

Héminégligence : L'apprentissage implicite auditif peut-il réduire les signes de négligence visuelle ?

Auteur : Servais, Anaïs

Promoteur(s) : Wansard, Murielle

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée en psychologie clinique

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/6008>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Année académique 2017-2018

**Héminégligence :
L'apprentissage implicite auditif peut-il
réduire les signes de négligence
visuelle ?**

*Mémoire présenté par Anaïs Servais en vue de l'obtention du grade de
Master en sciences psychologiques, à finalité psychologie clinique,
spécialité neuropsychologie*

Promotrice : Murielle Wansard

Lecteurs : Laurens Van Calster et Sylvie Willems



Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Année académique 2017-2018

**Héminégligence :
L'apprentissage implicite auditif peut-il
réduire les signes de négligence
visuelle ?**

*Mémoire présenté par Anaïs Servais en vue de l'obtention du grade de
Master en sciences psychologiques, à finalité psychologie clinique,
spécialité neuropsychologie*

Promotrice : Murielle Wansard

Lecteurs : Laurens Van Calster et Sylvie Willems

Rermerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Murielle Wansard. Je voudrais lui dire merci d'avoir proposé ce thème de recherche passionnant et de m'avoir encadrée pour que cette étude se déroule de la meilleure des façons. Je tiens également à remercier Marie Geurten et Vincent Didone pour leur disponibilité et leurs précieux conseils ainsi que les lecteurs de ce mémoire, Mme Willems et M. Van Calster, pour s'être intéressés à la thématique et avoir pris le temps de me lire.

Je remercie tous les neurologues, neuropsychologues et autres professionnels qui ont accepté de collaborer dans le recrutement des participants. J'ai une pensée particulière pour Dr. Dioh, Dr. Ly, Dr. Baecke, Dr. Jedidi, Dr. Peeters, Dr. Bouvy, Mme Bodart, Mme Piertot, Mme Lejeune, M. Lhoest, Mme Hirach, Mme Pham, M. Volvert, M. Carrio-Montes, Mme Vanderaspolden, Mme Lapeirre, Mme Thioux et Mme Lavis.

J'ai également une pensée pour toutes les personnes qui ont accepté de participer à l'étude et qui se sont prêtées au jeu, malgré des tâches pas toujours amusantes, car sans eux, ce mémoire n'aurait pas pu être mené à bien. Je leur adresse donc un tout grand merci.

Merci également à toutes les personnes qui m'ont soutenue tout au long de la réalisation de ce mémoire. Je voudrais spécialement remercier Théo pour sa présence et son soutien inconditionnel. Merci aussi à Marie, Camille, Julie et Eloïse, amies neuropsychologues, pour leur solidarité durant cette dernière année.

Je remercie également les membres de ma famille qui m'ont encouragée et apporté leur aide durant cette année, particulièrement à ma maman pour sa relecture consciencieuse et à mes grand-mères pour leur implication dans la recherche de participants tout-venant.

Enfin, merci à tous ceux qui m'ont apporté leur aide de près ou de loin et qui ont ainsi contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Table des matières

<i>Introduction</i>	5
<i>Contexte théorique</i>	6
1. Qu'est-ce que l'héminégligence ?	6
1.1 Définition et sémiologie.....	6
1.2 Troubles associés.....	7
1.3 Etiologie et lésions cérébrales	10
2. Processus attentionnels et hypothèses explicatives de l'héminégligence	11
2.1 Théorie d'un déficit dans les représentations mentales (Bisiach & Luzzati, 1978).....	11
2.2 Théories attentionnelles	12
2.2.1 Théorie intentionnelle (Heilman & Valenstein, 1979).....	12
2.2.2 Hypothèse du déséquilibre dans la balance inter-hémisphérique (Kinsbourne, 1987).....	13
2.2.3 Théorie du déficit dans le désengagement de l'attention (Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984).....	13
2.2.4 Orientation endogène <i>versus</i> exogène de l'attention	14
3. Qu'est-ce que l'apprentissage implicite ?	23
3.1 Apprentissage implicite de séquences visuelles dans l'héminégligence.....	27
3.2 Apprentissage implicite de séquences auditives dans l'héminégligence	30
4. Orientation attentionnelle en modalité auditive	33
5. Impact des stimulations auditives sur l'orientation attentionnelle	40
<i>Méthodologie</i>	45
1. Participants	45
2. Outils	47
2.1 Tests d'évaluation de la négligence spatiale unilatérale	48
2.2 Tâche expérimentale.....	48
2.2.1 Tâche de type Posner avec indiçage spatial visuel	49
2.2.2 Tâche de type Posner avec indiçage spatial auditif.....	50
2.3 Questionnaire post-expérience	51
3. Protocole	52
4. Hypothèses	53
5. Analyses statistiques	54
5.1 Analyses sur les TR pour l'apprentissage dans chacune des modalités	55
5.2 Analyses sur le bénéfice de la modalité auditive.....	55
5.3 Analyses selon la sévérité de la NSU	56
5.4 Analyses sur l'impact de la capacité à verbaliser	57
5.5 Analyses des tâches de discrimination.....	57

