



HAL
open science

Pensée visuelle et imagerie mentale dans l'autisme : revue de la littérature

Clara Bled, Lucie Bouvet

► **To cite this version:**

Clara Bled, Lucie Bouvet. Pensée visuelle et imagerie mentale dans l'autisme : revue de la littérature. 2023. hal-04317786

HAL Id: hal-04317786

<https://hal.science/hal-04317786>

Preprint submitted on 1 Dec 2023

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.

Pensée visuelle et imagerie mentale dans l'autisme : revue de la littérature

Clara Bled¹ & Lucie Bouvet¹

¹Centre d'Etudes et Recherches en Psychopathologie et Psychologie de la Santé, Toulouse, France

Résumé

Le trouble du spectre de l'autisme est défini par des déficits persistants dans la communication et les interactions sociales, mais également par des particularités sensorielles et perceptives. Par ailleurs, les personnes autistes sont régulièrement décrites comme ayant une pensée visuelle. L'hypothèse d'une « pensée en image » dans l'autisme, bien que souvent reprise dans la littérature, a peu de preuves expérimentales. Cette revue de littérature a donc pour objectif d'évaluer si les personnes autistes ont effectivement une pensée plus en image. Nous nous sommes donc intéressés aux manifestations de la pensée visuelle via l'imagerie mentale et à la présence d'un style cognitif visuel dans l'autisme.

La littérature nous indique que l'imagerie mentale partage des mécanismes sous-jacents communs avec la perception. Il est également retrouvé d'importantes capacités perceptives chez les personnes autistes ce qui nous amène à nous interroger sur leurs capacités d'imagerie mentale. En effet, les personnes autistes ont d'importantes capacités à manipuler leurs images mentales. Ces capacités semblent recruter un réseau cérébral différent des personnes typiques. De plus, les personnes autistes semblent présenter des images mentales involontaires plus fréquemment, et avoir plus souvent recours à l'utilisation de stratégies visuelles dans leur quotidien que les personnes typiques.

Ces données vont dans le sens de l'hypothèse d'un style cognitif visuel dans l'autisme. Cependant, les capacités d'imagerie mentale dans l'autisme restent à être évaluées plus spécifiquement en prenant en compte l'importante hétérogénéité des profils cognitifs. De même, l'impact de cette imagerie mentale développée dans l'autisme reste à être exploré.

Mots clés : Autisme, pensée visuelle, imagerie mentale, style cognitif.

Abstract

Autism spectrum disorder is defined by persistent deficits in communication and social interactions, but also by sensory and perceptual particularities. In addition, people with autism are regularly described as having a visual thinking. The “thinking in pictures” hypothesis in autism, although often cited in the literature, has little experimental evidence. This literature review therefore aims to assess whether people with autism actually think more in images. Hence, we were interested in the manifestations of visual thinking via mental imagery and the presence of a visual cognitive style in autism.

The literature tells us that mental imagery shares common underlying mechanisms with perception. Significant perceptual abilities are also found in autistic people, which leads us to question their mental imagery abilities. Indeed, people with autism have significant abilities to manipulate their mental images. These abilities appear to recruit a different brain network than typical people. In addition, people with autism seem to present involuntary mental images more frequently, and to resort more often to the use of visual strategies in their daily lives than typical individuals.

These data support the hypothesis of a visual cognitive style in autism. However, mental imagery abilities in autism remain to be assessed more specifically, taking into account the significant heterogeneity of cognitive profiles. Similarly, the impact of this developed mental imagery in autism remains to be explored.

Key words: Autism, visual thinking, mental imagery, cognitive style.

1. Introduction

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est défini par des déficits persistants dans la communication sociale et l'interaction sociale, et des modèles restreints et répétitifs de comportements, d'intérêts ou d'activités (American Psychiatric Association, 2013). La notion de « spectre » traduit l'existence de variations dans la sévérité, l'âge d'apparition des symptômes ou l'association à d'autres troubles. En prenant en compte l'hétérogénéité et les particularités individuelles, le spectre permet de définir différentes capacités dans les domaines du langage, de la perception, de la motricité ou d'autres habiletés. La présence de particularités sensorielles est maintenant reconnue dans ce trouble et leur prévalence peut varier de 30 à 100% selon les études (Watling et al., 2001). Il est intéressant de noter que, même si les difficultés sensorielles ne sont pas spécifiques à l'autisme, elles sont plus présentes dans l'autisme que dans les autres troubles neurodéveloppementaux (Rogers et al., 2003) et persistent même à l'âge adulte et ce, malgré un QI élevé (Leekam et al., 2007). Au-delà de ces particularités comportementales et sensorielles, il existe également des particularités cognitives dans ce trouble principalement liées à ces atypies sensorielles (Mottron et al., 2006). En lien avec ces particularités cognitives, il a été émis une hypothèse selon laquelle les personnes autistes¹ auraient une pensée plus visuelle que les personnes typiques. Cette hypothèse d'une pensée en image dans l'autisme est une hypothèse souvent reprise dans la littérature (Kunda & Goel, 2011). Cependant cette hypothèse a assez peu d'assise scientifique puisqu'émanant principalement de témoignages autobiographiques (Grandin, 2009). L'objectif de cette revue de littérature est d'évaluer si les personnes autistes ont effectivement une pensée plus en image. Pour cela, nous allons nous intéresser plus particulièrement aux manifestations de cette pensée visuelle via l'imagerie mentale et la présence d'un style cognitif visuel dans l'autisme.

2. Imagerie mentale visuelle

2.1. Imagerie mentale visuelle et perception

¹ *Dans ce document, nous utilisons de manière indistincte un langage axé d'abord sur l'identité et la personne afin de refléter la diversité des préférences exprimées au sein de la communauté concernée (voir Geelhand et al. (2023) pour référence).*

L'imagerie mentale se définit comme l'évocation d'une représentation et de l'information sensorielle qui l'accompagne sans stimulus direct externe (J. Pearson et al., 2015). L'imagerie mentale visuelle est donc une activité cognitive caractérisée par le sentiment de « percevoir » en l'absence de percept. Elle joue donc un rôle central dans la cognition en nous permettant de nous souvenir, planifier le futur, se représenter l'espace et prendre des décisions. Il a longtemps existé un désaccord concernant la nature des représentations visuelles mentales (Bartolomeo, 2002). Un premier modèle, correspondant à la théorie « propositionnelle » de Pylyshyn, postule que les processus en œuvre dans l'imagerie mentale sont similaires à ceux de la pensée abstraite et non à ceux impliqués dans les perceptions. Le traitement de l'image mentale se fait exclusivement de façon propositionnel-descriptive, et non picturale, à la manière du langage (Pylyshyn, 2002). Un deuxième modèle, celui de la théorie « analogique » de Kosslyn (1988), postule que les perceptions visuelles et l'imagerie mentale visuelle partagent des opérations communes et reposent d'ailleurs sur des structures neuronales communes.

