



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
 www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

 www.em-consulte.com



Mémoire

Normalisation d'une batterie d'évaluation de l'imagerie mentale visuelle et de la perception visuelle

Presentation of an assessment battery for visual mental imagery and visual perception

C. Bourlon^{a,b,c}, S. Chokron^{d,e}, A.-C. Bachoud-Lévi^{f,g,h}, O. Coubard^d, I. Bergeras^a,
 A. Moulignier^e, A.-C. Viret^e, P. Bartolomeo^{a,*,b,i}

^a Inserm UMRS 975, pavillon Claude-Bernard, hôpital Pitié-Salpêtrière (AP-HP), 47, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France

^b UPMC université Paris 06, Paris, France

^c Service de neurologie, clinique Les Trois Soleils, Boissise-le-Roi, France

^d ERT TREAT Vision, UMR 5105 CNRS-fondation ophtalmologique Adolphe de Rothschild, laboratoire de psychologie et neurocognition, Paris, France

^e Service de neurologie, fondation ophtalmologique Adolphe-de-Rothschild, Paris, France

^f Inserm U841, équipe 1 neuropsychologie interventionnelle, IM3-Paris XII, Créteil, France

^g Département d'études cognitives, école normale supérieure, Paris, France

^h Département de neuroscience, hôpital Henri-Mondor (AP-HP), Créteil, France

ⁱ Fédération de neurologie, hôpital Pitié-Salpêtrière (AP-HP), Paris, France

INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 1 janvier 2009

Reçu sous la forme révisée le

17 mars 2009

Accepté le 24 avril 2009

Mots clés :

Agnosie

Négligence

Achromatopsie

Prosopagnosie

Hémianopsie

Alexie

RÉSUMÉ

Introduction. – Les rapports entre perception visuelle et imagerie mentale visuelle sont au centre d'un vif débat théorique entre ceux proposant l'existence de processus neurocognitifs communs et ceux soulignant les diversités entre ces deux entités. La neuropsychologie est à même d'apporter une contribution importante à ce débat, en évaluant les associations et dissociations entre déficits perceptifs et imaginatifs chez les patients présentant des lésions cérébrales. Toutefois, il n'existe pas à ce jour une batterie de tests normalisés permettant de telles évaluations.

Matériel et méthode. – Nous présentons ici une batterie d'évaluation des capacités d'imagerie mentale et de perception visuelle (batterie imagerie-perception, BIP) avec une analyse des effets de l'âge, du niveau d'éducation et du sexe sur les performances. La BIP comprend deux parties, l'une composée de 14 épreuves évaluant l'imagerie mentale visuelle et l'autre de huit épreuves évaluant les capacités de perception visuelle. Ces tests explorent différents domaines d'imagerie et de perception visuelle : objets et animaux, couleurs, matériel numérique, orthographique, spatial et visages.

Résultats. – Les résultats mettent en évidence une influence des facteurs sur les performances et font apparaître des corrélations imagerie/perception pour le domaine orthographique, mais pas pour d'autres domaines cognitifs.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : paolo.bartolomeo@upmc.fr (P. Bartolomeo).

0035-3787/\$ – see front matter © 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

doi:10.1016/j.neurol.2009.04.010

Keywords :

Agnosia

Neglect

Achromatopsia

Prosopagnosia

Hemianopia

Alexia

Conclusion. – Ces résultats semblent aller à l'encontre des hypothèses postulant une équivalence entre perception et imagerie mentale visuelle.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

A B S T R A C T

Introduction. – The relationship between visual perception and visual mental imagery are at the center of a lively theoretical debate between those postulating common neurocognitive processes between perception and imagery and those who emphasize the differences between these two entities. Neuropsychology can make an important contribution to this debate, by assessing associations and dissociations between perceptual and imaginal deficits in patients with brain damage. However, currently there is no standardized test battery available for such assessments.

Material and methods. – Here we present a battery of paper-and-pencil tests assessing different domains of visual mental imagery and visual perception abilities: object form and color, animals, orthographic material, numbers, faces, and space. We also explored the effects of age, educational level and gender on performance on a group of 103 participants free of neurological damage.

Results. – The battery includes two parts: one composed of 14 tests assessing mental imagery and the second part composed of eight tests assessing the abilities of visual perception. We calculated the correlations between the tests, and found that, with the exception of orthographic material, there were generally poor correlations between imagery and perceptual tests.

Conclusion. – This result seems inconsistent with hypotheses postulating a strict correspondence between perceptual and imagery abilities.

© 2009 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Nos expériences visuelles proviennent soit de l'exploration du monde extérieur (perception visuelle, PV), soit de la visualisation interne d'un objet issu de la mémoire (imagerie mentale visuelle, IMV). Un important débat en neuroscience cognitive oppose ceux qui prétendent qu'il y a une équivalence stricte entre processus impliqués dans la PV et l'IMV (Kosslyn et al., 2006) et ceux qui proposent qu'il s'agit de deux processus différents (Pylyshyn, 2007). La neuropsychologie contribue de manière importante à ce débat. Ainsi, certaines recherches rapportent les cas de patients présentant conjointement un déficit en IMV et en PV. Ces recherches supportent le modèle de Kosslyn tel qu'il est décrit par Farah (1984). Ce modèle repose sur l'existence d'un « buffer visuel » qui assure une double fonction, à la fois, par une voie ascendante (*bottom-up*) : il donne naissance aux percepts visuels et, par une voie descendante (*top-down*) : il assure la génération d'images internes. Cependant, il existe des dissociations entre déficit perceptif et trouble de l'imagerie mentale, révélant un trouble isolé soit en PV, soit en IMV qui peut même dépendre du type de matériel présenté (Bartolomeo et al., 2002). Ainsi, certains patients présentant un déficit dans la perception des formes peuvent ou non souffrir du même déficit en IMV (Aglioti et al., 1999 ; Bartolomeo et al., 1998 ; Jankowiak et al., 1992 ; Servos et Goodale, 1995), ou encore pour la perception des couleurs (Bartolomeo et al., 1997 ; De Vreese, 1991 ; Goldenberg, 1992 ; Luzzatti et Davidoff, 1994 ; Miceli et al., 2001), des visages (Etcoff et al., 1991), du matériel orthographique (Bartolomeo et al., 2002 ; Behrmann et al., 1994 ; Sirigu et Duhamel, 2001) et du matériel spatial (Bourlon et al., 2008 ; Farah et al., 1988b ; Morton et Morris, 1995 ; Rode et al., 2004). L'étude de ces patients suggère, en outre, que chacun de ces domaines d'IMV peut être déficitaire indépendamment des autres (Goldenberg,

1993). Cependant, rares sont les études qui ont évalué chacun de ces domaines chez un patient donné, ce qui rend difficile de tirer des conclusions quant à leur indépendance et, par conséquent, d'établir une taxonomie des capacités d'IMV.

