



HAL
open science

Bases cérébrales de la spécialisation hémisphérique de l'attention visuo-spatiale et des relations complémentaires entre l'attention spatiale et le langage

Laure Zago

► **To cite this version:**

Laure Zago. Bases cérébrales de la spécialisation hémisphérique de l'attention visuo-spatiale et des relations complémentaires entre l'attention spatiale et le langage. Les signatures neurobiologiques de la conscience, pp.107-116, 2021. hal-03369568

HAL Id: hal-03369568

<https://hal.science/hal-03369568v1>

Submitted on 7 Oct 2021

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.

5

Bases cérébrales de la spécialisation hémisphérique de l'attention visuo-spatiale et des relations complémentaires entre l'attention spatiale et le langage

Laure Zago

Groupe d'Imagerie Neurofonctionnelle
Institut des Maladies Neurodégénératives, UMR 5293
Université de Bordeaux

Abstract

Laure Zago studies the functional difference and the complementarity of the functions of the two hemispheres of the brain. This asymmetry has an impact on the phenomenology of consciousness, as shown for example by the non-awareness of certain stimuli in patients affected by certain unilateral brain lesions. It is moreover by questions concerning a concept linked to consciousness, namely attention, that Laure Zago approaches her point. She thus deals with the *attentional biases* assumed to be linked to lateralization; behavioral biases, of which she lists different types and describes their characteristics in patients with brain damage affecting the right hemisphere, in comparison with healthy subjects. She shows some results around the correlation between the importance of these biases and the intensity of the lateralization of the concerned processes. A final section takes up the question of the origin of the specialization entrusting visuospatial processes to the right hemisphere and those of language to the left hemisphere. The results seem to show that the population of left-handers (less than 10% of the general population) is a population to be favored for “understanding the rules for implementing hemispheric specialization of lateralized cognitive functions”.

La spécialisation hémisphérique (SH) ou dominance hémisphérique fait référence à la relation entre un ensemble de structures cérébrales d'un hémisphère donné et une fonction cognitive donnée. Cette latéralisation des fonctions est observée chez l'animal (1) mais c'est chez l'Homme que l'on observe un biais d'espèce. Alors que chez l'animal la SH peut varier d'un individu à l'autre, chez l'Homme il existe une faible variabilité entre les individus. Ainsi, la principale expression comportementale de la latéralisation est la préférence manuelle, avec, pour plus de 90% de la population humaine, une préférence de l'utilisation de la main droite pour effectuer des activités uni-manuelles quotidiennes.

Au niveau cérébral, les premiers travaux de M. Dax et ceux de P. Broca (2) au 19^{ème} siècle ont permis d'associer des troubles aphasiques (déficits de compréhension et/ou de production du langage) à la présence de lésions cérébrales de l'hémisphère gauche. Similairement, une lésion de l'hémisphère droit induit un syndrome d'hémi-négligence, défini comme un trouble attentionnel caractérisé par une perte (totale ou partielle) de conscience des stimuli localisés dans l'hémi-espace gauche de l'individu (3, 4). De nombreux travaux de neuropsychologie (5) et de neuroimagerie chez l'individu non cérébro-lésé (6) ont confirmé l'existence de ce biais de latéralisation cérébrale dans la population, avec l'hémisphère gauche hébergeant le langage et l'hémisphère droit intégrant les fonctions attentionnelles visuo-spatiales. Toutefois, l'origine et les mécanismes de la mise en place de cette SH complémentaire des fonctions latéralisées restent méconnus (7–9). En ce qui concerne la latéralisation du langage, celle-ci est cruciale pour un fonctionnement cognitif optimal, des formes atypiques de latéralisation pour le langage ayant été associées à une moindre efficacité cognitive (10, 11) et à certaines pathologies telles que les troubles développementaux du langage (12).

La SH constitue donc un principe fondamental de l'organisation cérébrale de l'Homme, dont la complexité vient d'être récemment reconsidérée à l'aide des nouvelles techniques de neuroimagerie (13–15).