Le modèle analogique de Kosslyn (1988) est le modèle cognitif prédominant depuis maintenant quelques années dans le champ de l'imagerie mentale. Au centre de ce modèle se trouve une structure qui, d'une part, traite les informations provenant de la rétine et qui, d'autre part, sert de support aux représentations imagées. Cette structure est le « buffer visuel » qui, selon l'auteur, permet une articulation entre imagerie mentale et perception. Une fenêtre d'attention est également activée afin de permettre de sélectionner la région du buffer visuel où sont stockées les représentations pertinentes à un moment donné. Le buffer visuel est connecté à un système de codage des propriétés de l'objet (forme, couleur, texture) et à un système de codage des propriétés spatiales (localisation, orientation, taille). Les informations issues de ces deux systèmes vont ensuite converger vers la mémoire associative où elles seront associées aux informations sémantiques et lexicales issues du système d'encodage verbal. C'est à ce moment-là que l'objet pourra être identifié. Deux autres systèmes, celui de recherche des informations et celui du déplacement de l'attention, vont permettre un retour vers le buffer visuel et vont commander la fenêtre d'attention afin de confirmer ou infirmer le résultat du traitement perceptif. Au cours de l'imagerie mentale, le fonctionnement du système est inversé. Lorsque l'on visualise mentalement une image, la représentation visuelle n'est pas causée par une afférence sensorielle directe mais elle est générée à partir, notamment, de différentes informations mémorisées. Un seul et même buffer visuel est donc utilisé en bottom up pour les perceptions visuelles, et en top down pour l'imagerie mentale

visuelle. Ce « buffer visuel » correspondrait à une région occipitale qui aurait une organisation rétinotopique.

Selon le modèle de Kosslyn (1980), les perceptions visuelles et l'imagerie mentale visuelle partagent donc des opérations communes et reposent sur des structures neuronales communes incluant le cortex visuel primaire. En effet, il existe des prérequis anatomiques réciproques entre l'imagerie mentale visuelle et les perceptions visuelles. Il y a un fort consensus en faveur de l'implication des aires visuelles associatives dans l'imagerie mentale visuelle (i.e. la voie ventrale occipito-temporale et la voie dorsale occipito-pariétale). Des études ont également montré que le cortex visuel primaire contient des informations sur le contenu de l'imagerie mentale et qu'il est possible de décoder l'identité du stimulus présenté, de manière fiable, uniquement à partir des schémas d'activité neuronale dans le cortex visuel précoce que ce soit pendant une tâche de mémoire de travail ou d'imagerie mentale (Naselaris et al., 2015). De plus, ces schémas d'activation sont semblables à ceux évoqués par une stimulation visuelle ascendante, confirmant que les images mentales sont en effet de nature « perceptive » (Albers et al., 2013). Ces résultats suggèrent que le cortex visuel sert de « tableau noir » dynamique. En effet, les aires visuelles précoces (V1 et V2) encodent les caractéristiques de bas niveau pendant l'imagerie d'une manière similaire à celle de la perception (Naselaris et al., 2015).

La netteté avec laquelle nous sommes capables de nous représenter mentalement quelque chose (objet, visage ou autre) va varier d'un individu à l'autre. La vivacité reflète justement l'intensité des images mentales. Marks (1973), définit la vivacité comme la clarté et la netteté des images mentales suscitées chez l'individu, de façon similaire à une perception réelle (Paivio, 1971). Il a également été montré que la vivacité de l'imagerie mentale visuelle est corrélée positivement avec le niveau de chevauchement neuronal avec la perception visuelle, c'est-à-dire que plus l'imagerie mentale visuelle et la perception se recourent, plus la vivacité de l'imagerie mentale sera importante (Dijkstra et al., 2017). Cette découverte est très intéressante car elle suggère que la force et la richesse subjectives de l'image visualisée mentalement sont dépendantes du degré de similarité des structures représentationnelles. Les modèles récents de génération d'images visuelles mettent donc en évidence un réseau étendu de zones cérébrales partagées avec la perception visuelle, y compris des zones impliquées dans les fonctions visuelles, attentionnelles et exécutives, notamment les cortex occipital, pariétal et frontal (Dijkstra et al., 2017).

L'utilisation et la vivacité des représentations visuelles mentales varient donc grandement entre les individus. En effet, pour certaines personnes, l'imagerie mentale visuelle est exceptionnellement forte et presque aussi vivide que la perception réelle mais, pour d'autres, elle est très floue / faible voire complètement absente (Zeman et al., 2015, 2016, 2020). L'aphantasie est une condition de naissance et permanente, qui se caractérise par l'absence d'images mentales visuelles, ou par des images mentales vagues ou floues (Zeman et al., 2015, 2016, 2020). Par ailleurs, il a été trouvé des corrélations entre la vivacité des images mentales et la sensibilité sensorielle rapportées par questionnaires dans la population aphantasique et la population typique (Dance, Ward, et al., 2021). Ce lien a été confirmé, dans un second temps, grâce à des tests comportementaux évaluant la réactivité sensorielle (e.g. le pattern glare task) chez des personnes aphantasiques (Dance et al., 2021).

2.2. Imagerie mentale et style cognitif

L'imagerie mentale visuelle est souvent utilisée de manière volontaire, lorsqu'on se rappelle un souvenir ou qu'on l'utilise pour résoudre une tâche par exemple. Cette utilisation, plus ou moins importante, de l'imagerie mentale et donc de représentations visuelles peut se manifester sous la forme du « style cognitif ». Le style cognitif « visuel-verbal » est basé sur la théorie du double encodage selon laquelle l'information est traitée et représentée mentalement de deux manières : verbalement et visuellement (Paivio, 1991 ; voir Kozhevnikov, 2007 pour une revue de littérature). Il décrit donc des préférences pour le traitement des informations visuelles ou verbales. Mayer et Massa (2003) définissent le « style cognitif visuel-verbal » comme étant la pensée en images ou en mots. Ces préférences reflètent « des heuristiques et des usages individuels pour traiter des informations sur son environnement » (Kozhevnikov, 2007).

La représentation visuelle a longtemps été considérée comme étant de nature unitaire, mais Koshevnikov et son équipe ont mis en évidence deux types distincts d'imagerie mentale visuelle : l'imagerie « objet » et l'imagerie « spatiale » (Kozhevnikov, 2007; Kozhevnikov et al., 2002). L'imagerie « objet » permet des représentations picturales et analogues d'objets, tandis que l'imagerie « spatiale » permet davantage une représentation schématique des objets et des motifs ainsi que leurs relations dans l'espace. Bien que l'imagerie objet permette une représentation mentale visuelle d'objets individuels, elle ne se limite pas aux objets et peut

également permettre la représentation de scènes et de leurs caractéristiques (couleurs, vivacité, formes ou détails). De même, l'imagerie spatiale n'est pas limitée aux représentations dans l'espace et peut permettre de se représenter mentalement la relation spatiale entre les parties d'un objet, ainsi que les mouvements de l'objet et les transformations spatiales dynamiques des différents éléments de l'objet (Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009). Cette conception est étayée par les recherches en neurosciences montrant l'existence de deux voies neuronales distinctes pour le traitement des différents aspects de l'information visuelle (Farah et al., 1988; Kosslyn, 2005). La voie visuelle ventrale est dédiée au traitement de l'apparence visuelle des objets et des scènes en termes de forme, de couleur et de texture. La voie visuelle dorsale traite la localisation, le mouvement, les relations spatiales et les transformations des objets (Kosslyn et al., 2001; Mazard et al., 2004). De plus, les capacités visuo-spatiales sont associées à une utilisation plus importante de la voie visuelle dorsale (Lamm et al., 2001; Mayer & Massa, 2003) alors que les capacités « visuel objet » sont associées à une utilisation plus importante de la voie visuelle ventrale (Motes et al., 2008).

Dans ce contexte, les styles cognitifs « visuel objet » et « visuel spatial » font alors référence aux préférences ou habitudes d'un individu en matière de traitement de l'information et d'utilisation de l'imagerie mentale visuelle « objet » et / ou « spatiale ». Les « visualiseurs objets » ont, en effet, de bonnes performances lors de tâches d'imagerie mentale visuelle qui nécessitent une visualisation vivace des propriétés picturales d'objets (e.g. le test des objets dégradés dans lequel le participant doit réussir à identifier un objet à partir d'un dessin « dégradé ») tandis que les « visualiseurs spatiaux » ont de bonnes performances lors des tâches d'imagerie mentale visuelle qui impliquent la visualisation de représentations schématiques et de transformations spatiales (e.g. le test de rotation mentale) (Blajenkova et al., 2006; Kozhevnikov et al., 2005).

