



IDENTIFICATION D'IMAGES TACTILES: ROLE DE L'IMAGERIE VISUELLE

Samuel Lebaz, Delphine Picard

► To cite this version:

Samuel Lebaz, Delphine Picard. IDENTIFICATION D'IMAGES TACTILES: ROLE DE L'IMAGERIE VISUELLE. A.N.A.E. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 2019. hal-02152430

HAL Id: hal-02152430

<https://hal.science/hal-02152430>

Submitted on 11 Jun 2019

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

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

IDENTIFICATION D'IMAGES TACTILES: ROLE DE L'IMAGERIE VISUELLE

Samuel LEBAZ* et Delphine PICARD**

* Normandie Univ, UNIROUEN, Centre de Recherche sur les Fonctionnements et Dysfonctionnements Psychologiques - CRFDP, 76000 Rouen, France

** Aix Marseille Université, Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion - PSYCLE EA3273, 13621 Aix en Provence, France

Correspondant: Pr. Delphine PICARD, Aix Marseille Université, Centre PSYCLE EA3273, Maison de la Recherche, 29 avenue Schuman, 13621 Aix en Provence, France ; E-mail : delphine.picard@univ-amu.fr ; Tel. : (33) 04 13 55 37 56

RESUME: Identification d'images tactiles: rôle de l'imagerie visuelle

La question du rôle de l'imagerie visuelle sur l'identification haptique d'images tactiles (dessins aux traits en relief) est une question importante qui fait débat. En effet, si l'imagerie visuelle est nécessaire à la lecture d'images tactiles, alors les déficients visuels n'ayant aucune expérience et/ou imagerie visuelle ne peuvent accéder au contenu de ces images. Ce débat est toujours d'actualité, en raison de résultats contradictoires d'études comparatives déficients visuels/voyants quant à leurs capacités à traiter des images tactiles. Une revue de travaux expérimentaux sur le rôle de l'imagerie visuelle dans le traitement des images tactiles (cinq articles sélectionnés) montre que les contextes favorables à l'utilisation de l'imagerie visuelle facilitent le traitement des images tactiles. Toutefois, l'identification d'images tactiles peut être soutenue avec un taux de succès comparable par une variété de formes d'imagerie mentale (visuelle, visuo-spatiale, spatiale, kinesthésique, verbale), dont l'usage préférentiel dépend principalement du statut visuel du sujet. En somme, l'imagerie visuelle ne constitue pas une condition *sine qua non* au traitement des images tactiles, les formes d'imagerie mentale impliquées dans la compréhension des images tactiles étant plurielles, et variables selon les sujets.

Mots clés: image tactile; déficience visuelle; imagerie visuelle; imagerie mentale.

ABSTRACT: Tactile pictures identification: Role of visual imagery

The role of visual imagery on the haptic identification of tactile pictures (raised line drawings) is an important question that is debated. Indeed, if visual imagery is necessary to the processing of tactile pictures, then visually impaired people lacking visual experience and/or visual imagery cannot understand the content of tactile pictures. The debate is still current, due to diverging results obtained from studies comparing blind and sighted participants on their ability to identify raised line pictures. A review of experimental works on the role of visual imagery in the processing of tactile pictures (five selected papers) indicates that context that favors the use of visual imagery facilitates the processing of tactile pictures. However, the identification of tactile pictures can be sustained with a comparable level of success by a variety of types of mental imagery (visual, visuo-spatial, spatial, kinesthetic, verbal), which preferential use is dictated mainly by the subject's visual status. In sum, visual imagery is not

a *sine qua non* condition to tactile picture reading, the types of mental imagery involved in the understanding of tactile pictures being plural and changeable among subjects.

Key words: tactile picture; visual impairment; visual imagery; mental imagery.

RESUMEN: Identificación de imágenes táctiles: función de las imágenes visuales

El papel de las imágenes visuales en la identificación táctil de imágenes táctiles (dibujos en relieve) es una cuestión importante que se debate. De hecho, si las imágenes visuales son necesarias para el procesamiento de imágenes táctiles, las personas con discapacidad visual que carecen de experiencia visual y / o imágenes visuales no pueden acceder al contenido de estas imágenes táctiles. El debate sigue siendo actual, debido a los resultados divergentes que se obtuvieron de los estudios que comparaban a los participantes discapacitados visuales y videntes con su capacidad para identificar las imágenes táctiles. Una revisión de trabajos experimentales sobre el papel de las imágenes visuales en el procesamiento de imágenes táctiles (cinco artículos seleccionados) indica que el contexto que favorece el uso de imágenes visuales facilita el procesamiento de imágenes táctiles. Sin embargo, la identificación de imágenes táctiles puede sostenerse con un nivel comparable de éxito mediante una variedad de tipos de imágenes mentales (visuales, visuoespaciales, espaciales, kinestésicas, verbales), cuyo uso preferencial depende principalmente por el estado visual del sujeto. En resumen, las imágenes visuales no son una condición *sine qua non* para la lectura de imágenes táctiles, ya que las formas de imágenes mentales implicadas en la comprensión de las imágenes táctiles son plurales y variables según los sujetos.