<i>Résultats</i>	57
1. Analyses pour le groupe contrôle (n=40)	57
1.1 Posner visuel : ANOVA à mesures répétées	57
1.2 Posner auditif : ANOVA à mesures répétées	58
1.3 Comparaison du facteur d'apprentissage pour les deux modalités : ANOVA à mesures répétées	59
2. Analyses pour le groupe NSU (n=21)	60
2.1 Posner visuel : ANOVA à mesures répétées	60
2.2 Posner auditif : ANOVA à mesures répétées	61
2.3 Comparaison du facteur d'apprentissage pour les deux modalités : ANOVA à mesures répétées	62
3. Analyses pour le groupe LD (n=12)	63
3.1 Posner visuel : ANOVA à mesures répétées	63
3.2 Posner auditif : ANOVA à mesures répétées	64
3.3 Comparaison du facteur d'apprentissage pour les deux modalités : ANOVA à mesures répétées	64
4. Analyses selon la sévérité de la NSU	67
5. Analyses sur l'influence de la verbalisation	70
6. Analyses des tâches de discrimination	75
<i>Discussion</i>	77
1. Interprétation des résultats	77
1.1 Interprétation des résultats obtenus pour le Posner visuel	77
1.2 Interprétation des résultats obtenus pour le Posner auditif	81
1.3 Interprétation de la comparaison entre les deux modalités	82
1.4 Interprétation des résultats concernant l'impact de la capacité à verbaliser	84
1.5 Interprétation des résultats obtenus aux tâches de discrimination	88
2. Limites et perspectives de recherche	88
3. Implications cliniques	91
<i>Conclusion</i>	95
<i>Bibliographie</i>	97

Introduction

Imaginez quelques instants : que se passerait-il si tout ce qui se situe sur votre gauche n'existait plus à vos yeux ? Vous pourriez ne manger que la moitié droite de votre assiette, vous ne prêteriez plus attention aux automobilistes arrivant sur votre gauche, vous pourriez être incapable de lire une lettre puisque pour vous, la partie gauche des mots et des phrases n'existerait pas, etc. Ce n'est ici qu'un bref échantillon des difficultés que vous seriez susceptibles de rencontrer si vous souffriez d'héminégligence. Effectivement, l'héminégligence, aussi appelée négligence spatiale unilatérale (NSU), est un trouble neuropsychologique survenant le plus fréquemment suite à un accident vasculaire cérébral (AVC) entraînant une lésion cérébrale dans l'hémisphère droit. Le patient atteint de NSU n'est alors plus capable de traiter et de réagir aux stimulations présentes dans l'espace gauche de son environnement (Azouvi, Samuel, & Louis-Dreyfus, 2000). La majorité des auteurs s'accordent pour dire que la NSU est un trouble de l'orientation attentionnelle, c'est-à-dire la capacité à orienter son attention dans l'espace (Heilman & Valenstein, 1979 ; Kinsbourne, 1987 ; Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984). Cependant, il est important de mentionner qu'il existe deux manières d'orienter son attention dans l'espace. D'une part, l'orientation *endogène* qui intervient lorsque l'individu oriente volontairement son attention sur certains éléments de l'environnement et, d'autre part, l'orientation *exogène* lorsque c'est un élément de l'environnement qui capte automatiquement l'attention de l'individu (Chica, Bartolomeo, & Lupianez, 2013 ; Bartolomeo & Chokron, 2002). Dans la NSU, c'est l'orientation attentionnelle exogène qui est altérée alors que l'orientation endogène semble préservée (Bartolomeo & Chokron, 2002 ; Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al., 2001 ; Làdavas, Carletti, & Gori, 1994 ; Smania et al., 1998). Néanmoins, dans leur vie quotidienne, les patients NSU ne semblent pas capables d'utiliser ces processus attentionnels endogènes pour compenser les difficultés qu'ils rencontrent. Ceci remet donc en question la nature réellement préservée de l'orientation attentionnelle endogène contrôlée dans la NSU (Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al., 2001 ; Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden, Geurten, et Meulemans, 2015). Par ailleurs, certains auteurs affirment qu'il existe une orientation endogène plus implicite qui ne nécessite aucunement l'intervention de processus volontaires et contrôlés (Bartolomeo, Decaix, & Siéoff, 2007 ; Chica et al., 2011 ; Risko & Stolz, 2010). Cette dernière affirmation

laisse entrevoir une perspective de prise en charge pour les patients NSU, à savoir, l'utilisation de processus implicites.

Plusieurs études montrent en effet que les capacités d'apprentissage implicite semblent relativement préservées chez les patients NSU (Geng & Berhmann, 2002 ; Shaquiri et al., 2013) et que ces derniers semblent capables de s'en servir pour réduire leurs signes de NSU lorsque les contingences spatiales visuelles sont gouvernées par des règles simples (Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al., 2015). Toutefois, seuls les patients dont la NSU est modérée sont capables d'apprendre et d'utiliser les relations statistiques pour réduire leur biais spatial lorsque l'apprentissage concerne des stimulations visuelles (Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al., 2015).