Dans ce chapitre, nous décrivons nos contributions à la compréhension des réseaux latéralisés, et plus particulièrement sur les études des bases neurales de la SH de l'attention visuo-spatiale et de la SH complémentaire des fonctions du langage et de l'attention spatiale.

1. Latéralisation cérébrale de l'attention spatiale

Chaque jour, nous sommes confrontés à des quantités d'informations de nature différente, provenant de notre environnement extérieur et intérieur. Afin de réaliser des tâches et d'atteindre des buts, certaines de ces informations sont sélectionnées par nos capacités attentionnelles et traitées par les processus cognitifs, d'autres sont, au contraire, ignorées. Bien que nous puissions mobiliser et diriger avec précision nos ressources attentionnelles, notre capacité à contrôler notre attention n'est pas parfaite. D'une part, de nombreux

distracteurs peuvent interférer avec notre capacité à exécuter des tâches avec succès et d'autre part, la manière dont nous déployons notre attention dans l'environnement ne se fait pas de manière homogène. C'est cette dernière caractéristique que nous avons particulièrement étudiée, avec notamment l'étude des biais attentionnels.

2. Les biais attentionnels comportementaux chez l'adulte sain

Les biais attentionnels sont des biais comportementaux dont il a été proposé qu'ils reflèteraient la dominance de l'hémisphère droit pour les processus visuo-spatiaux attentionnels. Cette dominance hémisphérique biaiserait le déplacement de l'attention vers l'hémi-espace controlatéral à l'hémisphère recruté (16–18).

Ces biais comportementaux sont aisément observables et quantifiables chez le patient hémi-négligent présentant des lésions cérébrales postérieures droites qui déplace alors son attention uniquement dans l'hémi-espace droit et ignore l'hémi-espace gauche. Par exemple, *le biais de bissection* est évalué au cours du test de bissection de ligne qui consiste à barrer avec un crayon une ligne horizontale en son milieu (19). Ce biais se caractérise chez le patient par une évaluation du milieu largement décalée à droite. *Le biais de cochage* évalué au cours du test de cochage consiste à cocher une cible parmi des distracteurs (20). Chez le patient hémi-négligent, il se caractérise par un cochage des cibles sur la moitié droite de la feuille (21, 22).

Chez l'adulte non cérébro-lésé, ces biais sont aussi observables, mais de manière plus ténue, et se caractérisent à l'inverse des patients hémi-négligents par une exploration attentionnelle légèrement décalée vers l'hémi-espace gauche (23). Ces biais illustrent le phénomène de « pseudo-négligence », intitulé en référence au syndrome d'hémi-négligence. Des études comportementales indiquent que cette pseudo-négligence se développe au cours de l'enfance (24, 25) suggérant un lien avec la maturation cérébrale. Il a été également montré que ces biais sont modifiés dans des pathologies développementales telles que celles présentant des déficits de l'attention et dans une moindre mesure dans les troubles « dys ». A l'heure actuelle, les biais attentionnels tant au niveau comportemental que cérébral restent peu explorés chez l'adulte sain.

2.1 Les biais de pseudo-négligence

Une première étude comportementale effectuée sur un groupe de 50 témoins droitiers, nous a permis de mettre en évidence l'existence de biais de pseudo-négligence comportementale au cours d'une condition de jugement de bissection de ligne et d'une condition de cochage de cibles (26). De manière intéressante, nous avons montré que ces deux biais, bien que chacun d'eux en faveur d'une pseudo-négligence, n'étaient pas corrélés l'un à l'autre, indiquant qu'un témoin pouvait être biaisé dans une des conditions et pas dans l'autre. Ce

résultat suggère que ces deux biais ne reflètent pas les mêmes mécanismes associés à la pseudo-négligence, et supportent la mise en place d'études spécifiques à chacun des biais. De plus, cette absence d'association peut être mise en rapport avec l'existence de patients dissociés présentant, par exemple des déficits lors d'une tâche de bissection et une préservation des performances lors de la tâche de cochage (27).