L'évaluation de la PV et de l'IMV est un objectif important dans l'évaluation des déficits neuropsychologiques des patients porteurs de lésions cérébrales. Même si un certain nombre de tests expérimentaux ont déjà été publiés dans la littérature internationale, il n'existe pas d'épreuves normalisées permettant d'évaluer les capacités d'imagerie mentale spécifiques à la culture française (notamment, pour la représentation de visages célèbres, items bien spécifiques à chaque pays). Nous avons donc élaboré une batterie imagerie-perception (BIP) visant à évaluer les capacités d'IMV et de PV chez les patients porteurs d'une lésion cérébrale. L'intérêt de la BIP est double puisqu'elle permet à la fois :

- une approche globale comparant directement les performances en IMV et en PV et ainsi de prendre place dans le débat théorique actuel ;
- une approche plus spécifique en proposant des sous-tests dans chaque domaine (la forme et la taille d'objets/animaux, la couleur, les nombres, les mots, les visages et l'espace) permettant ainsi la mise en évidence d'éventuelles dissociations de déficits en IMV et en PV.

1. Participants et méthodes**1.1. Population**

Le recueil des données s'est effectué sur 103 participants. Ces derniers étaient âgés de 18 à 91 ans et étaient tous français. Ils

ne devaient présenter aucun antécédent neurologique et psychiatrique, aucun déficit visuel sévère ni de maladie grave.

Ces 103 participants ont été répartis de manière relative-ment équilibrée dans trois tranches d'âge (18–30 ans, 31–60 ans et 61 et plus), deux niveaux d'éducation (N1 < 12 ans d'étude et N2 > 12 ans d'étude) et deux sexes (homme et femme). Les participants ont été répartis le plus équitable-ment possible dans les 12 possibilités proposées par les trois facteurs (3 [tranches d'âge] × 2 [niveaux d'éducation] × 2 [sexes] = 12). Seuls cinq participants sur 103 étaient gauchers ; tous les autres étaient droitiers. Nous avons choisi de ne pas explorer le facteur préférence manuelle car aucune réponse motrice n'est utilisée.

1.2. Sélection des épreuves

La sélection des épreuves a été déterminée par les critères suivants. La batterie devait évaluer les déficits d'IMV et de PV dans les mêmes domaines. Nous avons sélectionné les épreuves qui nous paraissaient les plus pertinentes dans la littérature. Nous avons conservé certaines d'entre elles en les adaptant à la culture française et nous en avons ajouté d'autres afin de répondre au contexte théorique. Toutes les épreuves originales ont été créées sur la base de pré-tests. Ces tests explorent différents domaines de l'IMV (Farah, 1988a ; Goldenberg, 1993) : « taille et forme d'objets/animaux », « couleurs », « matériel numérique », « matériel orthographique », « visages » et enfin « matériel spatial ». À chaque test de PV correspond un ou plusieurs tests d'IMV (Tableau 1) permettant des comparaisons entre les perfor-mances d'IMV et de PV.

1.3. Présentation des épreuves de la batterie

1.3.1. Partie I : imagerie mentale visuelle

1.3.1.1. *Test de comparaison d'animaux (I1)*. Les participants doivent comparer mentalement la taille de différents animaux à une cible qui est la chèvre. Le test comporte 20 items. Il a été adapté d'une épreuve élaborée par Kosslyn et al. (1985).

1.3.1.2. *Test de représentation mentale concernant les détails physiques (I2)*. Les participants doivent se focaliser sur un

détail (les oreilles) d'un animal et dire si elles sont rondes ou pointues. L'épreuve comporte 15 items et elle s'inspire des travaux de Sheridan et Humphreys (1993).

1.3.1.3. *Test de comparaison d'objets (I3)*. Les participants ont pour tâche de déterminer le plus grand des deux items cités. Compte tenu de la difficulté à trouver des items fréquents pour cette épreuve, nous avons dû avoir recours à des stimuli de la catégorie des animaux (déjà présents dans le test de « Comparaison d'animaux ») et aliments en plus des objets. Ce test est composé de 20 essais. Il s'agit d'une adaptation d'un test de Sheridan et Humphreys (1993).

1.3.1.4. *Test de discrimination morphologique (I4)*. Ce test demande aux participants de comparer des paires d'objets, d'animaux, ou de fruits morphologiquement proches et de donner le détail caractéristique qui les différencie. Il comporte 20 items et s'inspire d'une épreuve élaborée par De Renzi et Lucchelli (1993).

1.3.1.5. *Test de représentation mentale d'objets (I5)*. Le parti-cipant doit juger de la forme et de l'orientation d'objets. Cette épreuve propose 20 items. Il s'agit d'une adaptation d'un test de Kosslyn et al. (1985).

1.3.1.6. *Test de rappel de la couleur typique des objets (I6)*. Ce test demande aux participants de se représenter la couleur typique d'objets. Il propose 20 objets et est issu d'un travail de Bartolomeo et al. (1997).

1.3.1.7. *Test de comparaison des couleurs (I7a et I7b)*. Le participant doit dire, parmi deux objets cités, celui dont la couleur est la plus claire. Cette épreuve est en deux parties (pour les deux systèmes impliquées dans la perception des couleurs) : l'une concerne les couleurs jaunes, verts, rouges, marron, roses et orange (I7a), avec 20 items et l'autre concerne les teintes grises, noires et blanches (I7b), avec dix items. Il s'agit d'une version modifiée d'un test de De Vreese (1991).

1.3.1.8. *Test de représentation mentale de chiffres (I8a) et de nombres (I8b)*. Cette épreuve demande au participant de se représenter mentalement des chiffres arabes et des nombres

Tableau 1 – Structure de la batterie d'imagerie mentale visuelle et de perception visuelle.
Structure of the battery of visual mental imagery and visual perception.

