique contrôles [DVPC]) et un échantillon de 12 voyants contrôles (VC). Un test d'acuité visuelle (test du laboratoire Essilor), un questionnaire de préférence manuelle [28], une tâche d'empans verbaux (WAIS III) et une tâche de compréhension orale (*Blanche Ducarne Inventory*) ont été proposés à l'ensemble des sujets qui devaient aussi compléter le *Mini-Mental State* (MMS) [29]. Tous les sujets VC avaient une acuité visuelle (corrigée ou non) supérieure à 7/10 et aucun déficient visuel n'avait une acuité visuelle supérieure à 2/10 (*tableau 1*).

Les troubles perceptifs avaient pour étiologies des rétinites pigmentaires (sept DVP ; huit DVPC), des glaucomes (deux DVP ; deux DVPC), des cataractes (deux DVP ; un DVPC), et des atteintes des nerfs optiques (un DVP ; un DVPC).

**Tableau 1.** Caractéristiques cliniques et démographiques des groupes de déficients visuels d'origine périphérique (DVP), de voyants contrôles (VC), et de déficients visuels d'origine périphérique contrôles (DVPC). L'écart-type de chaque moyenne est indiqué entre parenthèses

	DVP	VC	DVPC
Taille de l'échantillon	12	12	12
Ratio hommes/femmes	6/6	6/6	6/6
Âge (années)	30,5 (12,3)	27,7 (9,8)	29,8 (9,5)
Niveau culturel	5,3 (1,3)	5,6 (1,3)	5,8 (1,4)
Acuité visuelle (dixièmes)	0,8 (0,7)	9,3 (0,7)	0,7 (0,8)
Score de latéralité manuelle <sup>a</sup>	10,0 (0,5)	10,0 (0,5)	10,2 (0,6)
MMS-total	29,75 (0,45)	29,68 (0,51)	29,8 (0,45)
MMS-orientation temporelle	4,91 (0,28)	4,83 (0,38)	4,85 (0,30)
MMS-orientation spatiale	5,00 (0,00)	4,83 (0,38)	4,97 (0,10)
MMS-attention	4,91 (0,28)	4,75 (0,62)	4,70 (0,54)
MMS-rappel	3,00 (0,00)	3,00 (0,00)	2,93 (0,17)
MMS-langage	8,00 (0,00)	8,00 (0,00)	7,97 (0,10)
MMS-praxies	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)	1,00 (0,00)
Empan verbal direct	7,83 (1,26)	7,50 (1,31)	7,62 (1,32)
Empan verbal indirect	6,25 (1,13)	6,25 (0,86)	6,48 (1,18)
Questions	10 (0,00)	10 (0,00)	10 (0,00)
Texte 1	4,75 (0,62)	4,58 (0,66)	4,81 (0,58)
Texte 2	8,83 (1,33)	8,66 (1,55)	8,73 (1,19)

MMS : *Mini-Mental State*.

Questions, texte 1 et 2 (inventaire de Blanche Ducarne).

<sup>a</sup> Latéralité manuelle : 10 (droitier)/20 (ambidextre)/30 (gaucher).

Une analyse de variance (Anova) a révélé que les trois échantillons étaient appariés pour l'âge, le niveau culturel, la latéralité manuelle, les empan verbaux, la compréhension orale et le score total au MMS (tous  $p > 0,05$ ). En revanche, et comme l'on pouvait s'y attendre, les VC avaient une acuité visuelle significativement supérieure à celle des DVP ( $F(1,22) = 745,46$ ;  $p < 0,01$ ), ainsi qu'à celle des DVPC ( $F(1,22) = 701,68$ ;  $p < 0,01$ ), ces deux groupes étant appariés pour leur acuité visuelle.

### Procédure générale

Les sujets ont d'abord complété les prétests. Puis, les DVP et les VC effectuaient les tâches d'imagerie mentale yeux bandés (à l'exception de la tâche de jugement de directions) et, au cours d'une seconde entrevue, l'ensemble des tâches perceptives. L'ordre de présentation des tâches (en imagerie et en perception) était toujours le même. Le temps de présentation des stimuli perceptifs et les temps de réponse à chaque épreuve étaient laissés au choix des sujets. Les DVP effectuaient une seconde fois (un mois après), l'ensemble des tâches d'imagerie mentale du matériel orthographique cette fois-ci en traçant le

contour des items pendant qu'ils se les représentaient. Leurs performances ont été comparées à celles des groupes VC et DVPC qui effectuaient les deux passations (à un mois d'intervalle) sans tracer le contour des items.