2.3. Imagerie mentale visuelle involontaire

L'imagerie mentale visuelle est souvent volontaire, comme vu précédemment, mais elle peut également être involontaire. Elle peut alors être décrite comme étant intrusive, le sujet ne pouvant exercer aucun contrôle dessus. Il semble y avoir une association entre les imageries mentales volontaire et involontaire. Cependant, la nature de ce lien n'est pas claire (Reeder, 2017). Ce phénomène d'imagerie mentale visuelle involontaire et intrusive est notamment

observé dans plusieurs psychopathologies comme le stress post traumatique, l'anxiété ou la schizophrénie (Brewin et al., 2010; D. G. Pearson et al., 2013).

Une imagerie mentale visuelle expérimentée de manière aussi vivide que la perception peut être désavantageuse car les individus pourraient confondre les images générées en interne avec la réalité extérieure, comme c'est le cas dans le phénomène d'hallucinations. En effet, les hallucinations peuvent également être liées à l'imagerie mentale visuelle car elles font référence à la perception de quelque chose qui n'est pas physiquement présent. Les patients atteints de psychose avec des hallucinations visuelles présentent d'ailleurs également une imagerie mentale visuelle plus vive que les patients atteints de psychose sans hallucinations (Aynsworth et al., 2017). Une imagerie mentale importante est donc observée chez des personnes présentant des pathologies avec des hallucinations telles que la schizophrénie (Benson & Park, 2013; Brébion et al., 2008; Oertel et al., 2009) mais également la maladie de Parkinson (Shine et al., 2015) ou le trouble de stress post-traumatique dans lequel les patients revivent des événements traumatiques passés sous la forme d'images mentales involontaires et intrusives (Brewin & Holmes, 2003; Stander et al., 2014). Ainsi, les résultats de ces études montrent une imagerie mentale visuelle volontaire supérieure chez les individus ayant une imagerie mentale visuelle involontaire très développée.

Une autre forme d'imagerie mentale involontaire mais, cette fois-ci, plus souvent décrite comme étant « positive », car associée à certaines capacités, est la synesthésie. La synesthésie est un phénomène subjectif où la perception d'un stimulus particulier provoque automatiquement une perception idiosyncratique dans la même modalité sensorielle ou dans une modalité sensorielle différente. Par exemple, l'écoute de la musique peut déclencher l'expérience des couleurs pour les synesthètes son-couleur (Simner et al., 2006) ou des goûts dans la bouche pour les synesthètes son-goût (Beeli et al., 2005), tandis que les synesthètes séquence-espace se représentent des unités de temps ou autres séquences (lettres, chiffres) dans des schémas spatiaux (e.g. avoir l'impression que les jours se déroulent en zigzag à travers le champ visuel, ou que les mois du calendrier s'enroulent autour de son corps) (Havlik et al., 2015). La variante de synesthésie la plus connue est la synesthésie graphème-couleur, dans laquelle les couleurs sont déclenchées par des chiffres ou des lettres (Meier & Rothen, 2013; Simner et al., 2006; Ward et al., 2005). Cette variante est relativement courante (touchant 1,1 à 1,5% des personnes ; Carmichael et al., 2015; Simner et al., 2006) et est la synesthésie la mieux comprise à ce jour (Simner et al., 2019).

La synesthésie peut donc être considérée comme une forme d'imagerie mentale involontaire (Craver-Lemley & Reeves, 2013) puisque la perception synesthésique résultante est automatique et involontaire (i.e. elles ne peuvent être inhibées). Ces associations ont pendant longtemps été considérées comme étant idiosyncrasiques, ne résultant pas d'un apprentissage et étant constantes dans le temps. Cependant, le caractère idiosyncratique et aléatoire des associations a été remis en question car des constances d'associations ont été trouvées même chez des personnes synesthètes et sont parfois identiques à celles de la population typique (e.g. la couleur rouge associée à la lettre A ; les sons aigus associés à des couleurs claires) (Rouw et al., 2014). Il serait alors possible que la synesthésie soit l'extrémité des patterns d'associations multimodales observées dans la population typique. Il existe par ailleurs des « preuves » comportementales de la « réalité » des associations synesthésiques telles que l'effet d'interférence « Stroop like » chez les synesthètes graphèmes couleur lors d'une tâche de recherche visuelle (Mattingley, 2009) mais aussi l'effet « pop out » chez des synesthètes graphèmes-couleurs lors de tâches de détection de forme pour lesquelles ils vont être plus rapides (Ramachandran & Hubbard, 2003).

Nous avons donc vu que l'imagerie mentale partage des mécanismes sous-jacents communs avec la perception. De plus, cette imagerie joue un rôle centrale dans la cognition, que ce soit de manière volontaire avec le style cognitif mais également de façon incontrôlée avec l'imagerie mentale involontaire. Les particularités sensorielles, de même que les importantes capacités perceptives chez les personnes autistes, nous amènent alors à nous interroger sur des capacités d'imagerie mentale chez ces personnes ainsi que leurs impacts sur la cognition et le style de pensée.

3. Capacités d'imagerie mentale visuelle dans l'autisme

3.1. Imagerie mentale visuelle volontaire dans l'autisme

Comme souligné précédemment, l'imagerie mentale visuelle et la perception activent les mêmes réseaux neuronaux et reposent sur les mêmes représentations dépendantes du contenu dans les aires visuelles (Kosslyn, 2005). Il est donc possible que les importantes capacités visuelles chez les personnes autistes (Samson et al., 2011) induisent de meilleures capacités

d'imagerie mentale visuelle chez elles. Des capacités d'imagerie mentales supérieures dans l'autisme ont, en effet, été mises en évidence dans la littérature. Par exemple, lors d'une tâche de jugement de taille d'une image mentale (e.g. « quelle partie de l'image est la plus grande ? »), les personnes autistes sont plus justes que les participants contrôles (Soulières et al., 2011). Il est intéressant de noter que ce sont les personnes autistes avec un niveau de réussite élevé à la tâche des cubes de Wechsler qui ont également de meilleures performances que les contrôles à la fois en justesse et en rapidité de jugement (Soulières et al., 2011). En effet, cela met en avant le lien entre les capacités d'imagerie mentale et les capacités visuelles et de raisonnement visuel chez ces personnes.

Les aptitudes d'imagerie mentale dans l'autisme ont été particulièrement évaluées via des tâches de rotation mentale qui implique la manipulation mentale d'images. Les résultats de plusieurs études indiquent des performances supérieures des personnes autistes par rapport aux contrôles lors de ces tâches de rotation mentale (Falter et al., 2008; Hamilton et al., 2009; A. Pearson et al., 2016; Soulières et al., 2011). Cependant, d'autres études ne mettent pas en évidence de telles différences (Beacher et al., 2012; Conson et al., 2013; Silk et al., 2006). Afin de mieux comprendre ces résultats divergents une méta-analyse a été conduite sur les performances des personnes autistes à certaines tâches visuo-spatiales dont la tâche de rotation mentale (Muth et al., 2014). Les résultats indiquent un avantage non significatif pour les personnes autistes par rapport aux personnes typiques pour les aspects de mémoire de travail, de traitement de l'information ou encore de prise de décision lors de la tâche de rotation mentale mais, aucun avantage concernant réellement les aspects de rotation dans l'espace per se (Muth et al., 2014). Il semble donc exister une grande variabilité dans les performances de rotation mentale qui peut, en partie, s'expliquer par l'hétérogénéité des profils cognitifs dans l'autisme. Il est, en effet, possible qu'uniquement certaines personnes autistes aient d'importantes capacités à manipuler ces images mentales. Comme décrit précédemment, il est possible que seules les personnes autistes ayant d'importantes capacités visuelles, démontrées avec un « pic » de compétence au test des cubes de Wechsler, présentent également un « pic » de capacité en manipulation des images mentales.