Perception visuelle	Imagerie mentale visuelle
P1 – Détection d'un détail physique	I1 – Comparaison d'animaux I2 – Représentation mentale d'un détail physique I3 – Comparaison d'objets I4 – Discrimination morphologique I5 – Représentation mentale d'objets
P2 – Dénomination de couleurs	I6 – Rappel de la couleur typique des objets I7 – Comparaison de couleurs
P3 – Lecture de chiffres et de nombres	I8 – Représentation mentale de chiffres et de nombres
P4 – Lecture de lettres	I9 – Construction mentale de lettres I10 – Représentation mentale de lettres
P5 – Lecture de mots	I11 – Représentation mentale de mots
P6 – Reconnaissance de visages célèbres	I12 – Représentation mentale de visages célèbres
P7 – Perception spatiale	I13 – Représentation spatiale
P8 – Horloge	I14 – Horloge

et de juger s'ils contiennent ou non une boucle fermée. La première partie est composée de dix chiffres (I8a) et s'inspire de l'épreuve de Coltheart et al. (1975). La seconde concerne les nombres (I8b), elle comporte 18 items (Bartolomeo et al., 1998).

1.3.1.9. *Test de construction mentale de lettres (I9)*. Le participant doit identifier des lettres qu'il aura mentalement construites à partir d'instructions orales. Ce test comporte 26 items. Il s'agit de l'adaptation du test de Behrmann et al. (1994).

1.3.1.10. *Test de représentation mentale de lettres (I10a et I10b)*. Le participant doit se représenter, dans la première partie (I10a), des lettres en minuscules d'imprimerie et dire si elles sont :

- contenues dans l'interligne ;
- si elles dépassent au-dessus ;
- si elles sont en dessous de l'interligne.

Ce test est composé de dix lettres et est inspiré de Weber et Castleman (1970). Dans la seconde partie, le participant doit également imaginer des lettres et dire si elles ont une ligne courbe ou non. Vingt-six lettres composent cette partie et elle est inspirée de Coltheart et al. (1975).

1.3.1.11. *Test de représentation mentale de mots (I11)*. Les sujets doivent se représenter 20 mots et dire si chaque mot possède un attribut vertical supérieur (t, l, d) ou un attribut vertical inférieur (j, p, y). Il s'agit de l'adaptation d'un test de Weber et Castleman (1970).

1.3.1.12. *Test de représentation mentale de visages célèbres (I12)*. Il s'agit d'isoler un détail du visage et de procéder à une comparaison de ces parties isolées. Nous nous sommes intéressés aux traits morphologiques du visage, à la fois dans sa globalité et dans le détail (global/local). Nous avons sélectionné 20 personnalités, toutes différentes de celles impliquées dans le « Test de reconnaissance de visages célèbres » de la partie perception, que nous avons réparties en trois catégories en fonction d'un élément caractéristique de leur physiognomie. Les célébrités sont donc regroupées au sein de trois catégories : la forme du visage (analyse globale), le nez et les lèvres (analyse locale). Trois versions ont été créées, une pour les 18–30 ans, une autre pour les 31–60 ans et enfin, une pour les 61 ans et plus. Cette épreuve est inspirée d'un test de Bartolomeo et al. (1998).

1.3.1.13. *Test de représentation spatiale (I13)*. Des séries de trois feuilles sont présentées au sujet. Sur la première se trouvent des points. Le participant doit se construire une image mentale de leur localisation. Puis, l'examineur lui présente une feuille blanche. Enfin, une dernière feuille sur laquelle se trouve une flèche est présentée. Le participant doit alors dire si la flèche indique la direction d'un des points de la première feuille ou non. Il y a autant de dessins où la flèche est dirigée à droite et à gauche. Pour la moitié des items, la flèche indique un des points ; pour l'autre moitié, elle indique une position à 25°–35° du point le plus proche. Ce test comporte 32 items. Cette épreuve est inspirée du test de Butter et al. (1997).

1.3.1.14. *Test de l'horloge (I14)*. Le participant doit s'imaginer un cadran d'horloge indiquant les différents horaires proposés verbalement par l'examineur. Le sujet doit dire si les aiguilles sont du côté droit ou gauche du cadran ou les deux. Ce test est composé de 30 items. Il s'agit d'une version modifiée d'une épreuve de Grossi et al. (1993).

1.3.2. Partie II : perception visuelle

Les différents domaines cités ci-dessus sont également explorés d'un point de vue perceptif, avec des épreuves « équivalentes » à celles de l'IMV.

1.3.2.1. *Test de détection d'un détail physique (P1)*. L'examineur présente au sujet des images d'animaux. Le sujet a pour tâche de dire si les oreilles des animaux sont rondes ou pointues. Les items présentés dans l'épreuve de « Représentation mentale d'un détail physique » ont été repris. Ce test comporte 15 items.

1.3.2.2. *Test de dénomination des couleurs (P2)*. Le participant doit dénommer des planches de couleurs différentes. Ce test comporte 13 couleurs (bleu, jaune, rose, noir...).

1.3.2.3. *Test de lecture de chiffres (P3a) et de nombres (P3b)*. Il est demandé au sujet de lire à voix haute une série de chiffres puis de nombres. Les nombres sont les mêmes que ceux élaborés pour le test I8 (représentation mentale de nombres). Ce test évalue les capacités de lecture de dix chiffres et de 20 nombres.

1.3.2.4. *Test de lecture de lettres (P4)*. Le sujet doit lire à haute voix les 26 lettres de l'alphabet en majuscules d'imprimerie puis en minuscules.

1.3.2.5. *Test de lecture de mots et de non-mots (P5)*. Cette épreuve demande aux participants de lire à voix haute une liste de 100 mots fréquents, non fréquents et logatomes. Elle reprend les mots proposés dans la tâche d'imagerie mentale. Ce test est issu d'un travail de Young et al. (1994).

1.3.2.6. *Test de reconnaissance de visages célèbres (P6)*. Le sujet doit donner le nom de 20 visages célèbres qui lui sont présentés visuellement. Comme pour le test de la partie « Imagerie mentale », trois versions différentes ont été élaborées, une pour les 18–30 ans, une autre pour les 31–60 ans et une dernière pour les 61 ans et plus.

1.3.2.7. *Test de perception spatiale (P7)*. Ce test comporte 32 planches où sont dessinés trois ou quatre points noirs et une flèche qui est dirigée vers un des quatre quadrants. On demande au sujet de décider si la flèche qu'il voit indique ou n'indique pas un des points de la planche. C'est le versant perception de l'épreuve proposée en spatial dans la partie « Imagerie mentale ».