### Expérience 1 : tâches de perception visuelle

#### Matériel et procédure

##### Tâches de lecture de lettres majuscules et minuscules

Les sujets devaient nommer les 26 lettres de l'alphabet (dans leur version majuscule pour une des tâches et dans leur version minuscule pour l'autre) imprimées dans un ordre aléatoire en *Times New Romans*, taille 48, et encre noire, sur des feuilles de format A4. L'ordre d'apparition des lettres était différent pour les deux versions. Chacune des tâches était évaluée sur 26 points (un point par lettre correctement lue) [3] **merci de vérifier l'emplacement de cet appel.**

##### Tâche de lecture de mots

Les participants devaient lire une liste de 100 mots de quatre, cinq, six, sept ou huit lettres minuscules (20 items de

chaque), imprimés de façon aléatoire en noir *Times New Romans* 48 sur des feuilles au format A4. Cette tâche était évaluée sur 100 points (un point par mot correctement lu) [30] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

## Tâche de lecture de chiffres

Les sujets lisaient à haute voix deux listes de dix chiffres (de zéro à neuf) imprimés dans un ordre aléatoire en noir *Times New Romans* 48 sur deux feuilles au format A4. L'ordre d'apparition des dix chiffres différait d'une feuille à l'autre. Cette épreuve était évaluée sur 20 points (un point par chiffre correctement lu).

## Tâche de lecture de nombres

Les participants devaient lire à haute voix une liste de 20 nombres différents imprimés en noir *Times New Romans* 48. Les dix chiffres (de zéro à neuf) ont été utilisés deux fois en première, deuxième, troisième et quatrième positions dans l'ensemble des nombres de telle façon qu'aucun nombre ne possède plus d'une fois le même chiffre. Cette tâche était évaluée sur 20 points (un point par nombre correctement lu).

## Tâche de dénomination de couleurs

Les sujets nommaient des couleurs au fur et à mesure que l'expérimentateur leur présentait 11 fiches (14,8 sur 10,5 cm) de couleurs différentes (beige, noir, marron, vert, gris, bordeaux, orange, rose, rouge, jaune et blanc). Cette tâche était évaluée sur 11 points (un point par couleur correctement nommée) [31] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

## Tâche de discrimination de dégradés de couleurs

L'expérimentateur présentait des paires de fiches (14,8 sur 10,5 cm) de couleurs de deux teintes différentes. Chaque participant devait indiquer la fiche la plus claire. Un point était attribué pour chaque réponse correcte, soit un score maximal de neuf points.

## Tâche de reconnaissance de visages célèbres

Dans cette tâche, adaptée de Berhmann *et al.* [3], les sujets devaient identifier 20 personnes célèbres à partir de la photographie en couleurs de leur visage. Les participants dénommaient les personnes au fur et à mesure que l'expérimentateur leur présentait les photographies (6 sur 6 cm). Lorsque les sujets ne pouvaient pas nommer une personne mais pouvaient indiquer pour quelles raisons il/elle était célèbre, la réponse était considérée comme valide. Cette tâche était évaluée sur 20 points (un point par visage reconnu).

## Tâche de jugement de détails physiques

Quinze fiches (14,8 sur 10,5 cm) présentant un animal en couleur, étaient présentées successivement. Les participants devaient indiquer si les oreilles de cet animal étaient rondes ou pointues. Cette épreuve était évaluée sur 15

points (un point par réponse correcte) [32] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

## Tâche de jugement de directions

Dans cette épreuve adaptée de Finke et Pinker [33], des feuilles A4 sur lesquelles étaient imprimés plusieurs points et au centre de la feuille, une flèche dirigée ou non vers l'un de ces points. Les points, de 4 mm de diamètre, étaient au nombre de trois, pour la moitié des 32 essais, et de quatre pour l'autre moitié. Les flèches, de 2,3 cm de longueur, n'indiquaient la même direction ni ne désignaient un point plus de trois fois consécutives. Dans cette tâche, évaluée sur 32 points (un point par réponse correcte), les sujets devaient indiquer si les flèches étaient dirigées ou non vers l'un des points.

## Résultats

Une Anova a révélé que les DVP réussissaient significativement moins bien que les VC les tâches de lecture de lettres majuscules ( $F(1,22) = 7,92$  ;  $p < 0,05$ ), de lettres minuscules ( $F(1,22) = 7,54$  ;  $p < 0,05$ ), de mots ( $F(1,22) = 5,62$  ;  $p < 0,05$ ), de chiffres ( $F(1,22) = 7,97$  ;  $p < 0,05$ ), de nombres ( $F(1,22) = 7,65$  ;  $p < 0,05$ ), de dénomination de couleurs ( $F(1,22) = 34,90$  ;  $p < 0,01$ ) et de dégradés de couleurs ( $F(1,22) = 12,14$  ;  $p < 0,01$ ), de perception des visages ( $F(1,22) = 54,839$  ;  $p < 0,01$ ), de détails physiques d'animaux ( $F(1,22) = 6,93$  ;  $p < 0,05$ ) et de jugement de directions ( $F(1,22) = 4,88$  ;  $p < 0,05$ ). De plus, l'analyse de corrélations (corrélation de Pearson) montrait la présence de corrélations positives et significatives ( $p < 0,05$ ) entre l'acuité visuelle et les performances des DVP dans chacune de ces tâches. Le détail des performances des DVP et des VC est présenté dans le *tableau 2*.