Palabras clave: imágenes táctiles; deficiencia visual; imágenes visuales; imágenes mentales.

INTRODUCTION

Les "images tactiles" (Eriksson, 1998) sont des dessins dont les traits sont en relief (environ 1 mm) et peuvent être scannés avec les doigts de la main. Plusieurs techniques permettent d'obtenir des dessins aux traits en relief, l'utilisation d'un film sensible à la pression (e.g., papier Mylar¹) ou d'un papier sensible à la chaleur (e.g., papier Swell²) étant les deux procédés les plus couramment utilisés dans le cadre des recherches. L'intérêt de produire des images tactiles pour les déficients visuels est évidente du point de vue des informations très utiles que ces images peuvent traduire (e.g., plan de villes, images d'objets, etc.), mais la question de leur accessibilité au système haptique fait débat. En effet, bien que simplifiées, les images tactiles sont souvent un copier/coller d'images visuelles (e.g., tirées de la base d'images de Snodgrass & Vanderwart, 1980), requérant une connaissance minimale des conventions graphiques liées au dessin d'objets (e.g., technique d'occlusion partielle, représentation de la profondeur).

¹ Papier Mylar : dans le procédé de type Mylar, un film plastique est placé sur une surface en mousse ce qui permet, lorsqu'une pointe est appuyée sur le film, d'obtenir un embossage sur le verso.

² Papier Swell : permet d'imprimer les lignes ou surfaces voulues avec de l'encre noire sur un papier spécial sensible à la chaleur. Après impression, lorsque ce papier est placé dans un four, l'encre d'impression gonfle et crée ainsi un relief.

Les spécialistes du toucher ont longtemps avancé que le sens du toucher était essentiellement approprié pour la compréhension des objets tridimensionnels et des qualités de surface de ces objets (e.g., Lederman & Klatzky, 1987 ; Revesz, 1950). Toutefois d'autres chercheurs ont montré que des personnes aveugles pouvaient, dans une certaine mesure, comprendre et produire des dessins tactiles d'objets communs (e.g., Heller, 1989 ; Kennedy, 1993). Les revues de la littérature sur les capacités des voyants et des déficients visuels à identifier le contenu d'images tactiles (voir Heller, McCarthy & Clark, 2005 ; Picard & Lebaz, 2012) concluent que les configurations bidimensionnelles ne sont pas nécessairement problématiques pour le toucher, mais leur lecture par le système haptique reste une tâche complexe, avec ou sans déficience visuelle.

Dans cet article, nous questionnerons le rôle de l'imagerie visuelle sur la perception d'images tactiles aux traits en relief chez des sujets voyants et déficients visuels. Pour cela, nous rappellerons le débat autour du rôle de l'imagerie visuelle ainsi que les modèles théoriques en vigueur, puis nous procéderons à une revue de travaux expérimentaux sur le rôle de l'imagerie visuelle dans le traitement des images tactiles.

LE DEBAT AUTOUR DU ROLE DE L'IMAGERIE VISUELLE

La question du rôle de l'imagerie visuelle sur l'identification haptique de dessins aux traits en relief est une question importante qui fait débat. En effet, si l'imagerie visuelle est nécessaire (en tant que condition *sine qua non*) à la lecture d'images tactiles, alors les déficients visuels n'ayant aucune expérience et/ou imagerie visuelle ne peuvent accéder au contenu de ces images. Le débat est ancien, avec des positions tranchées qui, dans un premier temps, étaient en faveur du rôle central de l'imagerie visuelle. Ainsi, par exemple, Warren (1984) affirmait que le recodage visuel ou l'usage de l'imagerie visuelle était nécessaire pour une perception tactile adéquate des images. De même, Worchel (1951, p.27) écrivait que "la capacité à transformer des impressions tactilo-kinesthésiques en images visuelles conduisait à des scores significativement supérieurs dans tous les tests de perception tactile de formes", accordant à nouveau un rôle majeur à l'imagerie visuelle. Ce débat est toujours d'actualité, en raison de résultats contradictoires d'études comparatives déficients visuels/voyants quant à leurs capacités à traiter des images tactiles.

Chez l'adulte, les études comparant les capacités d'identification d'images tactiles d'objets communs chez des aveugles précoces³, aveugles tardifs⁴, et voyants travaillant sans voir, conduisent à des résultats divergents. Certaines études rapportent des différences significatives en défaveur des aveugles précoces par comparaison aux voyants (Lederman, Klatzky, Chataway, & Summers, 1990). D'autres, au contraire, montrent une supériorité de performance en faveur des aveugles tardifs sur les autres groupes (Heller, 1989). D'autres, enfin, montrent une supériorité de performance chez les aveugles tardifs et les voyants par rapport aux aveugles précoces (Heller, Calcaterra, Burson & Tyler, 1996 ; Thompson, Chronicle & Collins, 2006). Chez l'enfant, les études comparant les capacités d'identification d'images tactiles d'objets communs chez des déficients visuels et voyants travaillant sans voir rapportent également des résultats divergents. Certaines études montrent une supériorité de performance des enfants déficients visuels par rapport à leurs pairs voyants (D'Anguilli et al.,

³ Aveugles précoces (*early blind* en anglais) : le terme inclut les aveugles congénitaux, les aveugles de naissance, ainsi que les personnes devenues aveugles durant leur prime enfance avant la fin de la période d'amnésie infantile (0-3 ans).