L'objectif de ce mémoire peut se résumer en une seule question : L'apprentissage implicite auditif peut-il réduire les signes de NSU ? Nous pensons que l'apprentissage implicite en modalité auditive pourrait permettre de réduire les signes de NSU et ce, même chez les patients présentant des signes de NSU sévères.

Contexte théorique

1. Qu'est-ce que l'héminégligence ?

1.1 Définition et sémiologie

L'héminégligence est un syndrome neuropsychologique très hétérogène et les manifestations cliniques peuvent différer d'un patient à l'autre. Différents types de négligence sont distingués : la négligence motrice, la négligence personnelle et la négligence spatiale. La négligence motrice peut faire référence à différentes manifestations comme par exemple le fait que le patient peut percevoir les stimuli contralésionnels, mais qu'il n'arrive pas à initier des mouvements vers ces stimuli. La négligence personnelle est caractérisée par le fait que le patient échoue à reconnaître certaines parties contralésionnelles de son propre corps comme lui appartenant. Et enfin, la négligence spatiale dont il est principalement question dans ce mémoire, sera ici comprise sous le terme « négligence spatiale unilatérale » (NSU). Les patients atteints de NSU sont incapables de traiter et de répondre aux stimuli présentés dans la partie de l'espace controlatérale à leur lésion cérébrale (Azouvi et al., 2000), ils présentent des difficultés à prendre en considération ce qu'il se passe du côté contralésionnel et se comportent comme si cette partie de l'espace n'existait pas (Azouvi et al., 2000 ; Heilman, Watson, & Valenstein, 2011). Dans la majorité des cas, la partie de l'espace

négligée est la partie gauche. Par exemple, un patient NSU peut ne manger que la moitié droite de son assiette, peut se cogner aux obstacles situés à sa gauche ou ne pas retrouver des objets situés à sa gauche, peut avoir des difficultés à lire la partie gauche des mots/pages, etc. Il s'agit donc d'un syndrome handicapant qui empiète sur tous les domaines de la vie. Il faut ajouter que la NSU peut se baser sur différents cadres de référence. Le premier cadre de référence est une négligence centrée sur le corps dans laquelle le patient oublie la partie gauche de son propre corps. Le deuxième référentiel est centré sur l'objet, c'est-à-dire que le patient ne prête pas attention à la partie gauche de chaque objet considéré de manière isolée. Le troisième référentiel est une négligence centrée sur l'environnement où le patient ne prête pas attention à la partie contralésionnelle de l'espace (Azouvi et al., 2000).

La NSU n'est pas un syndrome spécifique à la modalité visuelle, bien au contraire, il s'agit plutôt d'un syndrome qui affecte différentes modalités sensorielles. Il est entre autre possible d'observer des signes de NSU en modalité tactile (Gainotti, 2010), mais également en modalité auditive (Pavani, Husain, Lådavas, & Driver, 2004 ; Pavani, Lådavas, & Driver, 2003). Nous reviendrons sur les signes de négligence auditive de manière plus détaillée (cf. section 3.2 du contexte théorique). Notons toutefois que les signes de NSU dans les autres modalités que la modalité visuelle ont fait l'objet d'un nombre nettement moins important de travaux (Gainotti, 2010).

1.2 Troubles associés

Il ne faut pas méconnaître le fait que la NSU s'accompagne souvent de différents troubles associés tels que l'hémianopsie, l'hémiplégie ou hémiparésie, l'extinction, l'allochirie ou alloesthésie et l'anosognosie.

Avant toute chose, il est important de différencier la NSU de l'hémianopsie. Contrairement à la NSU, l'hémianopsie est un trouble sensoriel puisqu'il s'agit de l'amputation d'un hémichamp visuel. L'hémianopsique ne voit donc que les stimuli se situant dans une des moitiés de l'espace. Cependant, s'il tourne la tête, l'hémianopsique peut prendre conscience des éléments qu'il ne voyait pas avant. L'hémianopsique est donc capable d'utiliser cette stratégie pour compenser son déficit alors que les patients NSU en sont incapables puisqu'ils n'ont pas conscience que les éléments situés dans l'espace contralésionnel existent (Heilman et al., 2011). L'hémiplégie est un déficit moteur, il s'agit de la paralysie complète ou partielle de l'hémicorps contralésionnel

(Azouvi et al., 2000 ; Heilman et al., 2011). L'extinction fait référence au fait qu'un patient NSU peut parfois détecter des stimuli contralésionnels si ceux-ci sont présentés seuls. Par contre, si le stimulus contralésionnel est présenté simultanément à un stimulus ipsilésionnel, le patient devient incapable de le détecter (Azouvi et al., 2000 ; Heilman et al., 2011). L'alloesthésie est le fait qu'un patient NSU peut percevoir un stimulus contralésionnel, mais le considérer comme s'il était en provenance de l'espace ipsilésionnel. Il s'agit donc de la perception ipsilésionnelle de stimuli contralésionnels (Azouvi et al., 2000 ; Heilman et al., 2011). Finalement, l'anosognosie, symptôme très fréquent chez les patients NSU, signifie que le patient n'est pas conscient de ses difficultés (Azouvi et al., 2000 ; Heilman et al., 2011).