## ■ Expérience 2 : tâches d'imagerie mentale visuelle réalisées une seule fois

### Matériel et procédure

#### Tâche de rappel de couleurs

L'expérimentateur énumérait 20 stimuli (objets, animaux, aliments, végétaux) chacun étant associée à une couleur typique (par exemple jaune pour la balle de tennis). Les participants devaient indiquer la couleur de chaque item au fur et à mesure que l'expérimentateur les énumérait. Cette tâche était évaluée sur 20 points (un point par réponse correcte) [34] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

#### Tâche de comparaison de couleurs

Les sujets devaient se représenter mentalement, puis comparer des dégradés de couleurs, sans que ces couleurs aient été nommées. Au fur et à mesure que l'expérimentateur énonçait les paires de stimuli (aliments, végétaux, animaux), les participants indiquaient quel élément de chaque paire était le plus clair. Cette tâche était composée de deux subtests : le premier (20 paires de stimuli) était consacré aux

**Tableau 2.** Scores moyens (écart-type) des voyants contrôles (VC) visuelle et des déficients visuels d'origine périphérique (DVP) aux tâches de perception, et leurs corrélations avec l'acuité visuelle

	VC	DVP	$p^*$	$r$
Lecture de lettres majuscules	25,91 (0,27)	17,83 (9,94)	< 0,05	0,78
Lecture de lettres minuscules	25,83 (0,38)	16,83 (11,34)	< 0,05	0,77
Lecture de mots	99,41 (0,99)	71,33 (41,01)	< 0,05	0,64
Lecture de chiffres	20,00 (0,00)	15 (6,13)	< 0,05	0,74
Lecture de nombres	19,83 (0,38)	13,41 (8,02)	< 0,05	0,75
Dénomination de couleurs	10,75 (0,45)	5,16 (3,24)	< 0,01	0,86
Dénomination des dégradés de couleurs	9,16 (0,93)	6,83 (0,93)	< 0,01	0,64
Perception des visages	19,58 (0,79)	8,25 (5,24)	< 0,01	0,78
Perception des détails physiques	14,91 (0,27)	10,41 (5,91)	< 0,05	0,69
Jugement de directions	31,41 (0,79)	29,75 (2,49)	< 0,05	0,74

\* Comparaison entre groupe à l'aide de test-t.

$r$  : valeur du coefficient de corrélation (corrélation de Pearson,  $p < 0,05$ ) entre les performances et l'acuité visuelle pour le groupe DVP.

dégradés de couleurs (autres que le gris) et le second (10 paires de stimuli) aux dégradés de gris. Chaque subtest était évalué selon les mêmes modalités (un point par réponse correcte) ; le score maximal du premier était de 20 points, et celui du second de dix points [30] **merci de vérifier l'emplacement de cet appel.**

### Tâche d'imagerie mentale de visages célèbres

Les sujets se représentaient mentalement les visages de 20 personnes célèbres nommées par l'expérimentateur afin de juger de la forme d'une partie isolée de ces visages. Ces personnages étaient répartis en trois groupes en fonction d'un élément caractéristique de l'anatomie de leur visage (le visage dans sa globalité, le nez, les lèvres). Les participants indiquaient, selon les questions posées par l'expérimentateur, si le visage de la personne imaginée était allongé ou arrondi, si son nez était fin ou large, ou bien si ses lèvres étaient minces ou charnues. Cette tâche comporte 20 items subdivisés en trois groupes : dix items pour la représentation mentale de la forme du visage, quatre pour le nez et six pour les lèvres. Un point était attribué pour chaque réponse correcte, soit un score maximal de dix points pour le groupe forme du visage, de quatre points pour le groupe nez, et de six points pour le groupe lèvres [30] **merci de vérifier l'emplacement de cet appel.**

### Tâche d'imagerie mentale de détails physiques

Une liste de 15 animaux était énoncée par l'expérimentateur et les participants devaient indiquer, après s'être représentés l'animal, si ses oreilles étaient rondes ou pointues. Cette tâche est évaluée sur 15 points (un point par réponse correcte) [32] **merci de vérifier l'emplacement de cet appel.**

### Tâche de jugement de directions

Trente-deux séries de trois feuilles A4 sont présentées successivement. La première feuille, présentée pendant dix secondes, comporte des points (4 mm de diamètre) que le participant devait toucher du doigt (pour s'assurer qu'il les avait bien perçus). Puis, une feuille vierge est présentée pendant une seconde. Enfin, une feuille comportant en son centre une flèche, dirigée vers l'un des points de la première feuille dans la moitié des essais, est placée devant le sujet. Chaque participant devait montrer si cette flèche indiquait ou non la position d'un point. Cette tâche était évaluée sur 32 points [33] **merci de vérifier l'emplacement de cet appel.**