Si des différences ne s'observent pas systématiquement entre les personnes autistes et les personnes typiques au niveau comportemental, des différences s'observent néanmoins au niveau des activations cérébrales mises en évidence en IRM fonctionnelle. Des études ont révélé une diminution de l'activation neuronale frontale chez les personnes autistes dans les

régions associées à la mémoire de travail et aux fonctions exécutives, mais une augmentation des activités cérébrales postérieures (au niveau des aires visuelles) par rapport aux contrôles lors d'une tâche de rotation mentale. Il a également été observé une activité moins importante que chez les contrôles au niveau du cortex préfrontal (Hooven, 2004; Silk et al., 2006). Par conséquent, les personnes autistes solliciteraient davantage des aires perceptives visuelles et moins leur mémoire de travail pendant cette tâche d'imagerie mentale visuelle. D'un point de vue fonctionnel, il a été également démontré des sous profils d'activations (en IRMf), lors de la réalisation d'une tâche de rotation mentale, différents chez les personnes autistes ayant un pic de compétence au test des cubes de Wechsler et ceux sans pic de compétence. En effet, il a été trouvé des activations occipito-pariétale et fronto-occipital plus importantes dans le premier groupe que chez les personnes typiques (Thérien et al., 2022).

Les capacités d'imagerie mentale utilisées lors de tâches expérimentales semblent donc bien être plus développées chez les personnes autistes que chez les personnes au développement typique. Cependant, il existe une importante hétérogénéité dans ces résultats qu'il serait intéressant d'approfondir. Par ailleurs, on peut noter qu'à part les capacités de manipulation des images, les autres capacités d'imagerie mentale (la génération, la maintenance et l'inspection telles que définies par Kosslyn, 2006) ont été peu évaluées dans l'autisme. Ces différents résultats concernant l'utilisation volontaire de l'imagerie mentale. Les imageries volontaire et involontaire étant liées, on peut se questionner sur les manifestations de l'imagerie mentale involontaire dans l'autisme.

3.2. Imagerie mentale visuelle involontaire dans l'autisme

Chez les personnes autistes, il est souvent retrouvé une imagerie mentale visuelle involontaire plus importante que dans la population typique. En effet, plusieurs études ont montré un lien entre l'autisme et la synesthésie dans la mesure où les deux conditions coexistent avec une prévalence plus importante de synesthésie chez les personnes autistes que dans la population typique (Baron-Cohen et al., 2013; Neufeld et al., 2013). Neufeld et al. (2013), ont demandé à des adultes autistes de réaliser des tests d'association entre des lettres et des chiffres avec des couleurs. Les résultats, concernant la constance et la vitesse des associations, indiquent une prévalence de 17,2 % de synesthésie graphème-couleur chez des personnes autistes sans déficience intellectuelle associée (Neufeld et al., 2013) contre une prévalence de seulement 1,1 à 2,0 % de la population typique pour ce type de synesthésie (ou 4,6 % si l'on inclut les

autres types de synesthésie) (Simner et al., 2006). Ces résultats sont confirmés par l'étude de Baron-Cohen et al. (2013) qui met en évidence une prévalence de synesthésie (tout type confondu) de 18,9% chez des participants autistes versus chez 7,22% des sujets contrôles. Cette prévalence plus importante de la synesthésie dans l'autisme pourrait indiquer que l'autisme et le phénomène de synesthésie partagent des mécanismes sous-jacents en commun. La synesthésie et l'autisme partagent, d'ailleurs, certains facteurs causals biologiques tels que l'hyperconnectivité neuronale et la génétique (Baron-Cohen et al., 2013; Bouvet et al., 2019). En effet, il existe une forte composante génétique dans l'autisme mais aussi dans la synesthésie. La prévalence de la synesthésie est supérieure à 40% chez des personnes ayant un lien de parenté (premier ou second degré) avec une personne synesthète (Ward et al., 2005).

Si une prévalence plus importante de synesthésie est observée dans l'autisme, des études se sont interrogées si les personnes autistes et synesthètes partagent certaines caractéristiques cognitives et cérébrales. Ward et al., 2017 ont fait passer un questionnaire de sensibilité sensorielle ainsi que le quotient autistique (Autism spectrum Quotient ; AQ) à 35 personnes synesthètes et 86 contrôles. Ils ont observé que les synesthètes ont obtenu des scores de sensibilité sensorielle et des scores de « traits autistiques » élevés, particulièrement pour la sous-échelle attention aux détails de l'AQ. Les auteurs concluent alors que la synesthésie et l'autisme sont liés par des caractéristiques sensorielles et attentionnelles similaires (i.e. sensibilité sensorielle et attention aux détails importants). Ils ont également soumis leurs participants à des tâches de détection de changement et de figures emboîtées pour évaluer l'attention aux détails. Les synesthètes obtiennent de meilleurs résultats que les contrôles pour ces deux mesures (même s'ils ne différaient pas concernant les temps de réponse) (Ward et al., 2018). Il semblerait donc que les personnes synesthètes, comme les personnes autistes, présentent une importante attention aux détails (Van Leeuwen et al., 2019; Ward et al., 2017, 2018). Une autre similarité que partagent les synesthètes et l'autisme est la présence d'activations cérébrales atypiques. En effet, il a été montré chez les personnes autistes l'existence d'une activation proche des aires visuelles lorsqu'un stimulus auditif leur est présenté et une co-activation de certaines structures cérébrales adjacentes comme c'est le cas dans la synesthésie (Ramachandran & Hubbard, 2006). Cette activation d'aires associatives lors de perceptions dans l'autisme permet, en effet, de faire le lien avec la synesthésie. Par ailleurs, on retrouve une augmentation des connections dans les régions sensorielles mais aussi la modulation de ces connections par des aires de plus haut niveau dans les deux

conditions. De même, un défaut d'inhibition et une plus grande excitation corticale sont observés dans l'autisme comme dans la synesthésie (Dance, Jaquiery, et al., 2021).

La synesthésie n'est pas l'unique forme d'imagerie mentale visuelle involontaire rapportée dans l'autisme. En effet, il existe également des témoignages d'expériences d'images mentales visuelles involontaires sous la forme d'images intrusives dans l'autisme. Par exemple, lors d'une étude sur l'imagerie mentale involontaire (sous la forme d'images anxieuses) des auteurs ont constaté que les enfants autistes ont une plus grande probabilité de subir ces images anxieuses intrusives que leurs homologues typiques, et cela même s'ils ne sont pas anxieux (Ozsivadjian et al., 2017). De plus, des pathologies associées à une importante expérience d'imagerie mentale intrusive, telles que l'anxiété ou le stress post traumatique, sont également plus fréquentes chez les personnes autistes (Kerns et al., 2015; Van Steensel et al., 2011).

L'imagerie mentale involontaire reste très peu étudiée dans l'autisme et d'autant moins dans une approche d'introspection. Afin de mieux comprendre la forme de pensée des personnes autistes ainsi que leur vécu interne, nous abordons dans le chapitre suivant les études phénoménologiques existantes sur l'autisme.