Outre ces troubles fréquemment associés à la NSU, il ne faut pas oublier que les patients peuvent également présenter d'autres déficits cognitifs.

La NSU est un trouble spatial avec notamment des difficultés au niveau de l'attention spatiale et des représentations mentales spatiales (cf. la section 2 consacrée aux théories explicatives). Nous pouvons dès lors penser qu'il est possible d'observer d'autres déficits cognitifs spatiaux et notamment des troubles de la mémoire de travail (MDT) visuospatiale. Effectivement, bien qu'il y ait un biais attentionnel spatialement latéralisé dans la NSU, Husain et al. (2001) postulent que les difficultés rencontrées par les patients pourraient également être expliquées par un déficit en MDT spatiale qui empêche le patient de se remémorer les endroits de l'espace qui ont déjà été explorés pendant une tâche de recherche visuelle. Puisque les patients ont une attraction magnétique de l'attention vers le côté droit et qu'ils échouent à se rappeler les localisations spatiales déjà explorées, ils ont tendance à explorer le côté droit de manière répétitive (Husain et al., 2001). Comme conséquence à cette interaction entre l'attraction magnétique de l'attention et le déficit en MDT spatiale, les patients avec un déficit au niveau de la MDT spatiale présentent souvent des signes de NSU plus sévères (Husain et al., 2001 ; Wansard, Bartolomeo, Bastin, et al., 2015). Cependant, malgré une interaction entre ces deux processus, Toba et al. (2018) ont récemment montré qu'il existe des dissociations chez certains patients NSU. Alors que les déficits de certains patients NSU sont mieux expliqués par une attraction magnétique de l'attention vers la droite, les déficits d'autres patients s'expliquent mieux par un déficit en MDT spatiale (Toba et al., 2018). Afin de mettre en évidence ce pattern de résultats, Toba et al. (2018) ont utilisé des tâches de barrage sous trois conditions différentes : « sans changement »

(le patient pointe la cible qui reste inchangée), « disparition » (le patient pointe la cible et elle disparaît) et « changement » (le patient pointe la cible qui change alors de couleur). Toba et al. (2018) postulent qu'un déficit en MDT spatiale entraîne davantage de signes de NSU sous la condition « sans changement » en comparaison à la condition « changement » parce que le patient n'a pas d'indice sur les cibles qu'il a déjà pointées. Parallèlement, ils postulent que la présence d'une attraction magnétique de l'attention entraîne plus de signes de NSU dans la condition « changement » en comparaison à la condition « disparition », car, dans cette dernière, les cibles pointées disparaissent. Dès lors les cibles de l'espace droit qui ont déjà été pointées ne peuvent plus attirer l'attention du patient de ce côté (Toba et al., 2018). En considérant la MDT spatiale, il faut également tenir compte du fait que la MDT visuospatiale comporte deux sous-composants : spatial-séquentiel (mémorisation de plusieurs localisations présentées successivement) et spatial-simultané (mémorisation de plusieurs localisations présentées simultanément). Dans la NSU, une double dissociation entre ces deux sous-composants est fréquemment décrite. Les patients peuvent présenter un déficit dans l'un ou l'autre de ces composants. Néanmoins, les performances sur la tâche séquentielle sont généralement plus mauvaises, ce qui est en accord avec le fait que les tâches de MDT visuospatiale séquentielle requièrent davantage de ressources attentionnelles qui, rappelons-le, sont fréquemment altérées dans la NSU (Wansard, Bartolomeo, Bastin, et al., 2015). Ajoutons que selon Shaqiri et al. (2013), les patients NSU ne présentent pas uniquement un déficit au niveau de la MDT spatiale, mais aussi un trouble de la MDT au sens large.

En effet, la NSU est bien plus qu'un trouble spatial. Les patients présentent également des difficultés cognitives non spatiales et ces dernières peuvent accentuer les signes de NSU (Husain & Rorden, 2003). Au cœur de la NSU, on retrouve notamment des difficultés attentionnelles. Premièrement, les aspects « intensité » de l'attention tels que l'alerte et l'attention soutenue sont altérés (Robertson et al., 1998 ; Samuelsson, Hjelmquist, Jensen, Ekholm, & Blomstrand, 1998). Il faut cependant préciser que malgré des niveaux d'alerte tonique moins élevés, c'est-à-dire un niveau d'éveil moins élevé au cours de la journée, les patients NSU ont des capacités d'alerte phasique préservées (Robertson et al., 1998). Ce point sera détaillé ultérieurement. Quant à l'attention soutenue, elle semble représenter un des déficits centraux de la NSU (Husain & Rorden, 2003 ; Samuelsson et al., 1998). Selon Ricci et al. (2016), les lésions cérébrales dans l'hémisphère droit entraînent un déficit d'attention soutenue qui peut