## Résultats

Une Anova révèle que les DVP réussissent significativement moins bien que les VC les tâches d'imagerie de comparaison de couleurs ( $F(1,22) = 5,82 ; p < 0,02$ ) et de dégradés de gris ( $F(1,22) = 5,27 ; p < 0,03$ ) **merci de vérifier l'emplacement de cet appel.** d'imagerie de la forme de visages ( $F(1,22) = 8,64 ; p < 0,01$ ), de la forme de nez ( $F(1,22) = 4,40 ; p < 0,05$ ), de l'épaisseur des lèvres ( $F(1,22) = 4,45 ; p < 0,05$ ) et de détails physiques d'animaux ( $F(1,22) = 4,69 ; p < 0,05$ ). Enfin, les corrélations de Pearson indiquaient la présence de corrélations positives et significatives ( $p < 0,05$ ) entre l'acuité visuelle et les performances des DVP dans chacune de ces épreuves, à l'exception des tâches de rappel de couleurs typiques et de jugement de directions, pour lesquelles il n'existait pas non plus de différence significative entre les groupes DVP et VC. Le détail des performances des deux groupes est présenté dans le *tableau 3*.

**Tableau 3.** Scores moyen (écart-type) des voyants contrôles (VC) et des déficients visuels d'origine périphérique (DVP) aux tâches d'imagerie mentale de couleurs, de visages et de relations spatiales, et leurs corrélations avec l'acuité visuelle

	VC	DVP	$p^*$	$r$
Rappel de couleurs	19,83 (0,38)	19,66 (0,65)	NS	NS
Comparaison de couleurs	18,50 (1,24)	17,00 (1,75)	< 0,05	0,75
Comparaison de dégradés de gris	8,83 (0,71)	7,33 (2,14)	< 0,05	0,74
Forme du visage	9,08 (0,90)	7,75 (1,28)	< 0,01	0,73
Forme du nez	3,83 (0,38)	3,16 (1,02)	< 0,05	0,77
Épaisseur des lèvres	5,41 (0,79)	4,75 (0,75)	< 0,05	0,71
Détails physiques	14,66 (0,49)	14,08 (0,79)	< 0,05	0,64
Jugement de directions	27,83 (1,69)	26,33 (2,01)	NS	0,72

\* Comparaison entre groupe à l'aide de test-t.

NS : différence non significative entre les deux groupes ( $p > 0,05$ ).

$r$  : valeur du coefficient de corrélation (corrélation de Pearson,  $p < 0,05$ ) entre les performances et l'acuité visuelle pour le groupe DVP.

### Expérience 3 : tâches d'imagerie mentale réalisées deux fois

Ces tâches sont réalisées à deux reprises par les trois groupes d'étude (DVP, VC, DVPC). Toutefois, lors de la seconde passation, seuls les DVP effectuaient chaque épreuve en traçant le contour des items pendant qu'ils se les représentaient.

#### Matériel et procédure

##### Tâche d'imagerie mentale de la hauteur de lettres

Les sujets devaient indiquer, au fur et à mesure que l'expérimentateur les énumérait dans un ordre aléatoire, les lettres de l'alphabet (sauf le « F »), si la version minuscule de ces lettres était comprise dans un interligne ou dépassait de cet interligne vers le haut ou vers le bas. Cette tâche était évaluée sur 25 points (un point par réponse correcte) [35] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

##### Tâche d'imagerie mentale de la forme de lettres

Les participants devaient préciser, au fur et à mesure que l'expérimentateur énumérait les 26 lettres de l'alphabet dans un ordre aléatoire, si la graphie de la version majuscule de ces lettres possédait ou non une ligne courbe. Cette tâche était évaluée sur 26 points (un point par réponse correcte) [36] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

##### Tâche de construction mentale de lettres

Les participants devaient identifier une lettre majuscule construite mentalement à partir d'une autre lettre majuscule annoncée verbalement par l'expérimentateur et sur la base des indications orales de rotation, suppression ou ajout des éléments constituant la lettre. Cette tâche était évaluée sur 26 points (un point par lettre correctement construite) [30] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

##### Tâche d'imagerie mentale de mots

À l'écoute d'une liste de 20 mots les sujets indiquaient si toutes les lettres du mot (dans sa version minuscule) étaient comprises dans un interligne ; dans le cas contraire, ils devaient préciser si le mot possédait une ou plusieurs lettres ascendantes (c'est-à-dire la lettre dépasse de l'interligne vers le haut), descendantes (c'est-à-dire la lettre dépasse de l'interligne vers le bas) ou les deux types de lettres. Cette tâche était évaluée sur 20 points (un point par réponse correcte) [30] [merci de vérifier l'emplacement de cet appel](#).