Une deuxième étude comportementale effectuée sur un plus large échantillon incluant des droitiers et des gauchers, nous a permis de mettre en évidence que le biais de bissection est un biais multifactoriel, dont l'intensité et la direction résultent de l'intégration des processus attentionnels, mais également des traitements perceptifs et moteurs reliés à la réalisation de la tâche et enfin, des facteurs individuels de latéralisation tels que la préférence manuelle et la préférence oculaire. Ainsi, nous avons pu démontrer que le biais comportemental est majoré dans les conditions où ces différents facteurs produisant une potentielle activation cérébrale asymétrique coïncident (28). Notamment, le biais de bissection était maximisé lorsque le témoin était gaucher avec œil directeur droit, et utilisait sa main dominante gauche pour effectuer la bissection de stimuli localisés dans l'hémichamp gauche. Notre hypothèse est qu'au niveau cérébral, ces facteurs se conjuguent pour produire les conditions d'une asymétrie d'activation de différentes régions cérébrales en faveur de l'hémisphère droit.

2.2 Relation entre les biais attentionnels et la latéralisation cérébrale

Suite à la mise en évidence de biais comportementaux chez l'adulte, une deuxième étape a été d'identifier les bases cérébrales à l'origine de cette pseudo-négligence.

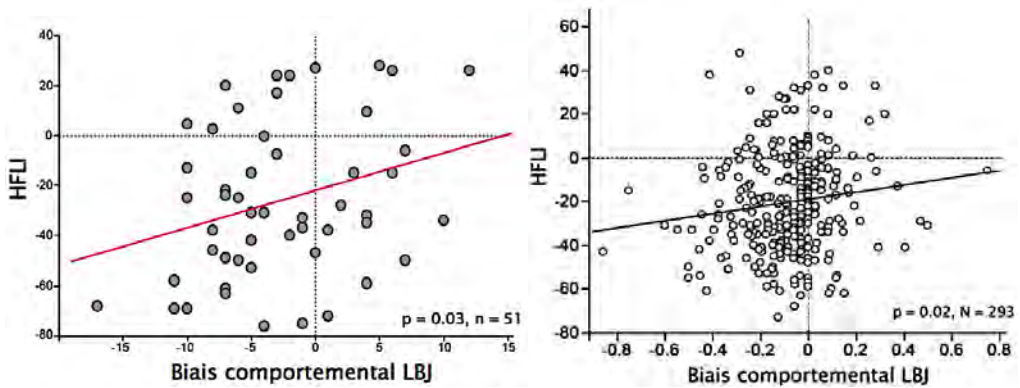


Figure 1. Corrélations entre les indices de latéralisation hémisphérique (HFLI) au cours de la tâche de jugement de bissection de ligne (LBJ, LBJ en anglais) et les valeurs individuelles de biais comportemental. Dans les deux études effectuées sur deux échantillons différents, cette association démontre que la latéralisation cérébrale droite (indices de HFLI négatifs) est associée à l'intensité de la pseudo-négligence (valeurs de biais négatives).

En utilisant une tâche de jugement de bissection de ligne (JLB), nous avons montré dans deux études différentes incluant un grand nombre de témoins que cette tâche recrute des

réseaux cérébraux asymétriques droits dont l'asymétrie fonctionnelle est prédictive du biais de pseudo-négligence comportemental (26, 29). Comme illustré dans la Figure 1, les témoins ayant une forte latéralisation droite sont ceux ayant un biais de pseudo-négligence important. Ainsi, le biais attentionnel est un marqueur de la latéralisation hémisphérique de l'attention visuo-spatiale.