amplifier le biais spatial dans la NSU. Dans les tâches de temps de réaction (TR), les patients NSU ont des TR globalement plus lents, mais aussi plus variables (Samuelsson et al., 1998). Les patients NSU présentent donc un ralentissement de la vitesse de traitement ainsi que des fluctuations attentionnelles qui témoignent des difficultés d'attention soutenue. Samuelsson et al. (1998) montrent, par exemple, que les patients NSU réagissent plus lentement que les sujets contrôles à des stimuli sonores présentés du côté ipsilésionnel dans un paradigme de TR simples. Les résultats obtenus par Samuelsson et al. (1998) démontrent la présence de troubles attentionnels non-spatiaux chez les patients NSU. Ces derniers affectent donc aussi, dans une certaine mesure, la partie ipsilésionnelle de l'espace. D'une manière assez impressionnante, Samuelsson et al. (1998) ont également mis en évidence le fait que les patients qui présentent les TR les plus longs sont ceux qui récupèrent le moins bien au niveau des signes de NSU (Samuelsson et al., 1998).

Deuxièmement, les patients NSU présentent des difficultés dans les processus attentionnels de sélectivité tels que l'attention sélective (Husain & Rorden, 2003). Selon Husain et Rorden (2003), les patients présentant des signes de NSU ont un « attentional blink » plus sévère que les individus sans atteinte neurologique. Le « attentional blink » signifie qu'après avoir détecté une première cible visuelle, le système attentionnel de l'individu est en difficulté pour détecter une seconde cible si celle-ci succède à la première avec un intervalle de temps inférieur à 400 ms. Chez les patients NSU, cet intervalle de temps peut s'étendre jusqu'à environ 1200 ms, ce qui montre une difficulté à orienter son attention, non pas dans l'espace cette fois, mais bien dans le temps (Husain & Rorden, 2003).

1.3 Etiologie et lésions cérébrales

La NSU est un syndrome qui survient généralement suite à une lésion cérébrale résultant d'un accident vasculaire cérébral (AVC). Le plus fréquemment, la NSU survient suite à une lésion dans l'hémisphère droit. Dans ce cas, c'est la partie gauche de l'espace qui est négligée. Il est dès lors pertinent de se demander quelle est la région de l'hémisphère droit qui, lorsqu'elle est lésée, entraîne le syndrome de NSU.

Il y a longtemps, la NSU était appelée le syndrome du lobe pariétal laissant transparaître qu'elle était le résultat d'une lésion pariétale (Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984). Actuellement, il est clair que ce syndrome peut aussi survenir suite à

d'autres lésions cérébrales. Comme la grande majorité des manifestations neuropsychologiques, il semble en effet qu'il n'y ait pas de correspondance anatomo-clinique purement établie entre une lésion bien délimitée et la NSU. On peut retrouver un syndrome de NSU consécutivement à une lésion touchant l'une ou l'autre des régions cérébrales suivantes : matière blanche du carrefour temporo-pariéto-occipital, noyaux sous-corticaux (thalamus et/ou ganglions de la base), gyrus temporal, lobule pariétal inférieur, régions occipitales (Vallar, 2001) et faisceaux de matière blanche fronto-temporo-pariétaux (Ciaraffa, Castelli, Parati, Bartolomeo, et Bizzi, 2013). Plus rarement, les régions frontales peuvent être impliquées : atteintes du cortex préfrontal dorsolatéral prémoteur ou des régions frontales médiales comme le cortex cingulaire antérieur ou l'aire motrice supplémentaire (Vallar, 2001). Les corrélats neuronaux de la NSU semblent donc faire l'objet d'un débat puisque ce syndrome peut être observé en présence de lésions diverses et multiples. Selon Bartolomeo, Thiebaut de Schotten, et Doricchi (2007), la NSU ne résulte pas d'une lésion corticale, mais bien d'une déconnection entre les régions frontales et pariétales. La NSU est alors considérée comme un syndrome de déconnection, ce qui est en concordance avec l'implication de réseaux neuronaux largement distribués dans les mécanismes attentionnels.

2. Processus attentionnels et hypothèses explicatives de l'héminégligence

Actuellement, il existe deux grandes tendances dans les théories explicatives de la NSU : les théories représentationnelles et les théories attentionnelles. Dans un premier temps, nous allons décrire brièvement la plus influente des théories représentationnelles. Dans un second temps, nous nous attarderons davantage sur les théories attentionnelles puisqu'elles occupent une place importante dans la littérature et qu'elles nous intéressent tout particulièrement dans ce mémoire.