##### Tâche d'imagerie mentale de chiffres

Deux listes de dix chiffres (de zéro à neuf) étaient énoncées successivement dans un ordre aléatoire différent. Le participant devait indiquer si la graphie du chiffre annoncé possédait une partie courbe (par exemple trois) pour la première liste, et une boucle fermée (par exemple six) pour la seconde. Cette tâche était évaluée sur 20 points (un point par réponse correcte).

##### Tâche d'imagerie mentale de nombres

L'expérimentateur énonçait une liste de 20 nombres, chacun constitué de quatre chiffres différents, la moitié des nombres énoncés comportant des chiffres avec une boucle (par exemple neuf). Les sujets devaient indiquer si chacun de ces nombres possédait ou non un (ou des) chiffre(s) avec des boucles fermées. Cette tâche était évaluée sur 20 points (un point par réponse correcte).

### Résultats

Les données ont été analysées à l'aide d'Anova incluant les trois groupes (DVP, VC, et DVPC), et les deux sessions. Un simple effet du groupe était observé dans les tâches d'imagerie de formes de lettres ( $F(2,33) = 3,24 ; p = 0,05$ ) et de construction mentale de nombres ( $F(2,33) = 3,30 ; p < 0,05$ ) tel que, toutes sessions confondues, le groupe

VC obtenait un meilleur score que le groupe DVP ou le groupe DVPC (*post-hoc*, tests LSD,  $p < 0,05$ ).

Un simple effet de la session était observé dans la tâche de construction de nombres ( $F(1,33) = 13,13$  ;  $p < 0,01$ ) tel que, tous groupes confondus, les performances étaient meilleures lors de la seconde session. Enfin, l'effet principal du groupe dans les tâches d'imagerie de hauteur de lettres ( $F(2,33) = 8,66$  ;  $p < 0,01$ ), de construction mentale de lettres ( $F(2,33) = 3,43$  ;  $p < 0,05$ ), de mots ( $F(2,33) = 4,58$  ;  $p < 0,05$ ), de chiffres ( $F(2,33) = 4,56$  ;  $p < 0,05$ ), ainsi que l'effet principal de la session dans les tâches d'imagerie de hauteur de lettres ( $F(1,33) = 23,80$  ;  $p < 0,01$ ), de construction de lettres ( $F(1,33) = 6,53$  ;  $p < 0,05$ ), de mots ( $F(1,33) = 13,64$  ;  $p < 0,01$ ), de chiffres ( $F(1,33) = 5,66$  ;  $p < 0,05$ ) étaient tous modulés par une interaction groupe  $\times$  session significative (hauteur de lettres :  $F(2,33) = 10,19$  ;  $p < 0,01$  ; construction de lettres :  $F(2,33) = 5,15$  ;  $p < 0,05$  ; construction de mots :  $F(2,33) = 6,75$  ;  $p < 0,01$  ; construction de chiffres :  $F(2,33) = 3,30$  ;  $p < 0,05$ ). Pour ces tâches, les analyses *post-hoc* (tests LSD) montraient qu'au cours de la première session, le groupe VC avait de meilleurs scores ( $p < 0,05$ ) que les groupes DVP et DVPC qui avaient des scores similaires ( $p > 0,05$ ). En revanche, au cours de la seconde session, les groupes VC et DVP avaient des performances similaires et meilleures que celles du groupe DVPC.

Enfin, les corrélations de Pearson ont mis en évidence des corrélations positives et significatives ( $p < 0,05$ ) entre l'acuité visuelle et les performances des DVP et DVPC dans chacune des tâches. Le détail des performances des trois groupes est présenté dans le *tableau 4*.

## Discussion

Les troubles perceptifs des DVP testés dans cette étude sont multiples (atteintes de l'acuité visuelle et/ou du champ visuel) et variables (acuité visuelle comprise entre moins de 1/20 et 2/10, disparition partielle ou complète de leur champ visuel périphérique et/ou central). Bien qu'il ait été montré qu'une atteinte du champ visuel d'origine centrale puisse être compensée par le biais de processus attentionnels permettant la mise en œuvre des stratégies de recherche visuelle opérantes, ces processus n'ont que peu d'effets sur les atteintes sévères de l'acuité visuelle. Cela peut vraisemblablement expliquer que certains DVP éprouvent des difficultés à percevoir les stimuli qui leur sont présentés, alors que, par exemple, la disparition d'un « seul » hémichamp visuel chez des hémianopsiques n'affecterait pas ces capacités en vision libre [37].