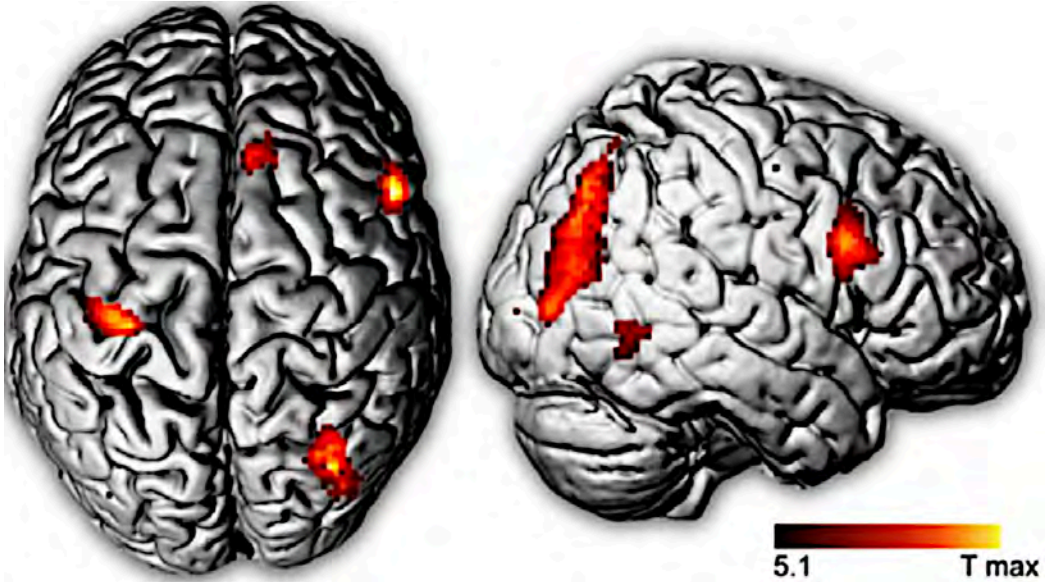


Figure 2. Régions cérébrales activées et asymétriques droites au cours de la tâche de LBJ comparé à une condition visuo-motrice de saccades visuellement guidées.

Concernant les régions cérébrales, nous avons mis en évidence l'implication asymétrique droite des régions postérieures occipito-pariétales, de la jonction occipito-temporale (JOT), et des régions antérieures comprenant le gyrus frontal inférieur, le gyrus frontal médian et l'insula antérieure (Figure 2).

Afin d'évaluer si les régions présentant une asymétrie droite chez les adultes sains étaient similaires à celles dont la lésion provoque une héli-négligence, nous avons comparé les réseaux asymétriques avec les cartes de probabilité de lésions de patients héli-négligents. Cette comparaison a démontré que certaines régions ventrales temporo-pariétales et frontales inférieures droites sont identiques à celles lésées de patients ayant un déficit spécifique à la bissection de ligne comparés à ceux ayant un déficit spécifique au cochage (29, 29) (Figure 3 en jaune)

Ces différents résultats permettent de conclure que ce réseau de régions latéralisé à droite pendant la tâche de bissection, sous-tend le biais comportemental de bissection. Les travaux sur les origines neurales des biais se poursuivent, ainsi que ceux visant à étudier la variabilité de la latéralisation des réseaux impliqués dans l'orientation de l'attention.