1.3.2.8. *Test de l'horloge (P8)*. L'examineur présente au sujet, un à un, 30 cadrans d'horloge indiquant une heure. La tâche du sujet est de dire si les aiguilles sont situées dans la moitié droite ou gauche du cadran ou bien les deux.

1.4. Passation des épreuves

Toute la batterie est en format papier, non informatisée. Tous les participants ont passé l'ensemble des épreuves. Les sous-tests ont été présentés dans le même ordre. Les épreuves d'IMV précèdent obligatoirement celles de PV de manière à ce que la présentation de stimuli visuels n'influence pas la génération des images mentales. Nous n'avons pas pris en compte les temps de réponse mais uniquement les bonnes réponses en acceptant les autocorrections. Pour les personnes appartenant à la tranche d'âge 61 et plus, un *Mini Mental State Examination* (MMSE) (/30) a été proposé avant la réalisation de la batterie, afin d'écarter tout participant avec déclin cognitif associé (aucun score en dessous de 27 n'a été accepté). De même, un test d'acuité visuelle (identification de lettres présentées à une distance de 40 cm) a été proposé afin de vérifier la vue des participants ainsi qu'un questionnaire de préférence manuelle (Dellatolas et al., 1988). Il est à noter que nous n'avons pas fait passer de test de dépistage de la dyschromatopsie, mais que cette évaluation pourrait être proposée pour les patients, par exemple en administrant un test d'Ishihara.

2. Résultats

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Statistica. Nous présentons ici les statistiques descriptives (moyenne et écart-type ; Tableau 2). Nous avons en outre effectué des analyses de variance (Anova) sur les scores de précision (proportion de réponses correctes) après transformation, avec âge, sexe ou niveau d'éducation comme facteurs inter-groupes. Enfin, nous avons réalisé des corrélations entre les différents tests.

2.1. Analyse de l'influence des différents facteurs (âge/niveau d'éducation/sexe).

2.1.1. Partie I : imagerie mentale visuelle

La durée de passation moyenne de cette section est de 45 minutes. Les épreuves proposées sont relativement simples, expliquant un effet plafond des performances : pour 14 des tests présentés, le pourcentage de bonnes réponses est supérieur à 94 % et pour les six autres tests, le pourcentage de bonnes réponses se situe entre 80 et 91 %.

2.1.1.1. Effet du sexe. Un seul effet du sexe a été trouvé pour le test de « Représentation mentale de visages célèbres » (I12) ($F [1,91] = 4,73, p < 0,033$) : les femmes obtiennent des résultats plus élevés (92,24 %) que les hommes (89 %). Lewin et Herlitz, 2002 rapportent dans leur étude une influence du sexe sur les performances dans des tâches de reconnaissance de visages. En effet, il semble que les femmes, après une tâche de mémorisation, se rappellent plus de visages que les hommes. La réactivation des images mentales par la mémoire à long terme pourrait ainsi être plus aisée pour les femmes que pour les hommes. Toutefois, nous ne retrouvons pas cet effet dans la partie PV en reconnaissance de visages.

2.1.1.2. Effet de l'âge. On observe un effet de l'âge pour huit des tests proposés : I7a et b, I9, I10a et b, I12, I13 et I14. Trois

patterns de résultats apparaissent. Le premier pattern montre que les performances diminuent avec l'âge. Le test de « Comparaison de couleurs » I7a ($F [2,91] = 6,64, p < 0,003$) met en évidence un pourcentage de réussite entre 91 et 92 % chez les plus jeunes pour la partie a et 86,11 % chez les sujets âgés. De même, pour le test de « Construction mentale de lettres » I9 ($F [2,91] = 20,8, p < 0,0001$) : les 18–30 ans obtiennent 93,10 % de bonnes réponses, les 31 et 60 ans, 88,91 % et les 61 et plus, 76,49 %. La partie b du test de « Représentation mentale de lettres » I10 ($F [2,91] = 4,47, p < 0,015$) montre que les performances plafonnent pour les tranches d'âge 18–30 et 31–60 ans (100 %) et diminuent pour les 61 et plus (98,80 % de bonnes réponses). Enfin, le test de « l'Horloge » I14 ($F [2,91] = 10,40, p < 0,0001$) suggère une baisse des performances chez les sujets les plus âgés avec chez les 18–30 ans, 99,58 % de bonnes réponses, chez les 31–60 ans, 99 % et les 61 et plus, 96,22 %. De manière générale, les performances les moins bonnes pour les sujets plus âgés, dans les tâches d'imagerie mentale de « Construction de lettres » (I9), de « Représentation spatiale » (I13) et de l'« Horloge » (I14) peuvent être imputables à la diminution des capacités de mémoire de travail avec l'âge (Vaughan et al., 2008).

Le deuxième pattern de résultats met en évidence une augmentation des performances avec l'âge. Le test de « Représentation mentale de lettres » I10a ($F [2,91] = 5,14, p < 0,008$) montre des performances pour les 18–31 ans de 95,83 %, pour les 31–60 de 97,62 % et les 61 et plus de 98,54 %.

Le dernier pattern de performances correspond aux résultats obtenus au test de « Représentation mentale de visages célèbres » I12 ($F [2,91] = 7,37, p < 0,001$) avec de meilleures performances pour les 31–60 ans, 94,41 % de bonnes réponses, 87,29 % pour les 18–30 ans et 90 % pour les 61 ans plus. De même, pour la partie b du test de « Comparaison de couleurs » ($F [2,91] = 3,46, p < 0,004$), les 18–30 ans ont 92,08 % de bonnes réponses, les 31–60, 97,35 % et les 61 et plus, 93,33 %. Enfin, le test de « Représentation spatiale » I13 ($F [2,91] = 21,96, p < 0,0001$) met également en évidence des résultats moins bons pour les jeunes avec 74,37 % de bonnes réponses pour les 18–30 ans, alors que les 31–60 ans obtiennent 89,70 % de bonnes réponses et les 61 et plus : 88,93 %. Ces performances sont très proches et suggèrent que ces différences, bien que statistiquement significatives, ne puissent pas avoir d'importance pratique.