⁴ Aveugles tardifs (*late blind*) : le terme inclut les personnes dont la cécité totale est apparue après trois ans. Cette apparition de la cécité peut prendre une forme brutale ou évolutive et être causée par maladie ou accident.

1998; Mazella, Albaret, & Picard, 2014; Pathak & Pring, 1989; Picard, Albaret, & Mazella, 2014). D'autres, toutefois, ne mentionnent pas de différence significative entre les deux groupes dans des tâches d'identification d'images tactiles complètes et incomplètes impliquant des enfants et des adolescents (Mazella, Albaret & Picard, 2016).

MODELES THEORIQUES

Le débat autour du rôle de l'imagerie visuelle dans le traitement des images tactiles oppose deux modèles théoriques, radicalement différents et qualifiés de "pessimiste" et "d'optimiste" par Kennedy et Bai (2002).

Le modèle "pessimiste" de Lederman, Klatzky, Chataway, et Summers (1990)

Lederman et collaborateurs (1990) affirment que le système haptique serait mal adapté à la lecture d'images. D'une part, les dessins aux traits en relief représentent des stimuli appauvris en raison de la quantité réduite d'information qui y est présente. Comparés aux objets tridimensionnels de la vie courante, qui varient à la fois sur leurs propriétés structurelles (i.e., forme, taille, volume) et matérielles (i.e., texture, dureté, température), les dessins bidimensionnels aux traits en relief offrent principalement des informations de forme (lignes de contour), et pour certains, parfois des éléments de texture. D'autre part, l'extraction lente et séquentielle de l'information structurelle par le toucher impose une forte charge en mémoire de travail (Loomis, Klatzky & Lederman, 1991). Leur modèle, communément nommé "modèle de médiation visuelle", envisage l'imagerie visuelle comme un processus central pour l'identification haptique d'images tactiles. L'observateur transformerait l'arrangement spatial tactile perçu en une image visuelle, laquelle serait ensuite identifiée grâce à l'expérience visuelle. Le modèle de médiation visuelle envisage quatre étapes dans l'identification de dessins d'objets communs aux traits en relief : l'exploration haptique (étape 1), le transfert ou la traduction de l'information haptique en une image visuelle (étape 2), l'identification du concept (étape 3), et la récupération du nom de l'objet (étape 4). A l'étape 2, les individus extraient les segments locaux du contour de l'image, les intègrent sous forme de représentations internes, et comparent les représentations ainsi créées avec ce qu'ils savent de la description d'objets communs. L'imagerie visuelle joue ainsi un rôle clé dans la construction d'une représentation interne de ce qui est traité haptiquement. Lederman et al. (1990) affirment que "les sujets adoptent le modèle de médiation visuelle, dans lequel les données haptiques sont traduites en images visuelles, qui sont par la suite traitées par le système visuel" (p. 58). Il est important de noter que les auteurs ne considèrent pas l'imagerie visuelle comme le seul et unique moyen de représentation des informations prises tactilement, mais comme le plus efficace. Ce modèle permet d'expliquer pourquoi les aveugles précoces (sans aucune expérience visuelle ou souvenir visuel conscient) présentent plus de difficultés à identifier des images tactiles que des aveugles tardifs et voyants (qui peuvent utiliser leur expérience visuelle et imagerie visuelle) (Lederman et al. 1990).

Le modèle "optimiste" de Kennedy (1993)

A l'opposé du modèle de médiation visuelle de Lederman (qui accorde un rôle central à l'expérience visuelle dans la lecture des images tactiles), Kennedy (1993) affirme que l'expérience visuelle n'est pas nécessaire pour interpréter des images tactiles. En effet, selon cet auteur, les images ne sont pas spécifiquement visuelles mais accessibles à la fois à la vision et au toucher. Leur perception serait relativement indépendante des capacités d'imagerie visuelle et/ou d'expérience visuelle des sujets. Dans le modèle "optimiste" de

Kennedy, l'identification de dessins aux traits en relief implique un traitement amodal dans la mesure où la trace graphique représente des changements abrupts dans le relief d'un objet, et que ces changements sont lisibles autant par le système haptique que par le système visuel. Plusieurs études de Kennedy et Heller convergent pour montrer que l'imagerie visuelle n'est pas nécessaire aux personnes aveugles pour comprendre (et produire) des images tactiles (voir e.g., Heller, McCarthy & Clark, 2005). De ce point de vue, les taux faibles d'identification observés dans les études se justifient principalement par une expérience limitée de la modalité haptique avec les dessins aux traits en relief. Cette position peut également expliquer les plus forts taux de performance observés par Heller (1989) chez des aveugles tardifs : ces derniers bénéficient d'une plus grande expérience tactile que les voyants, et d'une plus grande familiarité avec les conventions graphiques que les aveugles précoces.