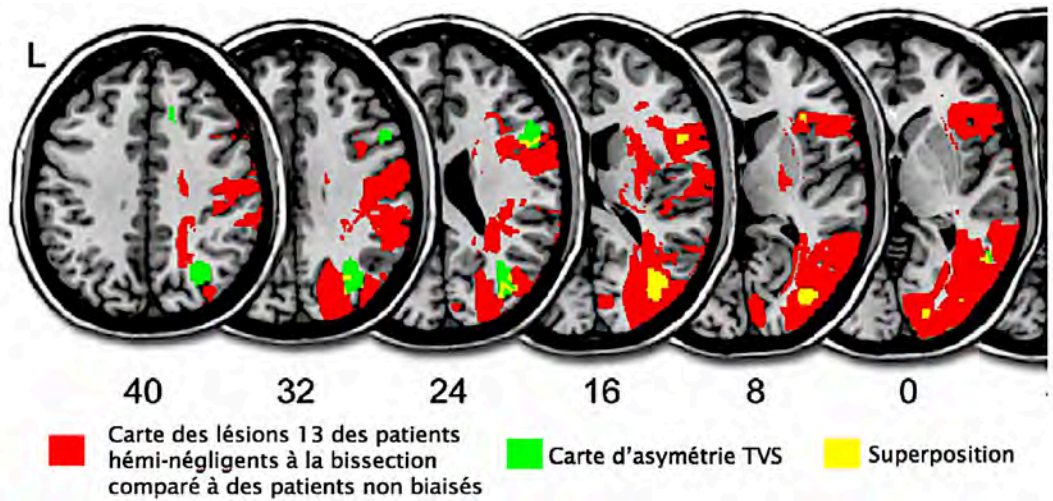


Figure 3. Superposition de la carte statistique d'asymétrie fonctionnelle de témoins sains au cours du jugement de bissection de ligne (en vert) et de la carte de lésions (> 20 %) de patients hémis-négligents présentant un déficit spécifique au test de bissection de ligne (en rouge, détails dans la figure 3 de Rorden et al., 2006). La superposition est en jaune.

Ces résultats sont complémentaires de ceux obtenus sur les bases neurales des saccades oculaires et de leur latéralisation. En effet, la spécialisation de l'hémisphère droit dans les processus d'attention spatiale est déjà observable dès le déplacement du regard permettant le déplacement du foyer attentionnel (30).

2.3 Latéralisation du réseau de déplacement du regard

Le plus souvent, le déplacement de l'attention s'effectue avec le déplacement du regard. Cette activité oculomotrice est donc la brique de base sur laquelle vont s'implémenter les processus attentionnels. Parmi le large réseau de régions pariéto-frontales bilatérales sous-tendant le déplacement du regard illustré dans la Figure 3, on remarque une latéralisation droite des activations dans les régions dorsales et ventrales du réseau du déplacement attentionnel (Figure 4, régions bleues).

Dans une deuxième étude, nous avons démontré que la force de la préférence manuelle et la préférence oculaire sont deux facteurs explicatifs de la variabilité de la latéralisation du réseau dorsal du déplacement attentionnel associé au déplacement du regard. Ainsi, les individus gauchers ayant une forte préférence manuelle gauche présentent une plus forte latéralisation droite du réseau fronto-pariétal dorsal que les droitiers. De plus, les gauchers avec un œil directeur droit sont plus latéralisés que les autres participants.

Nous avons fait l'hypothèse que ces sujets pourraient bénéficier d'un avantage en termes de traitement des informations plus rapide car l'hémisphère droit contrôle à la fois leur main dominante et les traitements visuo-spatiaux (31). Rappelons que c'est dans cette population de gauchers ayant un œil directeur droit que nous avons observé les plus forts biais de pseudo-négligence (28).