2.1.1.3. Interaction sexe/âge. Une interaction entre le sexe et l'âge a été trouvée pour le test de « Rappel de la couleur typique des objets » I6 ($F [2,91] = 1,62, p < 0,015$) : les femmes semblent augmenter leurs performances entre les deux dernières tranches d'âge (31–60 et 61 et plus) alors que celles des hommes diminuent (95 % de bonnes réponses pour les femmes de 31–60 ans, 96,03 % pour les 61 et plus et 96,17 % pour les hommes entre 18 et 30 ans et 90,31 % pour les 61 et plus).

2.1.1.4. Niveau d'éducation. On observe un effet du niveau d'éducation pour les tests I7b, I8a, I9 et I11. Pour ces quatre tests, les performances sont meilleures pour les sujets ayant un niveau d'éducation plus élevé ($N2 > N1$). Ainsi, le test de « Comparaison de couleurs » I7b ($F [1,91] = 6,79, p < 0,011$) montre 92,71 % de bonnes réponses pour N1 et 96,25 % pour

Tableau 2 – Moyenne et écart-type selon la classe d'âge et le niveau d'éducation.
Participants' mean scores with standard deviation (ET) by age and educational level (N).

		I1		I2		I3		I4		I5		I6		I7a		I7b			
Classe d'âge	N	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET		
18–30 ans	1	19,54	0,88	14,15	0,55	20	0	19,62	0,51	19,77	0,44	19,23	0,60	18	1,22	8,69	0,95		
	2	19,82	0,40	13,91	0,70	20	0	19,18	1,25	19,82	0,40	19,27	0,79	18,64	1,69	9,82	0,40		
31–60 ans	1	19,80	0,42	14,00	1,25	20	0	19,70	0,48	19,60	0,70	19,10	0,99	18,40	1,43	9,60	0,70		
	2	19,88	0,34	14,13	1,03	19,96	0,20	19,79	0,51	19,63	0,58	19,13	0,80	18,38	1,53	9,79	0,41		
61 ans et plus	1	19,72	0,52	13,50	1,16	19,84	0,37	19,44	1,19	19,69	0,47	18,88	1,39	17,25	1,57	9,41	0,67		
	2	19,77	0,44	13,15	1,46	19,92	0,28	19,31	1,11	19,92	0,28	18,62	1,04	17,15	1,57	9,15	0,90		
		I8a		I8b		I9		I10a		I10b		I11		I12		I13		I14	
Classe d'âge	N	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET
18–30 ans	1	19,69	0,48	17,69	0,48	23,69	1,55	25,23	1,01	26	0	19,54	0,52	17,69	1,18	29,23	1,17	30	0
	2	20	0	18	0	24,82	1,47	24,55	0,93	26	0	19,91	0,30	17,18	1,83	27,55	3,27	29,73	0,90
31–60 ans	1	20	0	18	0	22	3,43	25,40	1,35	26	0	19,60	0,84	18,60	1,26	28,70	2,45	29,80	0,63
	2	19,92	0,41	17,92	0,28	23,58	1,82	25,38	1,01	26	0	19,83	0,64	19,00	1,41	28,71	2,39	29,67	1,09
61 ans et plus	1	19,50	0,95	17,56	0,95	19,47	3,05	25,59	1,21	25,69	0,69	19,50	1,16	17,84	1,39	24,25	3,67	29,06	1,27
	2	19,92	0,28	17,77	0,44	20,92	2,36	25,69	0,85	25,85	0,55	19,85	0,38	18,38	1,56	22,69	3,88	28,38	2,26
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8			
Classe d'âge	N	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET		
18–30 ans	1	14,69	0,48	12,85	0,38	30	0	52	0	99,69	0,75	19,77	0,44	32	0	30	0		
	2	14,73	0,65	12,64	0,67	30	0	52	0	99,64	0,67	18,36	2,20	31,91	0,30	30	0		
31–60 ans	1	14,80	0,42	12,90	0,32	30	0	51,90	0,32	100	0	18,80	1,48	31,90	0,32	30	0		
	2	14,71	0,55	12,67	0,64	30	0	52	0	99,83	0,48	19,38	1,01	31,92	0,28	29,96	0,20		
61 ans et plus	1	14,31	0,64	12,59	0,56	29,97	0,18	51,97	0,18	99,63	0,79	18,56	1,58	31,97	0,18	29,97	0,18		
	2	14	0,71	12,38	0,65	30	0	51,92	0,28	99,62	0,51	18,31	2,10	32	0	29,92	0,28		
M : moyenne ; ET : écart-type.																			

M : moyenne ; ET : écart-type.

N2. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les items à comparer dans cette partie sont moins courants que dans la partie a (la chaux/ la nacre, l'ardoise/la suie). De même, le test de la « Représentation mentale de chiffres » I8a (F [1,91] = 4,45, $p < 0,038$) met en évidence 99,78 % de bonnes réponses pour N2 et 98,8 % pour N1. Le test de « Construction mentale de lettres » I9 (F [1,91] = 8,29, $p < 0,005$) présente 80,48 % de bonnes réponses pour N1 et 89,02 % pour N2. Enfin, le test de « Représentation mentale de mots » I11 (F [1,91] = 7,12, $p < 0,0091$) montre 97,63 % de bonnes réponses pour N1 et 99,27 % pour N2. Il ne paraît pas surprenant que le niveau d'éducation soit directement en lien avec les performances des sujets. Les connaissances préalables des sujets dans ces tests pourraient jouer un rôle important. Même si les résultats restent très élevés, l'expérience verbale du sujet entre en jeu et nous pouvons supposer que plus le sujet aura un niveau d'éducation élevé, plus ses connaissances seront précises et par conséquent, la réactivation de ses connaissances (la représentation mentale) sera exacte. Cependant, nous constatons que cette différence de niveau d'éducation n'est pas retrouvée dans les tests de « Représentation mentale de nombres » (I8b) et de « Représentation mentale de lettres » (I10), évaluation faisant également appel aux connaissances orthographiques.

2.1.2. Partie II : perception visuelle

Cette section nécessite environ 25 minutes de passation. Tous les tests présentent des résultats au-delà de 94 % de bonnes réponses.

Aucun effet du sexe et du niveau d'éducation n'a été observé.