2.1 Théorie d'un déficit dans les représentations mentales (Bisiach & Luzzati, 1978)

Bisiach et Luzzatti (1978) pensent que la NSU peut s'expliquer par un déficit au niveau des représentations mentales spatiales. Ils ont mené une étude sur deux patients héminégligents à qui il était demandé de décrire un endroit qui leur était familier (la place du Dôme de Milan) selon différentes perspectives. D'abord, ils devaient décrire la place en imaginant qu'ils se trouvaient face à la cathédrale. Ensuite, ils devaient décrire cette même place en imaginant qu'ils se trouvaient de l'autre côté de la place, c'est-

à-dire dos à la cathédrale. Bisiach et Luzzatti (1978) ont remarqué que leurs patients avaient tendance à oublier certains éléments présents sur la gauche de l'image qu'ils devaient visualiser mentalement ou qu'ils avaient tendance à décrire ces éléments de gauche de manière moins détaillée. Cependant, lorsqu'ils devaient imaginer la scène en adoptant un autre point de vue, comme s'ils se trouvaient de l'autre côté de la place, les patients n'étaient plus capables de rappeler les bâtiments décrits juste avant, mais ils rappelaient les bâtiments qui se situaient désormais à leur droite, ce qui correspond aux éléments qu'ils n'étaient pas capables de rappeler dans le premier essai. Ces auteurs ont donc conclu que la représentation mentale de l'espace est sous-tendue par des mécanismes cérébraux répartis dans les deux hémisphères et qu'une lésion hémisphérique unilatérale cause une altération de la représentation mentale de l'espace contralésionnel. Le patient aurait donc une représentation mentale dont la partie gauche serait amputée. Dès lors, le patient n'est plus capable de conceptualiser l'entièreté de l'espace.

2.2 Théories attentionnelles

2.2.1 Théorie intentionnelle (Heilman & Valenstein, 1979)

Heilman et Valenstein (1979) pensent que la NSU est la conséquence d'un défaut dans l'activation attentionnelle qui est causé par une asymétrie au niveau des hémisphères cérébraux et plus précisément au niveau des boucles cortico- limbiques réticulaires. À noter que le cortex limbique intervient dans l'analyse de haut niveau des stimuli (ex : nouveau *versus* habituel, signifiant *versus* insignifiant, etc.) et que le système réticulaire s'occupe de modérer l'activation attentionnelle. Évidemment, il y a des communications inter-hémisphériques, mais chaque hémisphère contient sa propre boucle cortico-réticulaire qui s'occupe de gérer les processus attentionnels vers l'hémispace controlatéral. De cette manière, l'hémisphère gauche est responsable des processus attentionnels dirigés vers l'espace droit. Par contre, l'hémisphère droit est capable de gérer la distribution de l'attention vers l'espace gauche, mais aussi vers l'espace droit. Ainsi, une lésion dans l'hémisphère gauche ne produit que peu de signes de NSU car l'hémisphère droit peut compenser, du moins en partie, le manque de ressources attentionnelles vers l'espace droit. Au contraire, une lésion hémisphérique droite peut produire un défaut attentionnel que l'hémisphère gauche ne peut combler, d'où la NSU pour l'espace gauche.

2.2.2 Hypothèse du déséquilibre dans la balance inter-hémisphérique (Kinsbourne, 1987)

Selon Kinsbourne (1987), la NSU pourrait s'expliquer par l'existence d'un déséquilibre entre deux vecteurs directionnels attentionnels. Chaque hémisphère contrôlerait l'attention dans l'hémi-espace controlatéral selon des vecteurs attentionnels opposés, l'un ou l'autre pouvant prédominer selon l'activation relative des deux hémisphères, c'est ce que l'on appelle la balance interhémisphérique. Au repos, les deux hémisphères s'inhibent l'un l'autre via le corps calleux. À ce moment, l'attention peut couvrir l'entièreté de l'espace aussi bien à gauche qu'à droite. Cependant, chez l'être humain, le vecteur attentionnel dirigé vers la partie droite de l'espace serait prédominant. L'être humain aurait donc naturellement tendance à prêter davantage attention aux choses qui se trouvent à sa droite (ex : les adultes ont une préférence pour les photos où l'information essentielle se situe à droite, les nouveau-nés ont spontanément tendance à se tourner vers la droite, etc.).

Lorsqu'une lésion survient dans l'hémisphère droit, un biais attentionnel directionnel vers la droite apparaît, c'est ce qui se produit dans le syndrome de NSU. En effet, si naturellement, tous les êtres humains ont un léger biais attentionnel dirigé vers la droite, une lésion hémisphérique droite renforce ce biais puisque l'hémisphère gauche n'est plus inhibé par l'activation de l'hémisphère droit. Le patient présente donc une attraction magnétique vers l'espace droit. Cette théorie permet donc également d'expliquer pourquoi il est plus fréquent de rencontrer des patients héminégligents pour l'espace gauche que des patients présentant le pattern inverse.

2.2.3 Théorie du déficit dans le désengagement de l'attention (Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984)

Avant de discuter de la manière dont Posner et al. (1984) expliquent les signes de NSU, il est important de noter une distinction établie par Posner (1980) entre deux types d'orientation attentionnelle. D'une part, une orientation attentionnelle dite « overt », c'est-à-dire que l'individu peut orienter son attention en dirigeant ses yeux vers la cible à détecter. D'autre part, une orientation attentionnelle dite « covert » où, cette fois, l'individu peut orienter son attention et détecter la cible sans bouger ses yeux. Cette attention « covert » fait donc purement intervenir un mécanisme attentionnel central.