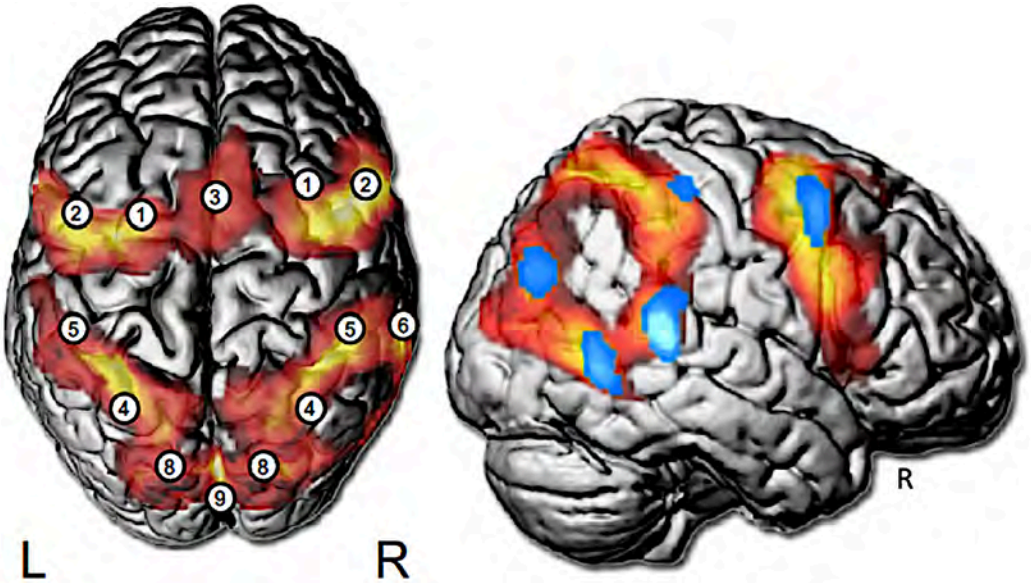


Figure 4. A gauche : Vue supérieure du cerveau illustrant les régions fronto-pariétales bilatérales impliquées dans le déplacement de regard au cours de saccades visuellement guidées comparée à une condition de fixation du regard. A droite : Vue latérale de l'hémisphère droit. En bleu, les régions cérébrales montrent une asymétrie droite du réseau de déplacement du regard (Petit, Zago et al. 2009).

3. Complémentarité hémisphérique des fonctions latéralisées

Dans la majorité de la population, l'hémisphère gauche est spécialisé pour le langage et l'hémisphère droit pour les processus visuo-spatiaux. Bien que les mécanismes et l'origine de cette mise en place restent largement méconnus, deux hypothèses ont été proposées afin de rendre compte de cette complémentarité hémisphérique (32). Une première hypothèse propose que la latéralisation gauche pour le langage est à l'origine de la latéralisation droite pour les fonctions visuo-spatiales. Cette hypothèse causale propose que ces latéralisations seraient associées (6, 33, 34, 34). La deuxième hypothèse intitulée l'hypothèse statistique considère que cette complémentarité est une norme statistique et que la latéralisation de ces deux fonctions s'effectue de manière indépendante (35).