En revanche, on observe un effet de l'âge pour trois tests : P1, P2 et P5. Le test de « Détection d'un détail physique » P1

(F [2,91] = 9,4, $p < 0,0002$) montre de moins bonnes performances chez les sujets les plus âgés avec pour les 18–30 ans, 98,05 % de bonnes réponses, les 31–60 ans, 98,23 % et les 61 et plus, 94,81 %. De même, le test de « Dénomination des couleurs » P2 (F [2,91] = 4,45, $p < 0,015$) met en évidence de moins bonnes performances chez les sujets les plus âgés avec pour les 18–30 ans, 98,07 % de bonnes réponses, les 31–60 ans, 97,96 % et les 61 et plus, 96,41 %. Enfin, pour le test de « Lecture de mots et de non-mots » P5 (F [2,91] = 4,25, $p < 0,018$), il existe un effet significatif de l'âge ainsi qu'une interaction âge*sexe (F [2,91] = 7,54, $p < 0,00001$) montrant des performances meilleures pour les 31–60 ans d'autant plus que le niveau d'éducation est élevé. Toutefois, il est à noter que la différence entre les performances de ces trois classes d'âge n'est pas très importante (18–30 ans : 99,66 %, 31–60 ans : 99,88 % et 61 et plus : 99,62 %). Cet effet pourrait s'expliquer par les déficits visuels périphériques fréquemment rencontrés chez les personnes âgées.

2.2. Corrélation entre les tests de perception visuelle et d'imagerie mentale

Afin d'explorer les liens potentiels entre les habilités d'IMV et de PV, ainsi que dans leurs différents domaines, nous avons calculé les coefficients de corrélation entre les épreuves de la partie PV et celles correspondantes à la partie IMV (Tableau 3).

Ces corrélations peuvent se résumer en deux points : les corrélations attendues par le modèle de Kosslyn et confirmées statistiquement et celles attendues, également selon le modèle de Kosslyn mais non confirmées statistiquement. Dans le premier cas, le sous-test P1 « Détection d'un détail physique » est corrélé significativement aux sous-tests I1 « Représentation mentale d'un détail physique » ($r = 0,39$) et I3 « Comparaison d'objet » ($r = 0,33$). De même, le test P2 de

Tableau 3 – Corrélation (r de Pearson) entre les sous-tests de perception visuelle et ceux correspondant en imagerie mentale visuelle.

Correlations (Pearson's r) between tests of visual mental imagery and the corresponding imaginal tests.

Perception visuelle	Imagerie mentale visuelle	r
P1 – Détection d'un détail physique	I1 – Comparaison d'animaux	0,15
P1 – Détection d'un détail physique	I2 – Représentation mentale d'un détail physique	0,39*
P1 – Détection d'un détail physique	I3 – Comparaison d'objets	0,33*
P1 – Détection d'un détail physique	I4 – Discrimination morphologique	0,12
P1 – Détection d'un détail physique	I5 – Représentation mentale d'objets	0,01
P2 – Dénomination de couleurs	I6 – Rappel de la couleur typique des objets	0,34*
P2 – Dénomination de couleurs	I7a – Comparaison de couleurs – couleurs variées	0,35*
P2 – Dénomination de couleurs	I7b – Comparaison de couleurs – blanc/noir	0,17
P3a – Lecture de chiffres	I8a – Représentation mentale de chiffres	
P3b – Lecture de nombres	I8b – Représentation mentale de nombres	0,35*
P4 – Lecture de lettres	I9 – Construction de lettres	0,20*
P4 – Lecture de lettres	I10a – Représentation mentale de lettres – minuscules	0,22*
	I10b – Représentation mentale de lettres – majuscules	0,20*
P5 – Lecture de mots	I11 – Représentation mentale de mots	0,27*
P6 – Reconnaissance de visages célèbres	I12 – Représentation mentale de visages célèbres	0,07
P7 – Perception spatiale	I13 – Représentation spatiale	0,13
P8 – Horloge	I14 – Horloge	0,21*

* $p < 0,05$.

Tableau 4 – Corrélation (*r* de Pearson) pour la partie imagerie mentale visuelle.
*Correlations (Pearson's *r*) between tests of visual mental imagery.*

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7a	I7b	I8a	I8b	I9	I10a	I10b	I11	I12	I13
I1	1,00															
I2	0,06	1,00														
I3	-0,05	0,13	1,00													
I4	0,11	0,13	0,20*	1,00												
I5	0,06	-0,03	0,01	-0,03	1,00											
I6	0,08	0,35**	0,05	0,31**	0,08	1,00										
I7a	0,16	0,33**	0,09	0,31**	0,03	0,43**	1,00									
I7b	0,07	-0,00	-0,03	0,20*	0,00	0,26**	0,26**	1,00								
I8a	0,04	0,14	0,11	0,30**	-0,11	0,22*	0,34**	0,13	1,00							
I8b	-0,07	0,11	0,13	0,17	-0,11	0,12	0,28**	0,12	0,46**	1,00						
I9	0,02	0,27**	0,29**	0,04	0,09	0,31**	0,35**	0,12	0,22*	0,17	1,00					
I10a	-0,06	0,02	-0,02	-0,06	0,07	0,07	0,08	-0,13	0,11	0,15	0,01	1,00				
I10b	-0,14	0,13	0,16	0,24*	-0,17	0,22*	0,17	0,15	0,29**	0,38**	0,24*	0,12	1,00			
I11	-0,04	0,30**	0,02	0,35**	0,10	0,26**	0,36**	0,23*	0,47**	0,53**	0,17	0,17	0,18	1,00		
I12	0,08	-0,03	0,05	0,20*	-0,04	0,06	0,16	0,11	0,21*	0,04	0,03	0,15	0,08	0,13	1,00	
I13	-0,06	0,04	0,17	0,08	-0,04	-0,02	0,25*	-0,01	0,03	0,29**	0,30**	-0,08	0,19	0,05	-0,04	1,00
I14	0,06	0,38**	0,24*	0,23*	-0,15	0,27**	0,29**	0,06	0,12	0,26**	0,47**	-0,05	0,29**	0,09	0,08	0,31**

p* < 0,05 ; *p* < 0,01.

« Dénomination de couleur » est apparu corrélé aux tests I6 de « Rappel de couleur typique des objets » (*r* = 34) et I7 « Comparaison de couleurs – couleurs variés » (*r* = 35). Ensuite, le test de « Lecture de nombre » est corrélé à la « Représentation mentale de nombre » (*r* = 35), le test de « Lecture de lettres » à la « Construction de lettres » (*r* = 20), à la « Représentation mentale de lettres » minuscules (*r* = 22) et majuscules (*r* = 20), et la « Lecture de mots » à la « Représentation mentale de mots » (*r* = 27). Enfin, le test de « l'Horloge » en perception est corrélé à celui présenté en imagerie mentale (*r* = 21).