C'est sur cette dernière que l'hypothèse explicative de la NSU de Posner et al. (1984) se base. Selon Posner et al. (1984), l'attention « covert » peut se décliner en trois processus différents : *engager* son attention sur une cible, *désengager* son attention d'une cible où elle était préalablement engagée et *déplacer* son attention d'un endroit à un autre. Selon ces mêmes auteurs, une lésion au sein du lobe pariétal produit un déficit dans le processus de désengagement de l'attention lorsque l'attention est engagée sur une cible se situant dans l'espace ipsilatéral à la lésion. Ils notent que cette lésion peut également entraîner un léger déficit dans l'engagement de l'attention vers des cibles se situant dans l'espace contralésionnel.

Nous venons de passer en revue les principales théories explicatives de la NSU. Certaines études récentes proposent des modèles considérant la NSU comme un trouble qui repose sur des composantes multiples, avec notamment, en plus des troubles représentationnels et attentionnels, l'inclusion de nouveaux facteurs tels que des déficits en MDT spatiale (Husain et al., 2001 ; Toba et al., 2018). Malgré cela, nous remarquons que la majorité des auteurs considèrent la NSU comme un trouble d'origine attentionnelle, et plus particulièrement, comme un problème au niveau de l'orientation de l'attention dans l'espace (Bartolomeo & Chokron, 2002). C'est d'ailleurs ce dernier problème qui est au cœur de ce mémoire. Par conséquent, nous allons poursuivre en distinguant deux grands types d'orientation attentionnelle : endogène et exogène (Chica, Bartolomeo, & Lupianez, 2013 ; Bartolomeo & Chokron, 2002).

2.2.4 Orientation endogène versus exogène de l'attention

L'orientation *endogène* désigne l'orientation attentionnelle volontaire de l'individu sur certains éléments de l'environnement. Il s'agit d'un processus lent et contrôlé. De manière opposée, l'orientation *exogène* désigne la capture automatique de l'attention de l'individu par un élément de l'environnement. Il s'agit ici d'un processus rapide et automatique (Chica, Bartolomeo, & Lupianez, 2013 ; Bartolomeo & Chokron, 2002).

Posner (1980) a d'ailleurs mis au point un paradigme d'indication spatiale qui permet de mesurer l'orientation de l'attention à travers le champ visuel, qu'il s'agisse d'orientation endogène ou exogène. Dans ce paradigme, le sujet est face à un écran sur lequel trois carrés alignés sont présentés. Le sujet a pour consigne de fixer le carré central et de réagir le plus rapidement possible en appuyant sur un bouton lorsqu'une cible apparaît dans l'un des deux carrés périphériques. La particularité du paradigme de

Posner (1980) est de présenter un indice avant l'apparition de la cible. Indices pouvant être de deux types. Premièrement, il y a les indices endogènes, ce sont souvent des symboles (flèche, couleur associée à un côté, etc.) présentés au niveau central que le participant doit traiter de manière consciente et volontaire pour s'orienter. Deuxièmement, il y a les indices exogènes, ceux-ci consistent en l'illumination du carré périphérique dans lequel la cible est censée apparaître. Ce type d'indice a le pouvoir d'attirer automatiquement l'attention du participant vers le côté illuminé. Les deux types d'indices décrits ci-dessus peuvent être valides, invalides ou neutres. Un indice valide est un indice qui indique correctement la position d'apparition de la cible. Un indice invalide est un indice qui indique la localisation opposée de celle où la cible apparaîtra. Enfin, un indice neutre est un indice qui n'indique pas de localisation précise. Dans ce paradigme, il est possible d'informer le sujet de la proportion d'indices valides/invalides. Généralement, dans le cadre d'un apprentissage implicite, cette information n'est toutefois pas fournie aux sujets. Lorsqu'un sujet sain est placé face à ce type de tâche, Posner et Cohen (1984) montrent qu'il y a un *effet de facilitation*, c'est-à-dire que le sujet répond plus rapidement aux cibles dans les essais où l'indice est valide que dans les essais où l'indice est invalide, et ce, aussi bien pour les indices endogènes qu'exogènes, mais à condition que l'intervalle de temps séparant l'apparition de l'indice et de la cible soit court, c'est-à-dire inférieur à 300 ms. Il s'agit de l'*effet de validité*. À savoir que dans les paradigmes d'amorçage, l'intervalle de temps entre l'indice et la cible s'appelle « stimulus onset asynchrony » (SOA). Cependant, pour les indices exogènes, lorsque le SOA devient plus long que 300 ms, chez la majorité des sujets contrôles, un effet que l'on appelle *inhibition de retour* est observé. Dans l'étude de Posner et Cohen (1984), cet effet apparaît pour des SOAs de 300 ms et 500 ms. Dans ce cas, l'individu est plus lent pour répondre à une cible précédée d'un indice valide en comparaison à une cible précédée d'un indice invalide (Posner & Cohen, 1984). L'inhibition de retour est due à un mécanisme qui empêche l'attention de revenir à un endroit qui a déjà été exploré. C'est donc un mécanisme naturel qui facilite la recherche visuelle puisqu'il entraîne un biais de l'attention vers des endroits non explorés (Klein, 2000).