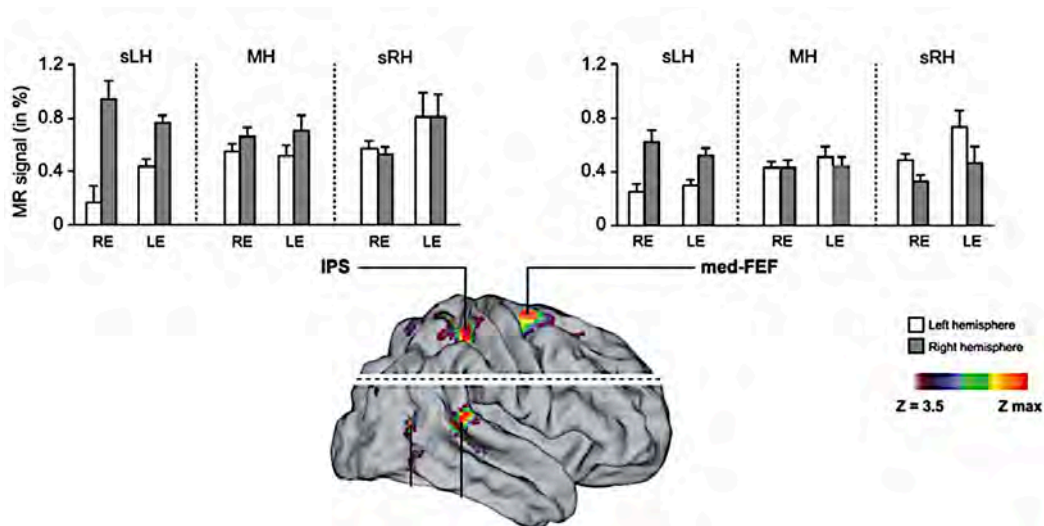


Figure 5. Régions cérébrales pour lesquelles il existe une interaction entre la force de la préférence manuelle (sLH = gauchers, MH = faiblement latéralisé, sRH = droitiers) et l'œil directeur (RE = œil directeur droit ; LE = œil directeur gauche) sur l'asymétrie fonctionnelle droite dans le sillon intrapariétal (IPS) et les champs oculomoteurs frontaux médians (med-FEF). Dans ces régions, la plus forte asymétrie droite est observée pour les témoins gauchers avec un œil directeur droit.

En analysant les résultats des différentes études en faveur de l'une ou de l'autre des hypothèses, nous avons identifié que l'inclusion de gauchers dans la population d'étude était un facteur de différence.

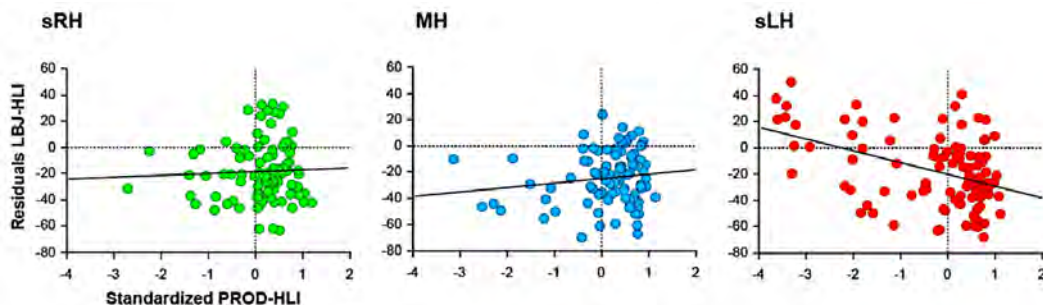


Figure 6. Corrélations entre les indices de latéralisation hémisphérique pour l'attention spatiale (LBJ-HLI) et le langage (PROD-HLI) en fonction de la force de la préférence manuelle (sRH = droitiers avec une forte préférence manuelle (vert) ; MH : témoins ne présentant pas une préférence manuelle marquée (bleu) ; sLH = gauchers avec une forte préférence manuelle (rouge). Les résultats montrent que la corrélation est significative uniquement chez les gauchers.

Nous avons donc proposé que la préférence manuelle pourrait être un facteur explicatif de la variabilité de la complémentarité. Afin de tester cette hypothèse, nous avons étudié une population de témoins volontaires sains incluant le même nombre de droitiers et de gauchers, testé la force de leur préférence manuelle et étudié les latéralisations cérébrales en IRMf au cours d'une condition de production du langage et d'une condition d'attention spatiale (jugement de bissection de ligne). Les résultats indiquent que la nature de la relation entre les latéralisations du langage et de l'attention spatiale est différente suivant la préférence manuelle. Ainsi, dans la majorité de la population incluant des droitiers et des sujets faiblement latéralisés pour leur main, il n'existe pas d'association entre la latéralisation hémisphérique du langage et celle de l'attention spatiale, résultat en faveur de l'hypothèse d'une indépendance de la complémentarité des fonctions. Par contre, nous avons découvert chez les gauchers fortement latéralisés de la main gauche une association entre les latéralisations cérébrales : plus un gaucher est latéralisé dans un hémisphère pour le langage et plus il sera latéralisé pour l'attention spatiale dans l'autre hémisphère.

Ce résultat très important indique que les règles d'organisation cérébrale diffèrent chez les gauchers. Cette population, qui représente moins de 10 % de la population générale, semble être la population « cible » pour la compréhension des règles de mise en place de la spécialisation hémisphérique des fonctions cognitives latéralisées. C'est ainsi avec cette population que l'on observe la plus grande variabilité de latéralisation des fonctions cognitives. Nos travaux se poursuivent et nous cherchons à comprendre les liens qu'entretiennent d'autres fonctions latéralisées telles que le calcul, le langage et l'attention.