REVUE DE TRAVAUX EXPERIMENTAUX

Que nous disent les travaux expérimentaux sur le rôle de l'imagerie visuelle dans le traitement des images tactiles ? Nous avons relevé cinq articles pertinents à ce sujet, utilisant chacun une méthodologie spécifique pour adresser la question qui fait débat.

Méthode 1: Imposer une visualisation des images tactiles traitées et mesurer le bénéfice apporté par ce procédé

Wijntjes, van Lienen, Verstijnen et Kappers (2008) ont utilisé une méthode originale, consistant à imposer à des adultes de visualiser les informations tactiles perçues en les dessinant (sketch), puis à mesurer le bénéfice apporté par ce procédé en comparant les performances d'identification d'images tactiles avant et après le procédé d'externalisation. Dans cette étude, des adultes jeunes (travaillant sans voir) devaient explorer tactilement 20 dessins d'objets communs (e.g., enveloppe, hache, pièce de puzzle, bateau, parapluie), imprimés sur de papier de type Swell et les identifier. Dans une seconde phase, les participants devaient dessiner ce qu'ils avaient perçu des images lors de leur exploration haptique. Les résultats ont montré une amélioration significative (à hauteur de 30%) du taux d'identification des images après production d'un sketch de l'image explorée manuellement. Ce phénomène montre que le fait d'externaliser et de visualiser l'information spatiale, acquise tactilement, au moyen de la technique du sketch s'avère bénéfique pour l'identification d'images a priori difficiles chez l'adulte voyant. L'effet positif d'externalisation paraît à première vue un argument en faveur de la théorie de la médiation visuelle (Lederman et al., 1990). Toutefois, Wijntjes et collaborateurs n'argumentent pas que le bénéfice apporté par une visualisation forcée des informations prises tactilement démontre qu'un processus de médiation visuelle soit en jeu dans l'identification d'images tactiles. Ils suggèrent que l'externalisation et la visualisation des informations spatiales par le procédé du sketch permettent de transformer une description mentale sérielle et difficile à identifier en une description plus simultanée et dès lors plus facile à identifier. En d'autres termes, selon ces auteurs, l'identification d'images par le système haptique ne serait pas limitée en raison d'un accès privilégié à l'identification d'objets par le système visuel, et du rôle central joué par le processus de médiation visuelle des informations prises haptiquement. Elle serait essentiellement limitée en raison des contraintes inhérentes de perception sérielle du système haptique.

Méthode 2: Modifier la position de la tête des sujets par rapport aux images et en mesurer l'influence sur le traitement des images tactiles

Scocchia, Stucchi et Loomis (2009) ont eu l'idée de modifier l'alignement tête du sujet/image tactile afin de vérifier expérimentalement le rôle central joué par le processus de médiation visuelle dans l'identification haptique de dessins aux traits en relief. Selon leur hypothèse, un alignement spatial tête/image faciliterait l'imagerie visuelle et amènerait à un taux d'identification correcte des images plus important qu'en cas de non alignement. Dans cette étude, des adultes voyants (travaillant sans voir) devaient identifier 18 dessins aux traits en relief (e.g., peigne, carotte, cuillère, pince à linge, tasse), imprimés sur du papier de type Swell. Les auteurs faisaient varier l'axe du regard des participants par rapport à la position du dessin. Dans la condition "alignement", le dessin était placé dans un axe identique au regard du participant (45° vers la gauche par rapport à l'axe normal du regard). Dans la condition "non-alignement", il était placé dans un angle de 90° par rapport au regard du participant (le participant avait le regard tourné à 45° vers la droite par rapport à l'axe normal du regard et le dessin était orienté à 45° vers la gauche par rapport à l'axe normal du regard). Les résultats ont montré que les taux d'identification des dessins alignés dans l'axe des participants étaient significativement supérieurs (43%) aux taux d'identification de dessins désaxés (32%). Scocchia et al. (2009) concluent que l'imagerie visuelle facilite l'identification haptique d'images tactiles chez les adultes voyants. Ils avancent que l'imagerie visuelle serait plus vivace et détaillée lorsque l'espace représentationnel est aligné avec la position de la tête et du regard, c'est-à-dire selon un point de vue égocentrique. De plus, l'imagerie visuelle faciliterait davantage l'identification haptique lorsque l'image visuelle induite lors de l'exploration haptique est congruente dans l'espace avec le stimulus.