4. Utilisation de l'imagerie mentale visuelle et style cognitif dans l'autisme

4.1. Etudes phénoménologiques

Peu d'études se sont interrogées sur l'expérience interne rapportées par les personnes autistes. Cependant, les quelques études menées semblent indiquer la présence de représentations visuelles plus fréquentes dans l'autisme. En 1993, Hurlburt a développé une méthode appelée la méthode « Descriptive Experience Sampling » (DES) afin d'explorer les expériences internes des personnes. Cette méthode consistait à porter, plusieurs jours de suite, un petit appareil qui bipait à intervalles aléatoires. Lorsqu'ils entendaient un bip, les participants devaient « figer » le contenu de leur pensée et l'écrire sur papier. Quatre grandes catégories d'expériences internes ont été identifiées : des expériences internes verbales (ou discours interne, « inner speech »), des images visuelles (ou représentations mentales visuelles), des pensées non symbolisées (ou ce qu'ils ont décrit comme étant une « pensée pure ») et des

sentiments (ou expériences émotionnelles). En utilisant cette méthode avec trois adultes Asperger, Hurlburt et al. (1994), ont été les premiers à explorer de manière systématique les formes de pensée des personnes autistes dans leur vie quotidienne. Ils ont constaté que ces trois personnes rapportaient principalement ou uniquement des pensées sous la forme de représentations visuelles, donc d'images mentales visuelles.

Plus récemment, Hare et al., (2015) ont également noté l'importance des représentations mentales visuelles dans la vie quotidienne des personnes autistes en utilisant une approche similaire connue sous le nom de méthodologie d'échantillonnage d'expérience (ESM). Avec l'ESM, les participants sont invités (grâce à un signal), plusieurs fois par jour pendant plusieurs jours consécutifs, à répondre à une série de questions. Les auteurs ont constaté que les formes de pensée les plus courantes chez les participants Asperger étaient les représentations visuelles mentales (40 %), suivies du discours interne (inner-speech, 37,5 %). En revanche, les participants contrôles ont principalement rapporté des pensées sous forme de discours interne (68,4 % contre seulement 19,1 % pour les pensées sous forme d'images mentales).

Dans une étude récente, nous avons également étudié la forme des représentations mentales et des expériences internes des personnes autistes dans leur vie quotidienne à l'aide d'un questionnaire en ligne. Nous avons constaté que les participants autistes rapportent une plus grande utilisation des représentations mentales visuelles, et donc de l'imagerie mentale visuelle, que les contrôles dans des situations de la vie quotidienne (remémoration, résolution de problèmes, anticipation, prise de décision, planification, compréhension et mémorisation) (Bled et al., 2021). Pour explorer et caractériser davantage les expériences internes des personnes autistes, les participants ont également répondu à des questions sur les caractéristiques phénoménologiques de base de leurs images mentales, notamment leur durée, leur niveau de détail et leur manipulation. Nous avons observé que les personnes autistes rapportent, plus fréquemment que les contrôles, avoir des images mentales visuelles très détaillées. Pour terminer, nous avons également exploré les expériences internes des participants à l'aide d'une question ouverte, afin d'évaluer l'utilisation des images mentales via une analyse textuelle de leur production écrite. Lors de la description de leurs expériences intérieures, les participants autistes ont utilisé des thèmes et un champ lexical visuel perceptif, tandis que les contrôles se sont davantage appuyés sur la description des événements avec un champ lexical du souvenir (Bled et al., 2021).

Ces trois études mettent en évidence l'utilisation plus fréquente de représentations visuelles dans l'autisme que dans la population typique. On peut également se questionner sur l'utilisation de stratégies visuelles dans des tâches expérimentales ne demandant pas explicitement l'utilisation volontaire de l'imagerie mentale.

4.2. Etudes comportementales

En 2011, Kunda et Goel ont émis l'hypothèse que certaines performances des personnes autistes peuvent être expliquées par une « pensée en image » et donc un style cognitif visuel, avec l'utilisation de stratégies visuelles et de l'imagerie mentale visuelle.

Un exemple de l'utilisation de stratégies visuelles chez les personnes autistes est un « effet de longueur des mots » réduit chez ces personnes au cours d'une tâche de rappel en série dans laquelle les mots sont présentés visuellement et les réponses sont données oralement. Étant donné que les personnes autistes mémorisent « l'image » des mots plutôt que le « son » des mots prononcés, la longueur des mots n'a qu'un impact minime sur la performance de rappel. Ce résultat suggère alors que les personnes autistes se fient davantage à des représentations visuelles (Whitehouse et al., 2006).

De plus, en condition de « double tâche », lorsqu'ils doivent, par exemple, réaliser une tâche de planification (e.g. test des tours de Londres) en même temps qu'une tâche verbale, les personnes autistes sont aussi performantes qu'en condition de « simple tâche » (Wallace et al., 2009). La suppression articulatoire (i.e. le fait que la modalité verbale soit utilisée pour la seconde tâche et donc indisponible pour la première) a un impact important chez les personnes typiques, car elles ont tendance à utiliser des stratégies verbales pour ce type d'exercice, mais n'aurait pas d'impact chez les personnes autistes (Wallace et al., 2009). En effet, lors d'une revue de la littérature, Williams et al., (2016) constatent que dans 6 études sur 7, la suppression articulatoire n'a pas d'effet chez les personnes autistes que ce soit pendant des tâches de planification (D. Williams et al., 2008) ou de flexibilité mentale (Russell-Smith et al., 2014). Ces auteurs émettent l'hypothèse que le langage interne, ou « inner speech », est moins utilisé chez les personnes autistes tout simplement car elles utiliseraient des stratégies alternatives visuelles avec l'imagerie mentale visuelle.

4.3. Etudes en imagerie cérébrale

En plus des résultats comportementaux décrits précédemment, il existe également des données en imagerie cérébrale indiquant une activation cérébrale atypique chez les personnes autistes. Ces études viennent confirmer l'utilisation de stratégies visuelles dans l'autisme. En effet, une plus grande activation du cortex visuel est observée chez les participants autistes et ce, au cours de différentes tâches. Par exemple, lors d'une tâche de mémoire de travail visuelle (N-back), une plus grande activation postérieure droite - partie du système visuel - est observée dans l'autisme par rapport aux contrôles (Koshino et al., 2005). De plus, les personnes autistes font davantage appel aux aires de perception visuelle et moins aux aires de mémoire de travail que les contrôles lors d'une tâche de recherche visuelle (Manjaly et al., 2007) et de rotation mentale de figures 3D (Silk et al., 2006). D'autre part, une méta-analyse a mis en évidence une allocation accrue des ressources fonctionnelles aux régions cérébrales associées au traitement visuel et à l'expertise dans l'autisme (Samson et al., 2012).

Ces activations cérébrales, plus visuelles chez les personnes autistes que les contrôles, ne se retrouvent pas uniquement lors de tâches évaluant les fonctions exécutives mais également lors de tâches impliquant le langage. Kana et al. (2006) ont évalué le jugement de phrases nécessitant, ou non, une représentation visuelle mentale (« high imagery » et « low imagery ») chez des personnes autistes et des contrôles en IRMf. Ils ont constaté que les aires spatiales et de langage ne sont pas aussi bien synchronisées chez les individus autistes que chez les contrôles. De plus, une activation des régions pariétale et occipitale (associées à l'imagerie mentale) est observée chez les personnes autistes pour la compréhension des deux types de phrase (« high imagery » et « low imagery »). Sahyoun et al. (2010) ont trouvé des résultats similaires lors d'une tâche de raisonnement pictural avec trois conditions : traitement visuo-spatial, traitement sémantique et traitement hybride (l'utilisation du langage peut faciliter la transformation visuo-spatiale) chez des enfants autistes et des enfants contrôles, en IRMf et imagerie par tenseur de diffusion. Leurs résultats ne montrent pas de différences entre les enfants autistes et les contrôles au niveau comportemental, mais les enfants autistes sont plus justes lors de la condition visuo-spatiale que lors des deux autres conditions. Les contrôles activent des régions occipitales et ventro-temporales (impliquées pour le raisonnement visuel) dans la condition visuo-spatiale et des régions plus antérieures (impliquées pour le raisonnement visuel) dans la condition sémantique. Les personnes autistes, elles, semblent activer des aires occipito-pariétales et temporo-ventrales et ce, peu importe la condition (Sahyoun et al., 2010). La connectivité réduite entre les aires frontales inférieures et les régions ventro-temporales entrainerait une mauvaise activation des régions frontales du

langage, mais ils « compenseraient » alors en activant les régions visuelles. Les personnes autistes utilisent donc l'imagerie mentale visuelle également pour s'aider à la compréhension du langage et au raisonnement verbal.