Dans le second cas, nous n'observons pas de corrélation entre la « Détection d'un détail physique » et la « Comparaison d'animaux » (*r* = 15), la « Discrimination morphologique » (*r* = 12) et la « Représentation mentale d'objets » (*r* = 0,01). De plus, il n'existe pas de corrélation entre la « Dénomination de couleurs » et la « Dénomination de couleurs – blanc/noir » (*r* = 17), la reconnaissance de visages et la « Représentation mentale de visages célèbres » (*r* = 07) et la « Perception spatiale » et la « Représentation spatiale » (*r* = 13).

2.2.1. Corrélation entre les tests d'imagerie mentale

Les corrélations significatives entre I6 « Rappel de la couleur typique des objets » et I7a « Comparaison de couleurs – couleurs variées » (*r* = 43) et I7b « Comparaison de couleurs – blanc/noir » (*r* = 26) révèlent la représentation d'un matériel concernant les couleurs. Celles entre I8a « Représentation mentale de chiffres » et I8b « Représentation mentale de nombres » supposent la mise en jeu d'un matériel numérique et I9 « Construction de lettres » et I10a « Représentation mentale de lettres », un matériel orthographique. Enfin, les corrélations significatives entre I13 « Représentation spatiale » et I14 « Horloge » suggèrent la représentation d'un matériel spatial (Tableau 4).

3. Discussion

Un premier objectif de cette étude était d'établir des normes pour une batterie (BIP) évaluant la PV et l'IMV, en vue de

l'utilisation de ces tests chez les patients porteurs d'une lésion cérébrale. À cette fin, les effets de l'âge, du sexe et du niveau d'éducation ont été explorés chez 103 participants normaux. Deux niveaux d'éducation, et trois tranches d'âge ont été constitués. Afin de vérifier l'intégrité du fonctionnement cognitif, tous les participants de la tranche d'âge 61 ans et plus ont passé un MMSE. À partir du Tableau 2, il est possible de savoir à combien d'écart-type se situe la performance d'un sujet par rapport à un échantillon de sa tranche d'âge et de son niveau d'éducation.

Il est également possible de savoir où se situe la performance d'un patient par rapport à un sujet de son âge et de son niveau d'éducation et cela pour chaque test proposé. La passation de la BIP reste assez longue pour une évaluation clinique dans le cadre d'un bilan neuropsychologique complet. Il est donc intéressant d'avoir la possibilité d'évaluer de manière indépendante les différents domaines et sous-domaines (couleurs, chiffres...) s'il y a suspicion d'un déficit en IMV et/ou en PV¹.

Le second objectif de cette étude était d'explorer les rapports entre la PV et l'IMV et ainsi de mettre en évidence l'existence d'éventuels sous-domaines. L'analyse des corrélations a mis en évidence une relation entre les tests utilisant un matériel orthographique en PV (les nombres P3a et b, les lettres P4 et les mots P5) et en IMV (les chiffres et les nombres I8a et b, les lettres I9, I10a et b et les mots I11). De même, dans le domaine spatial, le test de « l'Horloge » (I14) semble bien corrélé dans les deux domaines, imagerie mentale et perception. En revanche, les tests de « Représentation spatiale » ne sont pas apparus corrélés. Pour les couleurs, deux tests d'imagerie mentale sur trois sont apparus corrélés au test proposé en perception (P2). Enfin, certaines épreuves comme la « Représentation mentale de visages célèbres » (I12), la « Comparaison d'animaux » (I1), la « Discrimination morphologique » (I4), la « Représentation mentale d'objets »

¹ La BIP n'est pour le moment pas disponible dans le commerce (elle est soumise aux éditeurs).

(I5) ne sont pas corrélées significativement aux épreuves correspondantes en PV. Dans une récente étude utilisant une version italienne de la BIP et proposée à 45 participants sans lésion cérébrale, Antonietti et al. (2008) ont mis en évidence des corrélations statistiquement significatives entre les différents tests. Les épreuves relevant du domaine orthographique en IMV et en PV et en particulier d'un domaine dépendant des apprentissages scolaires (lecture, écriture, arithmétique) étaient corrélées. Nos données confirment ces résultats. En revanche, cette étude ne révèle aucune autre corrélation entre les autres domaines : objets, animaux, couleurs, visages et espace. Ces résultats suggèrent qu'il pourrait exister une différence entre ce que nous percevons et ce que nous imaginons lors de l'élaboration d'une représentation mentale, qui ne dépend pas de compétences orthographiques. Le manque de corrélation entre PV et IMV pourrait s'expliquer par l'autonomie des processus impliqués dans ces sous-domaines. Toutefois, il se peut également que lors de la réalisation des tâches perceptives, les participants puissent effectuer les épreuves même s'ils ne sont pas familiers avec les stimuli. En revanche, cela semble plus difficile, voire impossible d'apporter une réponse pour des stimuli inconnus pour les épreuves d'imagerie.

Nous avons exploré les corrélations entre les tests de la BIP dans deux sens : corrélations à l'intérieur de la modalité imagerie et corrélation entre tests d'imagerie et tests de perception. En modalité imagerie, la corrélation entre « Représentation spatiale » (I13) et « Horloge » (I14) suggère que ces deux épreuves font appel au même domaine d'imagerie spatiale. Ces deux tests corrélaient également à la « Construction de lettres » (I9), car toutes ces épreuves peuvent faire appel à la construction mentale de nouvelles informations (Antonietti et al., 2008). Les corrélations entre représentation mentale de chiffres et de nombres, construction et représentation de lettres et de mots, ainsi que celles entre représentation mentale de lettres et de nombres et de chiffres regroupent les tests d'imagerie du matériel orthographique. Il semble donc exister des sous-domaines en imagerie mentale relevant des compétences spatiales et orthographiques.

Le manque de corrélation entre certaines épreuves d'IMV et de PV semble être en contradiction avec le postulat suggérant l'équivalence entre PV et IMV (Kosslyn et al., 2006). Toutefois, ce résultat peut être nuancé par le fait que pour certains items, les participants peuvent ne pas réussir à se les représenter en raison d'un manque de familiarité ou de connaissances ; en revanche, en PV, le stimulus est par définition toujours présent (Antonietti et al., 2008). De plus, l'étude des corrélations à l'intérieur même du domaine d'IMV a mis en évidence des corrélations entre les différentes épreuves relevant d'un matériel orthographique ou spatial. Ces résultats sont cohérents avec la proposition de Goldenberg (1993) qui, à partir de données neuropsychologiques, a proposé l'existence de différents domaines fonctionnels en imagerie mentale.