Méthode 3 : Questionner les sujets sur les types d'imagerie mentale utilisés lors du traitement d'images tactiles

Picard, Lebaz, Jouffrais et Monnier (2010; Lebaz, 2011) ont directement questionné les participants de leur étude sur les types d'imagerie mentale qu'ils utilisaient pour traiter des images tactiles non figuratives, composées d'un agencement de segments rectilignes. Les participants étaient des adultes aveugles précoces, aveugles tardifs et voyants travaillant sans voir. Ils devaient explorer haptiquement des paires d'images et indiquer pour chaque paire si les deux stimuli étaient identiques ou non. Les auteurs ont relevé quatre types d'imagerie mentale: "visuo-spatiale" (les sujets imaginaient comment les différentes parties de l'image se combinaient en utilisant une visualisation), "verbale" (les sujets utilisaient des termes descriptifs spatiaux pour encoder et retenir la forme de l'image), "spatiale" (les sujets imaginaient comment des parties de l'image ou sa totalité s'organisaient sans recours à des indices visuels), "kinesthésique" (les sujets imaginaient comment des parties de l'image ou du tout s'organisaient en se basant sur les informations motrices ou kinesthésiques). Les résultats ont montré que si les trois groupes de sujets ne différaient pas significativement sur leurs performances (lesquelles étaient bonnes sans plafonner), ils disaient avoir recours à des formes d'imagerie différentes. Précisément, les aveugles précoces ont rapporté qu'ils utilisaient des stratégies non-visuelles (i.e., verbale, spatiale, kinesthésique), tandis que les aveugles tardifs disaient utiliser des formes visuelles (i.e., visuo-spatiale) et non-visuelles d'imagerie mentale. Enfin, les voyants ont indiqué avoir principalement recours à des formes visuelles d'imagerie. De façon intéressante, il n'y a pas eu de relation significative entre niveau de performance et type d'imagerie. Ces résultats ont amené Picard et collaborateurs (2010) à conclure que si la vision était la modalité préférée des sujets voyants, l'imagerie de type visuelle n'était pas la seule option possible pour traiter des informations prises haptiquement sur des images tactiles non figuratives. En l'occurrence, des formes verbales, motrices ou abstraites d'imagerie mentale pouvaient également soutenir le traitement de ces images en cas de déficience visuelle.

Méthode 4. Mesurer les capacités d'imagerie visuo-spatiale des sujets et leur influence sur le traitement d'images tactiles

Lebaz, Jouffrais et Picard (2012; Lebaz, 2011) ont mesuré les capacités d'imagerie visuo-spatiale d'adultes voyants afin d'établir trois groupes de "forts", "moyens" et "faibles imageurs", puis ont comparé leurs performances à une tâche d'identification haptique de dessins d'objets communs aux traits en relief. Dans cette étude, des adultes jeunes passaient une version révisée du test MPFB (*Minnesota Paper Form Board*; Likert & Quasha, 1941), un test très utilisé permettant une mesure objective des capacités d'imagerie visuo-spatiale (Denis, 2008). Ce test comprend une série de 64 formes géométriques; pour chaque forme géométrique, le sujet doit mentalement combiner des parties de figures abstraites séparées afin d'identifier la forme finale correcte résultant de l'assemblage des différentes parties. Les sujets disposent de 20 minutes seulement pour réaliser le maximum de séries. Les scores obtenus au MPFB varient de 0 (imagerie visuo-spatiale la plus faible) à 64 (imagerie visuo-spatiale la plus forte). A la suite de ce test, les adultes voyants (travaillant sans voir) devaient identifier 30 dessins aux traits en relief (e.g., oeil, clé, tasse, pince à linge, lunettes), imprimés sur du papier de type Swell. Les résultats ont montré que les jeunes adultes obtenaient un score moyen de 45.37 points (écart-type = 9.36, min = 25, max = 64) au test d'imagerie visuo-spatiale, et que leurs scores se distribuaient normalement. Trois groupes de taille équivalente de forts (score > 50), moyens (49 > score > 41) et faibles (score < 40) imageurs ont été créés sur la base des scores observés. Un effet significatif du facteur groupe a été observé sur les taux d'identification correcte des images tactiles, avec des performances plus élevées dans le groupe des forts imageurs (43%) que dans celui des faibles imageurs (26%). Ces résultats amènent les auteurs à conclure que l'imagerie visuo-spatiale joue un rôle dans le traitement haptique des images tactiles chez l'adulte voyant. Toutefois, ces résultats ne permettent pas de valider le modèle de médiation visuelle de Lederman, dans la mesure où le test utilisé mesure des aptitudes en imagerie visuo-spatiale et pas uniquement en imagerie visuelle. Aussi, Lebaz et collaborateurs suggèrent que des composants visuels et spatiaux pourraient opérer conjointement ou séparément dans le processus de translation des informations prises tactilement en image mentale.