5. Conclusion

En conclusion, nous avons pu voir à travers ces différentes études que les personnes autistes ont des capacités d'imagerie mentale volontaire plus développées, même si les capacités d'imagerie mentale explorées se limitent à celles de la rotation mentale. Ces capacités semblent recruter un réseau cérébral différent des personnes au développement typique avec, notamment, une plus grande implication des aires sensorielles (i.e. le cortex visuel primaire). De plus, les personnes autistes semblent également présenter, de façon plus fréquente, des images mentales involontaires sous la forme de synesthésies. La synesthésie étant associée à une anxiété plus importante dans la population typique (Carmichael et al., 2019), il est alors possible que cette imagerie mentale involontaire développée chez les personnes autistes soit en lien avec la prévalence importante des troubles anxieux chez ces personnes. Cependant, il manque actuellement de données expérimentales pour étayer ce point.

Par ailleurs, l'ensemble des données discutées précédemment semblent s'intégrer dans un style cognitif visuel. En effet, les personnes autistes utilisent plus de représentations visuelles au quotidien. De plus, l'utilisation de stratégies visuelles, même lors de tâches comportementales ne ciblant pas directement les compétences visuelles, est souvent rapportée dans l'autisme avec l'observation d'une plus grande activation des régions occipitales (cortex visuel). L'ensemble de ces données vont alors dans le sens de l'hypothèse d'une pensée plus visuelle dans l'autisme.

Il est cependant important de nuancer les choses. Le fait que l'on observe, à l'échelle du groupe, l'utilisation plus fréquente de stratégies visuelles ou bien des performances plus élevées dans des tâches de rotation mentale ne veut pas dire que toutes les personnes autistes ont une « pensée en images ». Cela ne veut pas également dire que la pensée en images est spécifique à l'autisme mais indique, plutôt, qu'il existe une plus grande proportion de personnes autistes ayant une pensée plus visuelle que de personnes au développement typique. De futures recherches permettront de répondre plus précisément à cette question.

Bibliographie

- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Albers, A. M., Kok, P., Toni, I., Dijkerman, H. C., & de Lange, F. P. (2013). Shared Representations for Working Memory and Mental Imagery in Early Visual Cortex. *Current Biology*, 23(15), 1427–1431. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.05.065>
- Aynsworth, C., Nemat, N., Collerton, D., Smailes, D., & Dudley, R. (2017). Reality monitoring performance and the role of visual imagery in visual hallucinations. *Behaviour Research and Therapy*, 97, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.07.012>
- Baron-Cohen, S., Johnson, D., Asher, J., Wheelwright, S., Fisher, S. E., Gregersen, P. K., & Allison, C. (2013). Is synaesthesia more common in autism? *Molecular Autism*, 4(1), 40. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-4-40>
- Bartolomeo, P. (2002). The Relationship Between Visual Perception and Visual Mental Imagery: A Reappraisal of the Neuropsychological Evidence. *Cortex*, 38(3), 357–378. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70665-8](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70665-8)
- Beacher, F. D. C. C., Radulescu, E., Minati, L., Baron-Cohen, S., Lombardo, M. V., Lai, M.-C., Walker, A., Howard, D., Gray, M. A., Harrison, N. A., & Critchley, H. D. (2012). Sex Differences and Autism: Brain Function during Verbal Fluency and Mental Rotation. *PLoS ONE*, 7(6), e38355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038355>
- Beeli, G., Esslen, M., & Jäncke, L. (2005). When coloured sounds taste sweet. *Nature*, 434(7029), 38–38. <https://doi.org/10.1038/434038a>
- Benson, T. L., & Park, S. (2013). Exceptional visuospatial imagery in schizophrenia; implications for madness and creativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00756>
- Blajenkova, O., Kozhevnikov, M., & Motes, M. A. (2006). Object-spatial imagery: A new self-report imagery questionnaire. *Applied Cognitive Psychology*, 20(2), 239–263. <https://doi.org/10.1002/acp.1182>
- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2009). The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, 23(5), 638–663. <https://doi.org/10.1002/acp.1473>
- Bled, C., Guillon, Q., Soulières, I., & Bouvet, L. (2021). Thinking in pictures in everyday life situations among autistic adults. *PLOS ONE*, 16(7), e0255039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255039>
- Bouvet, L., Amsellem, F., Maruani, A., Tonus-Vic Dupont, A., Mathieu, A., Bourgeron, T., Delorme, R., & Mottron, L. (2019). Synesthesia & autistic features in a large family: Evidence for spatial imagery as a common factor. *Behavioural Brain Research*, 362,

266–272. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.01.014>

- Brébion, G., Ohlsen, R. I., Pilowsky, L. S., & David, A. S. (2008). Visual hallucinations in schizophrenia: Confusion between imagination and perception. *Neuropsychology*, 22(3), 383–389. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.22.3.383>
- Brewin, C. R., Gregory, J. D., Lipton, M., & Burgess, N. (2010). Intrusive images in psychological disorders: Characteristics, neural mechanisms, and treatment implications. *Psychological Review*, 117(1), 210–232. <https://doi.org/10.1037/a0018113>
- Brewin, C. R., & Holmes, E. A. (2003). Psychological theories of posttraumatic stress disorder. *Clinical Psychology Review*, 23(3), 339–376. [https://doi.org/10.1016/S0272-7358\(03\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S0272-7358(03)00033-3)
- Carmichael, D. A., Smees, R., Shillcock, R. C., & Simner, J. (2019). Is there a burden attached to synaesthesia? Health screening of synaesthetes in the general population. *British Journal of Psychology*, 110(3), 530–548. <https://doi.org/10.1111/bjop.12354>
- Carmichael, D. A., Down, M. P., Shillcock, R. C., Eagleman, D. M., & Simner, J. (2015). Validating a standardised test battery for synesthesia: Does the Synesthesia Battery reliably detect synesthesia? *Consciousness and Cognition*, 33, 375–385. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.02.001>
- Conson, M., Mazzarella, E., Frolli, A., Esposito, D., Marino, N., Trojano, L., Massagli, A., Gison, G., Aprea, N., & Grossi, D. (2013). Motor Imagery in Asperger Syndrome: Testing Action Simulation by the Hand Laterality Task. *PLoS ONE*, 8(7), e70734. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070734>
- Craver-Lemley, C., & Reeves, A. (2013). Is Synesthesia a Form of Mental Imagery? In S. Lacey & R. Lawson (Eds.), *Multisensory Imagery* (pp. 185–206). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5879-1_10
- Dance, C. J., Jaquierey, M., Eagleman, D. M., Porteous, D., Zeman, A., & Simner, J. (2021). What is the relationship between Aphantasia, Synaesthesia and Autism? *Consciousness and Cognition*, 89, 103087. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2021.103087>
- Dance, C. J., Ward, J., & Simner, J. (2021). What is the Link Between Mental Imagery and Sensory Sensitivity? Insights from Aphantasia. *Perception*, 50(9), 757–782. <https://doi.org/10.1177/03010066211042186>
- Dijkstra, N., Bosch, S. E., & van Gerven, M. A. J. (2017). Vividness of Visual Imagery Depends on the Neural Overlap with Perception in Visual Areas. *The Journal of Neuroscience*, 37(5), 1367–1373. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3022-16.2016>
- Falter, C. M., Plaisted, K. C., & Davis, G. (2008). Visuo-spatial Processing in Autism—Testing the Predictions of Extreme Male Brain Theory. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(3), 507–515. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0419-8>
- Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, 20(4), 439–462. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(88\)90012-6](https://doi.org/10.1016/0010-0285(88)90012-6)