En conclusion, ce travail a permis d'obtenir des normes pour une batterie évaluant les capacités d'imagerie mentale et de perception visuelle, aujourd'hui encore sous-évaluées. Cette batterie pourra être proposée à une population de patients porteurs de lésions cérébrales. La BIP permettra aux cliniciens de mettre en évidence des déficits en imagerie mentale et en perception visuelle en fonction de l'âge, du

niveau d'éducation et du sexe. Cette étude nous a également permis de mettre en évidence l'existence de sous-domaines à l'intérieur même des processus d'imagerie mentale (orthographique, spatial). L'exploration de ces sous-domaines chez les patients en fonction de l'atteinte cérébrale permettra d'établir des corrélations anatomocliniques entre déficits spécifiques et réseaux cérébraux atteints.

4. Conflits d'intérêts

Pas de conflit d'intérêts à déclarer en lien avec l'article.

Remerciements

Les auteurs remercient Nadia Paugam, Claire Saleix, Cécile Debatisse et Cécile Camboulas pour avoir collecté une partie des données. Nous remercions également Serena Oliveri et Alessandro Antonietti pour leurs conseils.

R É F É R E N C E S

- Aglioti S, Bricolo E, Cantagallo A, Berlucchi G. Unconscious letter discrimination is enhanced by association with conscious color perception in visual form agnosia. *Curr Biol* 1999;9:1419-22.
- Antonietti A, Bartolomeo P, Colombi A, Incorpora C, Oliveri S. Rapporti tra capacità percettive e immaginative nell'anziano. *Ricerche di Psicologia* 2008;105-20.
- Bartolomeo P, Bachoud-Lévi AC, Chokron S, Degos JD. Visually- and motor-based knowledge of letters: evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia* 2002;40:1363-71.
- Bartolomeo P, Bachoud-Levi AC, De Gelder B, Denes G, Dalla Barba G, Brugieres P, 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.
- Bartolomeo P, Bachoud-Lévi AC, Denes G. Preserved imagery for colours in a patient with cerebral achromatopsia. *Cortex* 1997;33:369-78.
- 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.
- Bourlon C, Pradat-Diehl P, Duret C, Azouvi P, Bartolomeo P. Seeing and imagining the "same" objects in unilateral neglect. *Neuropsychologia* 2008;46:2602-6.
- 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.
- Coltheart M, Hull E, Slater D. Sex differences in imagery and reading. *Nature* 1975;253:434-40.
- De Renzi E, Lucchelli F. The fuzzy boundaries of apperceptive agnosia. *Cortex* 1993;29:187-215.
- De Vreese LP. Two systems for colour-naming defects: Verbal disconnection vs colour imagery disorder. *Neuropsychologia* 1991;29:1-18.
- Dellatolas G, De Agostini M, Jallon P, Poncet M, Rey M, Lellouch J. Mesure de la préférence manuelle par autoquestionnaire dans la population française adulte. *Rev Psychol Appl* 1988;38:117-36.
- Etcoff NL, Freeman R, Cave KL. Can we lose memories of faces? Content specificity and awareness in a prosopagnosic. *J Cogn Neurosci* 1991;3:25-41.

- Farah MJ. The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition* 1984;18:245–72.
- Farah MJ. Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychol Rev* 1988;95:307–17.
- Farah MJ, Hammond K, Levine D, Calvanio R. Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cogn Psychol* 1988;20:439–62.
- Goldenberg G. Loss of visual imagery and loss of visual knowledge – A case study. *Neuropsychologia* 1992;30:1081–99.
- Goldenberg G. The neural basis of mental imagery. *Bailliere Clin Neurol* 1993;2:265–86.
- Grossi D, Angelini R, Pecchinenda A, Pizzamiglio L. Left imaginal neglect in heminattention: experimental study with the O'clock Test. *Behav Neurol* 1993;6:155–8.
- Jankowiak J, Kinsbourne M, Shalev RS, Bachman DL. Preserved visual imagery and categorization in a case of associative visual agnosia. *J Cogn Neurosci* 1992;4:119–31.
- 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.
- Kosselyn SM, Thomson WL, Ganis G. The case of mental imagery. New York: Oxford University Press; 2006.
- Lewin C, Herlitz A. Sex differences in face recognition – Women's faces make the difference. *Brain Cogn* 2002;50:121–8.
- Luzzatti C, Davidoff J. Impaired retrieval of object-colour knowledge with preserved colour naming. *Neuropsychologia* 1994;32:933–50.
- Miceli G, Fouch E, Capasso R, Shelton JR, Tomaiuolo F, Caramazza A. The dissociation of color from form and function knowledge. *Nat Neurosci* 2001;4:662–7.
- Morton N, Morris RG. Image transformation dissociated from visuospatial working memory. *Cogn Neuropsychol* 1995;12:769–91.
- Pylyshyn, Z.W., 2007. Things and Places: How the mind connects with the world (Jean Nicod Lectures Series). MIT Press, Cambridge.
- Rode G, Rossetti Y, Perenin MT, Boisson D. Geographic information has to be spatialized to be neglected: a representational neglect case. *Cortex* 2004;40:391–7.
- Servos P, Goodale MA. Preserved visual imagery in visual form agnosia. *Neuropsychologia* 1995;33:1383–94.
- Sheridan J, Humphreys GW. A verbal-semantic category-specific recognition impairment. *Cogn Neuropsychol* 1993;10:143–84.
- Sirigu A, Duhamel JR. Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. *J Cogn Neurosci* 2001;13:910–9.
- Vaughan L, Basak C, Hartman M, Verhaeghen P. Aging and working memory inside and outside the focus of attention: Dissociations of availability and accessibility. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 2008;15:703–24.
- Weber RJ, Castleman J. The time it takes to imagine. *Percept Psychophys* 1970;8:165–8.
- Young AW, Humphreys GW, Riddoch MJ, Hellawell DJ, de Haan EHF. Recognition impairments and face imagery. *Neuropsychologia* 1994;32:693–702.