Méthode 5. Tester différents effets d'interférence (visuelle, verbale) sur le traitement d'images tactiles

Holtby et D'Anguilli (2012) ont mis en place des conditions d'interférence visuelle ou verbale au cours de l'exploration d'images tactiles par des adultes voyants afin de tester l'influence respective de ces deux types d'interférence sur les taux de reconnaissance correcte des images présentées. Dans cette étude, des adultes jeunes devaient explorer tactilement une image cible puis trois alternatives (dont la cible et deux distracteurs), et indiquer si l'image cible se trouvait être la première, seconde, ou troisième image de la série. Au total 16 séries étaient présentées (e.g., pomme, ballon, tambour; peigne, règle, stylo), et les dessins étaient tous produits sur du papier Mylar et présentés sous un cache. Une partie des séries était traitée en condition "contrôle" (i.e., aucune interférence n'était introduite durant la tâche principale de lecture des images cibles). Une autre partie des séries était traitée en condition "interférente visuelle": dans ce cas, les sujets visionnaient passivement, en même temps qu'ils exploraient manuellement l'image tactile cible, des patterns changeant de points noirs et blancs sur un écran d'ordinateur. Cette tâche interférente (*Dynamic Visual Noise*; McConnell & Quinn, 2004) est une méthode classique et fonctionnelle pour empêcher l'imagerie visuelle (Lacey & Campbell, 2006). Enfin, une dernière partie des séries était présentée en condition

"interférente verbale": dans ce cas, les sujets devaient répéter automatiquement 'le' (*the*) en même temps qu'ils exploraient manuellement l'image tactile cible. Cette tâche interférente est habituellement utilisée pour créer une suppression articulatoire et empêcher la verbalisation mentale d'informations (Baddeley, 1986). Les résultats ont montré que les taux d'identification correcte des images cibles étaient inférieurs en conditions interférentes (82%) par rapport à la condition contrôle (89%), sans différence significative toutefois entre les deux conditions interférentes. Holtby et D'Anguilli (2012) suggèrent que les représentations de l'information tactile en mémoire pourraient être de nature multimodale, c'est-à-dire être représentées dans un double code, visuel et verbal. En effet, lorsque l'image cible doit être reconnue parmi trois alternatives, l'exactitude diminue avec l'interférence visuelle et la suppression articulatoire, suggérant que les tâches secondaires ont respectivement inhibé la formation d'images mentales visuelles et de descriptions verbales au cours de l'exploration haptique. Selon ces auteurs, l'imagerie visuelle n'est pas le seul processus impliqué dans la reconnaissance d'images tactiles. Au contraire, des stratégies visuelles et verbales semblent être utilisées pour retenir en mémoire de travail une information prise tactilement.

CONCLUSION

En guise de synthèse, les travaux expérimentaux référencés plus haut s'accordent à montrer que, chez l'adulte voyant, les contextes favorables à l'utilisation de l'imagerie visuelle aident le traitement des images tactiles (Wijntjes et al., 2008; Scocchia et al., 2009). S'il ne fait pas de doute que l'imagerie visuelle puisse être impliquée dans le traitement haptique des images chez le sujet voyant, les travaux expérimentaux suggèrent qu'elle n'est pas l'unique forme d'imagerie en jeu dans les tâches d'identification ou de reconnaissance d'images tactiles. En effet, comme le suggèrent différents travaux impliquant des sujets voyants et/ou déficients visuels (Holtby & D'Anguilli, 2012; Lebaz et al., 2012; Picard et al., 2010), l'identification d'images tactiles peut être soutenue par une variété de formes d'imagerie mentale (visuelle, visuo-spatiale, spatiale, kinesthésique, verbale), dont l'usage préférentiel dépend principalement du statut visuel du sujet. Ainsi, des aveugles précoces vont préférer des formes non-visuelles d'imagerie tandis que des aveugles tardifs mobiliseront des formes visuelles et non-visuelles d'imagerie pour résoudre la même tâche. Enfin, des sujets voyants auront préférentiellement recours à l'imagerie visuelle, conformément au caractère dominant de la vision pour ces sujets (Rock & Victor, 1964). En somme, l'imagerie visuelle ne constitue pas une condition *sine qua non* au traitement des images tactiles, les formes d'imagerie mentale impliquées dans la compréhension des images tactiles étant plurielles, et variables selon les sujets (i.e., fonction de leur statut visuel, degré d'expérience visuelle, ou aptitude d'imagerie visuo-spatiale). Ces conclusions nous amènent à réviser le modèle de médiation visuelle proposé par Lederman et collaborateurs (1990) en considérant plusieurs formes d'imagerie mentale.

Finalement, si l'imagerie visuelle n'est pas une condition *sine qua non* au traitement haptique des images tactiles, comment expliquer alors que percevoir des images tactiles reste une tâche difficile qui conduit à des taux de réussite modestes ? En d'autres termes, quels sont les autres mécanismes en jeu ? Différents facteurs, internes ou externes au sujet, ont pu être évoqués dans la littérature pour rendre compte de la difficulté qu'éprouvent les sujets voyants et déficients visuels à traiter des images tactiles (Fernandes & Albuquerque, 2012; Picard & Lebaz, 2012). D'une part, des facteurs "internes" à l'individu (i.e., propres au sujet ou aux caractéristiques de son système perceptivo-moteur) concernent a) les contraintes inhérentes au système haptique (i.e., faible résolution spatiale, intégration séquentielle des informations, forte charge en mémoire de travail, et étroitesse du champ perceptif, Klatzky, Loomis,