- Geelhand, P., Papastamou, F., Belenger, M., Clin, E., Hickman, L., Keating, C. T., & Sowden, S. (2023). Autism-related language preferences of French-speaking autistic adults: An online survey. *Autism in Adulthood*. <https://doi.org/10.1089/aut.2022.0056>
- Grandin, T. (2009). How does visual thinking work in the mind of a person with autism? A personal account. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1522), 1437–1442. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0297>
- Hamilton, A. F. de C., Brindley, R., & Frith, U. (2009). Visual perspective taking impairment in children with autistic spectrum disorder. *Cognition*, *113*(1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.07.007>
- Hare, D. J., Wood, C., Wastell, S., & Skirrow, P. (2015). Anxiety in Asperger's syndrome: Assessment in real time. *Autism*, *19*(5), 542–552. <https://doi.org/10.1177/1362361314531340>
- Havlik, A. M., Carmichael, D. A., & Simner, J. (2015). Do sequence-space synaesthetes have better spatial imagery skills? Yes, but there are individual differences. *Cognitive Processing*, *16*(3), 245–253. <https://doi.org/10.1007/s10339-015-0657-1>
- Hooven, C. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*, *42*(6), 782–790. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.012>
- Hurlburt, R. T., Happé, F., & Frith, U. (1994). Sampling the form of inner experience in three adults with Asperger syndrome. *Psychological Medicine*, *24*(02), 385. <https://doi.org/10.1017/S0033291700027367>
- Kana, R. K. (2006). Sentence comprehension in autism: Thinking in pictures with decreased functional connectivity. *Brain*, *129*(9), 2484–2493. <https://doi.org/10.1093/brain/awl164>
- Kerns, C. M., Newschaffer, C. J., & Berkowitz, S. J. (2015). Traumatic Childhood Events and Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(11), 3475–3486. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2392-y>
- Koshino, H., Carpenter, P. A., Minshew, N. J., Cherkassky, V. L., Keller, T. A., & Just, M. A. (2005). Functional connectivity in an fMRI working memory task in high-functioning autism. *NeuroImage*, *24*(3), 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.09.028>
- Kosslyn, S. M. (1988). Aspects of a Cognitive Neuroscience of Mental Imagery. *Science*, *240*(4859), 1621–1626. <https://www.jstor.org/stable/1701012>
- Kosslyn, S. M. (2005). Mental images and the Brain. *Cognitive Neuropsychology*, *22*(3–4), 333–347. <https://doi.org/10.1080/02643290442000130>
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., & Thompson, W. L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, *2*(9), 635–642. <https://doi.org/10.1038/35090055>
- Kozhevnikov, M. (2007). Cognitive styles in the context of modern psychology: Toward an integrated framework of cognitive style. *Psychological Bulletin*, *133*(3), 464–481. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.3.464>
- Kozhevnikov, M., Hegarty, M., & Mayer, R. E. (2002). Revising the Visualizer-Verbalizer

- Dimension: Evidence for Two Types of Visualizers. *Cognition and Instruction*, 20(1), 47–77. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2001_3
- Kozhevnikov, M., Kosslyn, S., & Shephard, J. (2005). Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style. *Memory & Cognition*, 33(4), 710–726. <https://doi.org/10.3758/BF03195337>
- Kunda, M., & Goel, A. K. (2011). Thinking in Pictures as a Cognitive Account of Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(9), 1157–1177. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1137-1>
- Lamm, C., Windischberger, C., Leodolter, U., Moser, E., & Bauer, H. (2001). Evidence for Premotor Cortex Activity during Dynamic Visuospatial Imagery from Single-Trial Functional Magnetic Resonance Imaging and Event-Related Slow Cortical Potentials. *NeuroImage*, 14(2), 268–283. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0850>
- Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the Sensory Abnormalities of Children and Adults with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 894–910. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7>
- Manjaly, Z. M., Bruning, N., Neufang, S., Stephan, K. E., Brieber, S., Marshall, J. C., Kamp-Becker, I., Remschmidt, H., Herpertz-Dahlmann, B., Konrad, K., & Fink, G. R. (2007). Neurophysiological correlates of relatively enhanced local visual search in autistic adolescents. *NeuroImage*, 35(1), 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.036>
- Marks, D. F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64(1), 17–24. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1973.tb01322.x>
- Mattingley, J. B. (2009). Attention, Automaticity, and Awareness in Synesthesia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156(1), 141–167. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04422.x>
- Mayer, R. E., & Massa, L. J. (2003). Three Facets of Visual and Verbal Learners: Cognitive Ability, Cognitive Style, and Learning Preference. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 833–846. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.833>
- Mazard, A., Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F., Mazoyer, B., & Mellet, E. (2004). A PET meta-analysis of object and spatial mental imagery. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(5), 673–695. <https://doi.org/10.1080/09541440340000484>
- Meier, B., & Rothen, N. (2013). Grapheme-color synaesthesia is associated with a distinct cognitive style. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00632>
- Motes, M. A., Malach, R., & Kozhevnikov, M. (2008). Object-processing neural efficiency differentiates object from spatial visualizers. *NeuroReport*, 19(17), 1727–1731. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328317f3e2>
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced Perceptual Functioning in Autism: An Update, and Eight Principles of Autistic Perception. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 27–43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>

- Muth, A., Hönekopp, J., & Falter, C. M. (2014). Visuo-Spatial Performance in Autism: A Meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(12), 3245–3263. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2188-5>
- Naselaris, T., Olman, C. A., Stansbury, D. E., Ugurbil, K., & Gallant, J. L. (2015). A voxel-wise encoding model for early visual areas decodes mental images of remembered scenes. *NeuroImage*, 105, 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.10.018>
- Neufeld, J., Roy, M., Zapf, A., Sinke, C., Emrich, H. M., Prox-Vagedes, V., Dillo, W., & Zedler, M. (2013). Is synesthesia more common in patients with Asperger syndrome? *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00847>
- Oertel, V., Rotarska-Jagiela, A., van de Ven, V., Haenschel, C., Grube, M., Stangier, U., Maurer, K., & Linden, D. E. J. (2009). Mental imagery vividness as a trait marker across the schizophrenia spectrum. *Psychiatry Research*, 167(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2007.12.008>
- Ozsivadjian, A., Hollocks, M. J., Southcott, J., Absoud, M., & Holmes, E. (2017). Anxious Imagery in Children With and Without Autism Spectrum Disorder: An Investigation into Occurrence, Content, Features and Implications for Therapy. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(12), 3822–3832. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2840-3>
- Paivio, A. (1971). Imagery and language. In *Imagery* (pp. 7-32). Academic Press. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-635450-8.50008-X>
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 45(3), 255–287. <https://doi.org/10.1037/h0084295>
- Pearson, A., Marsh, L., Ropar, D., & Hamilton, A. (2016). Cognitive Mechanisms underlying visual perspective taking in typical and ASC children: Cognitive mechanisms of perspective taking. *Autism Research*, 9(1), 121–130. <https://doi.org/10.1002/aur.1501>
- Pearson, D. G., Deepro, C., Wallace-Hadrill, S. M. A., Heyes, S. B., & Holmes, E. A. (2013). Assessing mental imagery in clinical psychology: A review of imagery measures and a guiding framework. *Clinical Psychology Review*, 33(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2012.09.001>
- Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E. A., & Kosslyn, S. M. (2015). Mental Imagery: Functional Mechanisms and Clinical Applications. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(10), 590–602. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>
- Pylyshyn, Z. W. (2002). Mental imagery: In search of a theory. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(2), 157–182. <https://doi.org/10.1017/S0140525X02000043>
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2006). 432Synesthesia: What Does It Tell Us about the Emergence of Qualia, Metaphor, Abstract Thought, and Language? In J. L. van Hemmen & T. J. Sejnowski (Eds.), *23 Problems in Systems Neuroscience* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195148220.003.0022>
- Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2003). Hearing colors, tasting shapes. *Scientific*