Les résultats des DVP aux tâches d'imagerie suggèrent que les capacités d'imagerie mentale des non-voyants ne

**Tableau 4.** Scores moyen (écart-type) des voyants contrôles (VC), des déficients visuels d'origine périphérique contrôles (DVPC), et des déficients visuels d'origine périphérique (DVP) aux tâches d'imagerie mentale du matériel orthographique au cours de la première (Sess. 1) et de la deuxième session (Sess. 2)

	VC		DVPC		DVP		p	r
	Sess. 1	Sess. 2	Sess. 1	Sess. 2	Sess. 1	Sess. 2		
Hauteur de lettres	23,58 (1,16)	24 (0,42)	21,66 (1,87)	21,98 (1,53)	21,75 (1,60)	24,25 (0,86)	*	0,67
							†	
							‡	
Forme de lettres	25,66 (0,88)	25,83 (0,38)	25,16 (0,93)	25,25 (0,86)	25,16 (1,11)	25,75 (0,45)	*	0,75
Construction de lettres	22,25 (1,35)	22,25 (1,35)	20,75 (1,76)	20,91 (1,62)	20,50 (2,50)	22,08 (1,44)	*	0,61
							†	
							‡	
Forme de mots	19,08 (1,08)	19,08 (1,09)	17,41 (1,62)	17,66 (1,30)	17,83 (1,40)	18,75 (1,13)	*	0,78
							†	
							‡	
Forme de chiffres	19,91 (0,28)	19,91 (0,28)	19,41 (0,66)	19,50 (0,52)	19,58 (0,51)	20,00 (0,00)	*	0,68
							†	
							‡	
Forme de nombres	17,66 (0,65)	18,16 (0,93)	17,1 (0,79)	17,58 (0,66)	17,33 (0,77)	18,25 (0,75)	*	0,70
							†	

\* Effet significatif du facteur groupe (Anova,  $p < 0,05$ ).

† Effet significatif du facteur session (Anova,  $p < 0,05$ ).

‡ Effet significatif de l'interaction groupe  $\times$  session (Anova,  $p < 0,05$ ).

r : valeur du coefficient de corrélation (corrélations de Pearson,  $p < 0,05$ ) entre les performances et l'acuité visuelle pour le groupe DVP lors de la première session.

seraient pas les seules à être limitées par la présence d'un déficit visuel d'origine périphérique, celles des malvoyants le seraient aussi. En fait, nos analyses de corrélations suggèrent une association entre déficit d'acuité et déficit d'imagerie mentale. De plus, il semble que les capacités d'imagerie mentale *spatiale* ne soient pas les seules à être affectées par ce type de déficit visuel. En effet, l'association entre trouble perceptif et représentationnel dans le traitement du matériel orthographique, des couleurs et des visages, indique que certains troubles de la perception visuelle peuvent aussi altérer les capacités d'imagerie mentale des DVP dans ces domaines. Toutefois, ces interprétations doivent être nuancées par la présence d'une grande variabilité interindividuelle en termes d'importance de déficit visuel (que ce soit pour la faiblesse de l'acuité visuelle ou l'étendue de l'atteinte du champ visuel). En effet, même s'il est probable que l'influence exercée par les divers degrés de déficit visuel sur les troubles perceptifs soit, en partie, à l'origine des difficultés observées en imagerie mentale visuelle, nous ne pouvons pas affirmer que la déficience visuelle d'origine périphérique affecte progressivement et systématiquement les capacités d'imagerie mentale de tous les malvoyants et dans tous les domaines testés dans cette étude. Néanmoins, il semble probable que seuls les malvoyants pouvant lire quelques lettres avec grande difficulté (c'est-à-dire en très grande police, avec un contraste élevé, à l'aide d'un appareillage...), et utilisant régulièrement et depuis longtemps le braille devraient avoir des difficultés à se rappeler la graphie des lettres et donc présenter des troubles de l'imagerie mentale du matériel orthographique. De plus, les sujets ayant une réduction importante de leur champ visuel (par exemple fin d'évolution d'une rétinopathie pigmentaire) devraient montrer des troubles de l'imagerie mentale visuelle des visages puisqu'ils ne peuvent les percevoir dans leur globalité. Enfin, les troubles de la perception des couleurs liés à la destruction des cônes devraient altérer les capacités d'imagerie mentale des couleurs. En fait, comme le suggèrent Riddoch *et al.* [38], on peut supposer que les DVP peuvent avoir « oublié » certains détails visuels [7]. Toutefois, des études ultérieures devraient être menées afin de vérifier ces hypothèses.

L'association entre les troubles perceptifs et imagés dans la quasi-totalité des tâches de la batterie semble confirmer d'un point de vue fonctionnel l'hypothèse de Kosslyn et Shwartz [1]. Néanmoins, ces observations peuvent aussi être expliquées par « l'hypothèse nulle » de Pylyshyn [24]. Selon cet auteur, « lorsque l'on demande à quelqu'un de s'imaginer quelque chose, il se demande ce que ce serait de le voir et simulerait autant d'aspects de cet élément qu'il le pourrait ». Les sujets de cette étude nous ayant rapporté, après avoir effectué l'ensemble des tâches d'imagerie de la batterie, qu'ils « visualisaient » les items avant de répondre aux questions, leurs performances pourraient donc être

expliquées par une telle hypothèse. Nous pouvons ainsi supposer que l'ensemble de ces observations nous renseigne plus sur le contenu des images mentales que sur leur nature.