Lederman, Wake, & Fujita, 1993 ; Lederman et al., 1990 ; Loomis et al., 1991 ; Symmons & Richardson, 2000 ; Thompson, Chronicle, & Collins, 2003 ; Wijntjes et al., 2008), b) le manque de familiarité avec les images tactiles (Heller, 1989; Heller, Calcaterra, Burson, & Tyler, 1996), c) le manque de familiarité avec les conventions purement visuelles de dessin (Klatzky et al., 1993 : Millar, 1975 ; Thompson et al., 2003, 2006), d) les limites dans les capacités d'imagerie visuelle (Heller et al., 1996 ; Lederman et al., 1990 ; Scocchia et al., 2009 ; Thompson et al., 2003, 2006 ; Puspitawati, Jebrane, & Vinter, 2013; Warren, 1984 ; Worchel, 1951), e) la difficulté de planification et de contrôle des mouvements d'exploration (Magee & Kennedy, 1980 ; Symmons & Richardson, 2000), f) la variabilité dans l'efficacité des stratégies d'exploration (Heller, 1989 ; Loomis et al., 1991 ; D'Angiulli et al., 1998 ; Vinter, Fernandes, Orlandi, & Morgan, 2012; Wijntjes et al., 2008), et g) l'âge (Overvliet, Wagemans, & Krampe, 2013). D'autre part, des facteurs "externes" à l'individu (i.e., liés aux images tactiles proposées et à la tâche) concernent a) le caractère appauvri des images tactiles en tant que stimuli (Klatzky et al., 1993 ; Lederman & Klatzky, 1987 ; Lederman et al., 1990), b) le manque d'information sémantique sur l'image (catégorie d'appartenance, Heller et al., 1996), c) la taille réduite du dessin (Kennedy & Bai, 2002 ; Wijntjes et al., 2008), et d) l'ambiguïté et la complexité des lignes du dessin, notamment lorsque des informations de profondeur sont présentes (Kalia & Sinha, 2012; Kennedy & Bai 2002 ; Lederman et al., 1990 ; Overvliet et al., 2013; Theurel, Witt, Claudet, Hatwell, & Gentaz, 2013; Thompson et al., 2003, 2006). Un des enjeux des recherches à venir sur le traitement des images tactiles sera d'obtenir une compréhension globale des mécanismes en jeu dans la lecture des images tactiles, en spécifiant leurs poids respectifs et leurs interrelations.

REFERENCES

- BADDELEY, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- D'ANGUILLI, A., KENNEDY, J. M., & HELLER, M. A. (1998). Blind children recognizing tactile pictures respond like sighted children given guidance in exploration. *Scandinavian Journal of Psychology*, 39, 187-190.
- DENIS, M. (2008). Assessing the symbolic distance effect in mental images constructed from verbal descriptions: A study of individual differences in the mental comparison of distances. *Acta Psychologica*, 127, 197-210.
- ERIKSSON, Y. (1998). *Tactile pictures: Pictorial representations for the blind*. Gothenburg: Gothenburg University Press.
- FERNANDES, A. M., & ALBUQUERQUE, P. B. (2012). Tactual perception: A review of experimental variables and procedures. *Cognitive Processing*, 13, 285-301.
- HELLER, M. A. (1989). Picture and pattern perception in the sighted and blind: The advantage of the late blind. *Perception*, 18, 379-389.
- HELLER, M. A., CALCATERRA, J. A., BURSON, L. L., & TYLER, L. A. (1996). Tactual picture identification by blind and sighted people: Effects of providing categorical information. *Perception & Psychophysics*, 58, 310-323.
- HELLER, M. A., MCCARTHY, M., & CLARK, A. (2005). Pattern perception and pictures for the blind. *Psicologica*, 26, 161-171.
- HOLTBY, R.C., & D'ANGIULLI, A. (2012). The effects of interference on recognition of haptic pictures in blindfolded sighted participants: the modality of representation of haptic information. *Scandinavian Journal of Psychology*, 53(2), 112-8.
- KALIA, A. A., & SINHA, P. (2012). Tactile picture recognition: Errors are in shape acquisition or object matching? *Seeing and Perceiving*, 25, 287-302.
- KENNEDY, J. M. (1993). *Drawing and the blind*. New Haven: Yale University Press.