Références

1. W. D. Hopkins, C. Cantalupo, *Current Directions in Psychological Science* **17**, 233 (2008).
2. L. Manning, C. Thomas-Antérion, *Rev Neurol (Paris)* **167**, 868 (2011).
3. M. Corbetta, G. L. Shulman, *Annu Rev Neurosci* **34**, 569 (2011).
4. H.-O. Karnath, *Neuropsychologia* **75**, 61 (2015).
5. M. P. Bryden, H. Hécaen, M. DeAgostini, *Brain Lang* **20**, 249 (1983).
6. G. Badzakova-Trajkov, I. S. Häberling, R. P. Roberts, M. C. Corballis, *PLoS One* **5**, e9682 (2010).
7. M. C. Corballis, *Prog Brain Res* **195**, 103 (2012).
8. M. S. Gazzaniga, *Brain* **123**, 1293 (2000).
9. A. Oleksiak, A. Postma, I. J. M. van der Ham, P. C. Klink, R. J. A. van Wezel, *Brain Res Rev* **67**, 56 (2011).
10. R. Everts *et al.*, *Hum Brain Mapp* **30**, 473 (2009).
11. E. Mellet *et al.*, *Neuropsychologia* **65**, 56 (2014).
12. D. V. M. Bishop, *Science* **340**, 1230531 (2013).
13. M. C. Corballis, *PLoS Biol* **12**, e1001767 (2014).
14. P. Y. Hervé, L. Zago, L. Petit, B. Mazoyer, N. Tzourio-Mazoyer, *Trends Cogn Sci* **17**, 69 (2013).
15. N. Tzourio-Mazoyer, M. Perrone-Bertolotti, G. Jobard, B. Mazoyer, M. Baciú, *Cortex* (2016).
16. D. Bowers, K. M. Heilman, *Neuropsychologia* **18**, 491 (1980).

17. M. Kinsbourne, in *The cerebral basis of lateral asymmetries in attention*, Ed. (North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1970), pp. 193-201.
18. M. M. Mesulam, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **354**, 1325 (1999).
19. K. M. Heilman, T. Van Den Abell, *Neuropsychologia* **17**, 315 (1979).
20. S. Weintraub, M. M. Mesulam, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **51**, 1481 (1988).
21. H. O. Karnath, S. Ferber, M. Himmelbach, *Nature* **411**, 950 (2001).
22. D. J. Mort *et al.*, *Brain* **126**, 1986 (2003).
23. G. Jewell, M. E. McCourt, *Neuropsychologia* **38**, 93 (2000).
24. K. Patro, H.-C. Nuerk, P. Brugger, *Journal of Experimental Child Psychology* **173**, 16 (2018).
25. M. Hausmann, K. E. Waldie, M. C. Corballis, *Neuropsychology* **17**, 155 (2003).
26. L. Zago *et al.*, *Neuropsychologia* **93**, 394 (2016).
27. C. Rorden, M. Fruhmann Berger, H.-O. Karnath, *Brain Res* **1080**, 17 (2006).
28. A. Ochando, L. Zago, *Frontiers in Psychology* **9**, (2018).
29. L. Zago *et al.*, *Neuropsychologia* **94**, 75 (2017).
30. L. Petit *et al.*, *J Neurophysiol* **102**, 2994 (2009).
31. L. Petit *et al.*, *Hum Brain Mapp* **36**, 1151 (2015).
32. M. P. Bryden, *Canadian Psychology* **31**, 297 (1990).
33. Q. Cai, L. Van der Haegen, M. Brysbaert, *Proc Natl Acad Sci U S A* **110**, 322 (2013).
34. J. L. Powell, G. J. Kemp, M. García-Finaña, *Neuroimage* **59**, 1818 (2012).
35. A. J. O. Whitehouse, D. V. M. Bishop, *Neuropsychologia* **47**, 1938 (2009).