Enfin, il est important de noter que dans les tâches d'imagerie mentale de lettres, mots, chiffres et nombres, les performances des DVP sont améliorées par l'adoption d'une stratégie fondée sur l'écriture. Il semble donc que pour générer des images mentales, ces sujets peuvent faire appel à des données recueillies grâce à la modalité haptique lorsqu'ils ont des difficultés à accéder à des données stockées par l'intermédiaire de la vision. Ces observations vont dans le sens de travaux antérieurs montrant l'intérêt d'une participation haptique lors de l'exploration d'images mentales de lettres dans le cadre d'un trouble neurovisuel [30] ou encore que l'ajout de l'exploration haptique des lettres lors d'entraînement à la lecture améliorerait la compréhension et l'utilisation du principe alphabétique chez les enfants voyants [39].

Le bénéfice lié à l'ajout de la modalité haptique dans les tâches d'imagerie mentale du matériel orthographique suggère que l'absence de trouble représentationnel dans la tâche d'imagerie spatiale pourrait être liée au fait que les sujets montraient du doigt l'emplacement des points avant de décider si la flèche indiquait ou non la direction d'un des points. D'un autre côté, la présence de troubles représentationnels dans les tâches d'imagerie de couleurs et de détails physiques pourrait être expliquée par la difficulté des DVP à se référer à des informations stockées visuellement et à l'impossibilité de recourir à des données tactilokinesthésiques pour de tels stimuli. Comme démontré chez les sujets cérébrolésés [26, 30, 40], les résultats de notre étude suggèrent que même si le percept visuel semble être le meilleur support pour les activités imageantes, il semble qu'en son absence la modalité haptique permette de moduler un certain nombre de troubles imagés chez les DVP. Ces profils de performance sont en accord avec l'hypothèse de Goldenberg [40], qui suggère que deux codes différents, l'un fondé sur la vision et l'autre sur la motricité, peuvent être utilisés pour résoudre des tâches nécessitant une imagerie mentale visuelle des lettres.

L'ensemble des résultats suggère que la construction et l'évocation d'images mentales résultent de la synthèse d'informations provenant de différentes modalités sensorielles et suggère également que l'implication de la modalité haptique, permet aux DVP de compenser, en partie, les déficits représentationnels liés à leurs troubles perceptifs [11]. ■

## Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien des Fondations Rothschild (New York, États-Unis et Genève, Suisse).