- KENNEDY, J. M., & BAI, J. (2002). Haptic pictures: Fit judgments predict identification, recognition memory, and confidence. *Perception*, 31, 1013-1026.
- KLATZKY, R. L., LOOMIS, J. M., LEDERMAN, S. J., WAKE, H., & FUJITA, N. (1993). Haptic identification of objects and their depictions. *Perception & Psychophysics*, 54, 170-178.
- LACEY, S. & CAMPBELL, C. (2006). Mental representation in visual/haptic crossmodal memory: Evidence from interference effects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 361-376.
- LEBAZ, S. (2011). *Perception haptique d'images aux traits en relief par des individus aveugles et voyants*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse II.
- LEBAZ, S., JOUFFRAIS, C., & PICARD, D. (2012). Haptic identification of raised-line drawings: High visuospatial imagers outperform low visuospatial imagers. *Psychological Research*, 76, 667-675.
- LEDERMAN, S. J., & KLATZKY, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19, 342-368.
- LEDERMAN, S. J., KLATZKY, R. L., CHATAWAY, C., & SUMMERS, C. (1990). Visual mediation and the haptic recognition of two-dimensional pictures of common objects. *Perception & Psychophysics*, 47, 54-64.
- LIKERT, R., & QUASHA, W. H. (1941). *Revised Minnesota Paper Form Board*. New York: The Psychological Corporation.
- LOOMIS, J. M., KLATZKY, R. L., & LEDERMAN, S. J. (1991). Similarity of tactual and visual picture recognition with limited field of view. *Perception*, 20, 167-177.
- MAGEE, L. E., & KENNEDY, J. M. (1980). Exploring pictures tactually. *Nature*, 278, 287-288.
- MAZELLA, A., ALBARET, J.-M., & PICARD, D. (2014). Find the missing element! Haptic identification of incomplete pictures by sighted and visually impaired children In M. Auvray, & C. Duriez (Eds.), *EuroHaptics 2014, Part II, Lecture notes in Computer Science* (vol. 8619, pp. 27-33). Berlin Heidelberg: Springer.
- MAZELLA, A., ALBARET, J.-M., & PICARD, D. (2016). Haptic-2D: A new haptic test battery assessing the tactual abilities of sighted and visually impaired children and adolescents with two-dimensional raised materials. *Research in Developmental Disabilities*, 48, 103-123.
- MCCONNELL, J. & QUINN, J. G. (2004). Complexity factors in visuo-spatial working memory. *Memory*, 12, 338-350.
- MILLAR, S. (1975). Visual experience or translation rules? Drawing the human figure by blind and sighted children. *Perception*, 4, 363-371.
- OVERVLIET, K. E., WAGEMANS, J., & KRAMPE, R. T. (2013). The effects of aging on haptic 2D shape recognition. *Psychology and Aging*, 28, 1057-1069.
- PATHAK, K., & PRING, L. (1989). Tactual picture recognition in congenitally blind and sighted children. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 337-350.
- PICARD, D., & LEBAZ, S. (2012). Identifying raised-line drawings by touch: A hard-but not impossible-task. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(7), 427-431.
- PICARD, D., ALBARET, J.-M., & MAZELLA, A. (2014). Haptic identification of raised-line drawings when categorical information is provided: A comparison between visually impaired and sighted children. *Psicologica*, 35, 277-290.
- PICARD, D., LEBAZ, S., JOUFFRAIS, C., & MONNIER, C. (2010). Haptic recognition of two-dimensional raised-line patterns by early blind, late blind and blindfolded sighted adults. *Perception*, 39, 224-235.
- PUSPITAWATI, I., JEbrane, A., & VINTER, A. (2014). Local and global processing in blind and sighted children in a naming and drawing task. *Child Development*, 85, 1077-1090.
- REVESZ, G. (1950). *The psychology and art of the blind*. London: Longmans, Green.

- ROCK, I., & VICTOR, J. (1964). Vision and touch: An experimentally created conflict between the two senses. *Science*, 143, 594-596.
- SCOCCHIA, L., STUCCHI, N., & LOOMIS, J. M. (2009). The influence of facing direction on the haptic identification of two-dimensional raised pictures. *Perception*, 38, 606-612.
- SNODGRASS, J. G., VANDERWART, M. A. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 174-215.
- SYMMONS, M., & RICHARDSON, B. (2000). Raised line drawings are spontaneously explored with a single finger. *Perception*, 26, 621-626.
- THEUREL, A., WITT, A., CLAUDET, P., HATWELL, Y., & GENTAZ, E. (2013). Tactile picture recognition by early blind children: The effect of illustration technique. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 19, 233-240.
- THOMPSON, L. J., CHRONICLE, E. P. & COLLINS, A. F. (2006). From 3-D objects to 2-D pictures: Enhancing 2-D tactile picture design from knowledge of 3-D haptic object recognition. *European Psychologist*, 11, 110-118.
- THOMPSON, L. J., CHRONICLE, E. P., & COLLINS, A. F. (2003). The role of pictorial convention in haptic picture perception. *Perception*, 32, 887-893.
- VINTER, A., FERNANDES, V., ORLANDI, O., & MORGAN, P. (2012). Exploratory procedures of tactile images in visually impaired and blindfolded sighted children: How they relate to their consequent performance in drawing. *Research in Developmental Disabilities*, 33, 1819-1831.
- WARREN, D. H. (1984). *Blindness and early childhood development*. New York: American Foundation for the Blind.
- WIJNTJES, M. W. A., VAN LIENEN, T., VERSTIJNEN, I. M., & KAPPERS, A. M. L. (2008). Look what I have felt: Unidentified haptic line drawings are identified after sketching. *Acta Psychologica*, 128, 255-263.
- WORCHEL, P. (1951). Space perception and orientation in the blind. *Psychological Monographs*, 65, 1-28.