- American*, 288(5), 52–59. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0503-52>
- Reeder, R. R. (2017). Individual differences shape the content of visual representations. *Vision Research*, 141, 266–281. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2016.08.008>
- Rogers, S. J., Hepburn, S., & Wehner, E. (2003). Parent Reports of Sensory Symptoms in Toddlers with Autism and Those with Other Developmental Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(6), 631–642. <https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000006000.38991.a7>
- Rouw, R., Case, L., Gosavi, R., & Ramachandran, V. (2014). Color associations for days and letters across different languages. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00369>
- Russell-Smith, S. N., Comerford, B. J. E., Maybery, M. T., & Whitehouse, A. J. O. (2014). Brief Report: Further Evidence for a Link Between Inner Speech Limitations and Executive Function in High-Functioning Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(5), 1236–1243. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1975-8>
- Sahyoun, C. P., Belliveau, J. W., Soulières, I., Schwartz, S., & Mody, M. (2010). Neuroimaging of the functional and structural networks underlying visuospatial vs. Linguistic reasoning in high-functioning autism. *Neuropsychologia*, 48(1), 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.013>
- Samson, F., Hyde, K. L., Bertone, A., Soulières, I., Mendrek, A., Ahad, P., Mottron, L., & Zeffiro, T. A. (2011). Atypical processing of auditory temporal complexity in autistics. *Neuropsychologia*, 49(3), 546–555. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.033>
- Samson, F., Mottron, L., Soulières, I., & Zeffiro, T. A. (2012). Enhanced visual functioning in autism: an ALE meta-analysis. *Human brain mapping*, 33(7), 1553–1581. <https://doi.org/10.1002/hbm.21307>
- Shine, J. M., Muller, A. J., O’Callaghan, C., Hornberger, M., Halliday, G. M., & Lewis, S. J. (2015). Abnormal connectivity between the default mode and the visual system underlies the manifestation of visual hallucinations in Parkinson’s disease: A task-based fMRI study. *Npj Parkinson’s Disease*, 1(1), 15003. <https://doi.org/10.1038/npjparkd.2015.3>
- Silk, T. J., Rinehart, N., Bradshaw, J. L., Tonge, B., Egan, G., O’Boyle, M. W., & Cunnington, R. (2006). Visuospatial Processing and the Function of Prefrontal-Parietal Networks in Autism Spectrum Disorders: A Functional MRI Study. *Am J Psychiatry*, 4.
- Simner, J., Hughes, J. E. A., & Sagiv, N. (2019). Objectum sexuality: A sexual orientation linked with autism and synaesthesia. *Scientific Reports*, 9(1), 19874. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56449-0>
- Simner, J., Mulvenna, C., Sagiv, N., Tsakanikos, E., Witherby, S. A., Fraser, C., Scott, K., & Ward, J. (2006). Synaesthesia: The Prevalence of Atypical Cross-Modal Experiences. *Perception*, 35(8), 1024–1033. <https://doi.org/10.1068/p5469>

- Soulières, I., Zeffiro, T. A., Girard, M. L., & Mottron, L. (2011). Enhanced mental image mapping in autism. *Neuropsychologia*, *49*(5), 848–857. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.027>
- Stander, V. A., Thomsen, C. J., & Highfill-McRoy, R. M. (2014). Etiology of depression comorbidity in combat-related PTSD: A review of the literature. *Clinical Psychology Review*, *34*(2), 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2013.12.002>
- Thérien, V. D., Degré-Pelletier, J., Barbeau, E. B., Samson, F., & Soulières, I. (2022). Differential neural correlates underlying mental rotation processes in two distinct cognitive profiles in autism. *NeuroImage: Clinical*, *36*, 103221. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2022.103221>
- Van Leeuwen, T. M., van Petersen, E., Burghoorn, F., Dingemans, M., & van Lier, R. (2019). Autistic traits in synaesthesia: atypical sensory sensitivity and enhanced perception of details. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, *374*(1787), 20190024. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0024>
- Van Steensel, F. J. A., Bögels, S. M., & Perrin, S. (2011). Anxiety Disorders in Children and Adolescents with Autistic Spectrum Disorders: A Meta-Analysis. *Clinical Child and Family Psychology Review*, *14*(3), 302–317. <https://doi.org/10.1007/s10567-011-0097-0>
- Wallace, G. L., Silvers, J. A., Martin, A., & Kenworthy, L. E. (2009). Brief Report: Further Evidence for Inner Speech Deficits in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(12), 1735–1739. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0802-8>
- Ward, J., Hoadley, C., Hughes, J. E. A., Smith, P., Allison, C., Baron-Cohen, S., & Simner, J. (2017). Atypical sensory sensitivity as a shared feature between synaesthesia and autism. *Scientific Reports*, *7*(1), 41155. <https://doi.org/10.1038/srep41155>
- Ward, J., Ipser, A., Phanvanova, E., Brown, P., Bunte, I., & Simner, J. (2018). The prevalence and cognitive profile of sequence-space synaesthesia. *Consciousness and Cognition*, *61*, 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.03.012>
- Ward, J., Simner, J., & Auyeung, V. (2005). A comparison of lexical-gustatory and grapheme-colour synaesthesia. *Cognitive Neuropsychology*, *22*(1), 28–41. <https://doi.org/10.1080/02643290442000022>
- Watling, R. L., Deitz, J., & White, O. (2001). Comparison of Sensory Profile Scores of Young Children With and Without Autism Spectrum Disorders. *American Journal of Occupational Therapy*, *55*(4), 416–423. <https://doi.org/10.5014/ajot.55.4.416>
- Whitehouse, A. J. O., Maybery, M. T., & Durkin, K. (2006). Inner speech impairments in autism: Inner speech impairments in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *47*(8), 857–865. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01624.x>
- Williams, D., Botting, N., & Boucher, J. (2008). Language in autism and specific language impairment: Where are the links? *Psychological Bulletin*, *134*(6), 944–963. <https://doi.org/10.1037/a0013743>
- Williams, D. M., Peng, C., & Wallace, G. L. (2016). Verbal Thinking and Inner Speech Use in

Autism Spectrum Disorder. *Neuropsychology Review*, 26(4), 394–419.
<https://doi.org/10.1007/s11065-016-9328-y>

Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2015). Lives without imagery – Congenital aphantasia. *Cortex*, 73, 378–380. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.05.019>

Zeman, A., Dewar, M., & Della Sala, S. (2016). Reflections on aphantasia. *Cortex*, 74, 336–337. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.08.015>

Zeman, A., Milton, F., Della Sala, S., Dewar, M., Frayling, T., Gaddum, J., Hattersley, A., Heurman-Williamson, B., Jones, K., MacKisack, M., & Winlove, C. (2020). Phantasia—The psychological significance of lifelong visual imagery vividness extremes. *Cortex*, 130, 426–440. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.04.003>