## Références

1. Kosslyn SM, Shwartz SP. A simulation of visual imagery. *Cogn Sci* 1977 ; 1 : 265-95.
2. Kosslyn SM, Ganis G, Thompson WL. Mental imagery: against the nihilistic hypothesis. *TICS* 2003 ; 7 : 109-11.
3. Behrmann M, Moscovitch M, Winocur G. Intact visual imagery and impaired visual perception in a patient with visual agnosia. *J Exp Psychol: Hum Percept Perform* 1994 ; 20 : 1068-87.
4. Bartolomeo P, Bachoud-Lévi AC, De Gelder B, et al. Multiple-domain dissociation between impaired visual perception and preserved mental imagery in a patient with bilateral extrastriate lesions. *Neuropsychologia* 1998 ; 36 : 239-49.
5. Morton N, Morris RG. Image transformation dissociated from visuospatial working memory. *Cogn Neuropsychol* 1995 ; 12 : 769-91.
6. De Vreese LP. Two systems for colour-naming defects: verbal disconnection vs colour imagery disorder. *Neuropsychologia* 1991 ; 29 : 1-18.
7. Bartolomeo P. The relationship between visual perception and visual mental imagery: a reappraisal of the neuropsychological evidence. *Cortex* 2002 ; 38 : 357-78.
8. Bertolo H, Paiva T, Pessoa L, Mestre T, Marques R, Santos R. Visual dream content, graphical representation and EEG alpha activity in congenitally blind subjects. *Cogn Brain Res* 2003 ; 15 : 277-84.
9. Dulin D, Hatwell Y. The effects of visual experience and of training in raised line materials on the mental spatial imagery of the blind. *J Vis Impair Blind* 2006 ; 100 : 414-24.
10. Dulin D. Effects of the use of raised line drawings on blind people's cognition. *Eur J Spec Needs Educ* 2007 ; 22 : 341-53.
11. Dulin D. Effects of prior experience in raised line materials and prior visual experience on length estimations by blind people. *Br J Vis Impair* 2008 ; 26 : 223-37.
12. Tinti C, Adenzato M, Tamietto M, Cornoldi C. Visual experience is not necessary for efficient survey spatial cognition: evidence from blindness. *Q J Exp Psychol* 2006 ; 59 : 1306-28.
13. Cornoldi C, Cortesi A, Preti D. Individual differences in the capacity limitations of visuospatial short-term memory; research on sighted and totally congenitally blind people. *Mem Cogn* 1991 ; 19 : 459-68.
14. Cornoldi C, Vecchi T. Mental imagery in blind people: the role of passive and active visuospatial process. In: Heller M, ed. *Touch, representation and blindness*. New York: Oxford University Press, 2000.
15. Marmor GS, Zaback LA. Mental rotation by the blind: does mental rotation depend on visual imagery. *J Exp Psychol Hum Percept Perf* 1976 ; 2 : 515-21.
16. Gaunet F, Thinus-Blanc C. Early blind subject's spatial abilities and the locomotor space: a study of exploratory strategies and reaction to change performance. *Perception* 1996 ; 25 : 967-81.
17. Aleman A, Van Lee L, Mantione MH, Verkooijen IG, De Haan EH. Visual imagery without visual experience: evidence from congenitally totally blind people. *NeuroReport* 2001 ; 12 : 2601-4.
18. Vecchi T, Tinti C, Cornoldi C. Spatial memory and integration processes in congenital blindness. *NeuroReport* 2004 ; 15 : 2787-90.
19. Arditi A, Holtzman JD, Kosslyn SM. Mental imagery and sensory experience in congenital blindness. *Neuropsychologia* 1988 ; 26 : 1-12.
20. Carpenter PA, Eisenberg P. Mental rotation and the frame of reference in blind and sighted individuals. *Percept Psychophys* 1978 ; 23 : 117-24.
21. Kerr NH. The role of vision in "visual imagery" experiments. Evidence from the congenitally blind. *J Exp Psychol Gen* 1983 ; 112 : 265-77.
22. Röder B, Rösler F. Visual input does not facilitate the scanning of spatial images. *J Ment Imagery* 1998 ; 22 : 165-81.
23. Chokron S, Colliot P, Bartolomeo P. The role of vision in spatial representation. *Cortex* 2004 ; 40 : 281-90.
24. Pylyshyn ZW. The imagery debate: analogue media vs tacit knowledge. *Psychol Rev* 1981 ; 88 : 16-45.
25. Hollins M. Styles of mental imagery in blind adults. *Neuropsychologia* 1985 ; 23 : 561-6.
26. Sirigu A, Duhamel JR. Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. *J Cogn Neurosci* 2001 ; 13 : 910-9.
27. Hatwell Y. *Psychologie cognitive de la cécité précoce*. Dunod, 2003.
28. Dellatolas G, De Agostini M, et al. Mesure de la préférence manuelle dans la population française adulte. *Rev Fr Psychol Appl* 1988 ; 38 : 117-36.
29. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-Mental State, a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psy Res* 1975 ; 12 : 189-98.
30. Bartolomeo P, Bachoud-Levi AC, Chokron S, Degos JD. Visually- and motor-based knowledge of letters: evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia* 2002 ; 40 : 1363-71.
31. Bartolomeo P, Bachoud-Lévi AC, Denes G. Preserved imagery for colours in a patient with cerebral achromatopsia. *Cortex* 1997 ; 33 : 369-78.
32. Kosslyn SM, Holtzman JD, Farah MJ, Gazzaniga MS. A computational analysis of mental image generation: evidence from functional dissociations in split-brain patients. *J Exp Psychol Gen* 1985 ; 114 : 311-41.
33. Finke RA, Pinker S. Spontaneous imagery scanning in mental extrapolation. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1982 ; 8 : 142-7.
34. Sheridan J, Humphreys GW. A verbal-semantic category-specific recognition impairment. *Cogn Neuropsychol* 1993 ; 10 : 143-84.
35. Weber RJ, Castleman J. The time it takes to imagine. *Percept Psychophys* 1970 ; 8 : 165-8.
36. Coltheart M, Hull E, Slater D. Sex differences in imagery and reading. *Nature* 1975 ; 253 : 438-40.
37. Butter CM, Kosslyn SM, Mijovic-Prelec D, Riffle A. Field-specific deficits in visual imagery following hemianopia due to unilateral occipital infarcts. *Brain* 1997 ; 120 : 217-28.
38. Riddoch MJ, Humphreys GW, Gannon T, Blott W, Jones V. Memories are made of this: the effects of time on stored visual knowledge in a case of visual agnosia. *Brain* 1999 ; 122 : 537-59.
39. Bara F, Gentaz E, Colé P, Sprenger-Charolles L. The visuo-haptic and haptic exploration of letters increases the kindergarten children's understanding of the alphabetical principle. *Cogn Dev* 2004 ; 19 : 433-49.
40. Goldenberg G. The neural basis of mental imagery. *Baillières Clin Neurol* 1993 ; 2 : 265-86.