Le paradigme de Posner a été adapté de multiples façons et réutilisé dans un très grand nombre d'études sur l'orientation attentionnelle. Ce paradigme est modulable en fonction des aspects de l'orientation attentionnelle qui sont investigués. Il est possible de faire varier les paramètres suivants : la nature endogène ou exogène de l'indice, la

valeur prédictive de l'indice, le fait que le sujet soit informé ou non de la proportion d'indices valides et la durée des SOAs. L'étude de Bartolomeo, Siéoff, Decaix et Chokron (2001) décrite plus loin dans ce chapitre décrit différentes tâches inspirées du paradigme de Posner ainsi que leurs effets à la fois chez les sujets contrôles et chez les patients NSU. Dans ce mémoire, nous utiliserons également des tâches inspirées du paradigme de Posner (cf. section 2.2 de la méthodologie).

Plusieurs études suggèrent que les deux composants attentionnels, endogène et exogène, sont dissociés dans la NSU. Siéoff, Decaix, Chokron et Bartolomeo (2007) démontrent que la NSU est principalement expliquée par un déficit au niveau de l'attention exogène, même si un déficit de l'attention endogène peut exacerber les comportements de négligence. D'autres études soutiennent également cette hypothèse selon laquelle la NSU relève d'un déficit au niveau de l'attention exogène alors que l'attention endogène est préservée (Bartolomeo & Chokron, 2002 ; Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al., 2001 ; Làdavas, Carletti, & Gori, 1994 ; Smania et al., 1998). En effet, Làdavas et al. (1994) montrent par exemple que les patients NSU, dans une tâche inspirée du paradigme de Posner, sont capables de tirer profit d'indices centraux endogènes alors qu'ils ne sont pas capables de tirer profit d'indices périphériques exogènes. Toutefois, selon Bartolomeo, Siéoff, Chokron, et Decaix (2001), le défaut d'orientation attentionnelle exogène qui est présent chez les patients NSU ne se traduit pas par une incapacité totale à détecter les événements qui se produisent sur leur gauche. Selon eux, l'attention exogène est préférentiellement attirée vers la droite. Par conséquent, les stimuli en provenance de l'espace gauche peuvent ne pas être détectés ou être détectés plus lentement, mais cela n'empêche pas, qu'à certains moments, des éléments de l'espace gauche puissent être détectés rapidement. Il y aurait donc une inconsistance dans la capacité à détecter des événements en provenance de l'espace controlatéral à la lésion cérébrale plus qu'une incapacité totale à les détecter. Dans une tâche inspirée du paradigme de Posner, ces difficultés d'attention exogène se traduisent donc à la fois par des TR plus lents, mais également plus variables pour les cibles présentées à gauche (Bartolomeo, Siéoff, Chokron, et al., 2001).

Pour investiguer l'orientation attentionnelle exogène et endogène dans la NSU, Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al. (2001) ont utilisé une tâche s'inscrivant dans le paradigme de Posner. Le sujet est assis face à un écran où figurent trois cases les unes à côté des autres. Il est demandé au sujet de fixer un point central et il doit ensuite réagir

aussi vite que possible à une cible apparaissant dans l'une des deux cases latérales. Avant l'apparition de la cible, un indice périphérique apparaît sur l'écran (illumination d'une des deux cases latérales). Une fois que l'indice a été présenté, la cible peut apparaître après un SOA variable : 150, 550 ou 1000ms. Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al. (2001) ont comparé la performance de sujets contrôles et de patients NSU dans trois tâches différentes qui se distinguent par la valeur prédictive des indices (50%, 80% ou 20%). À noter que pour chacune des expériences, les participants ont été informés de cette valeur prédictive :

- Dans la première expérience, l'indice n'est pas informatif, il y a donc 50% d'essais valides, c'est-à-dire que la cible peut apparaître soit du côté de l'indice, soit du côté opposé avec des probabilités égales. Le sujet ne peut donc pas s'aider de l'indice pour orienter son attention et doit orienter cette dernière vers la cible de manière purement exogène. À cette tâche, les sujets contrôles présentent un effet de validité de l'indice pour les SOAs courts de 150 ms, c'est-à-dire qu'ils réagissent plus rapidement aux cibles qui sont présentées au même endroit que l'indice malgré le fait qu'ils soient informés de la valeur non-informative de l'indice. Cet effet de validité de l'indice disparaît quand les SOAs augmentent à 550 ms ou 1000 ms parce que le phénomène d'inhibition de retour apparaît et prédomine sur l'effet de facilitation initial. Les participants contrôles réagissent alors plus lentement aux cibles précédées d'un indice valide comparativement aux cibles précédées d'un indice invalide. À cette même tâche, les patients NSU ont un pattern de TR différent. Chez les patients, lorsque les SOAs sont courts (150 ms), le biais attentionnel spatial exogène entraîne des réponses plus lentes pour les cibles présentées à gauche lorsque celles-ci sont précédées par un indice situé du côté droit. Cette observation est en accord avec l'hypothèse d'un déficit dans le désengagement de l'attention de Posner et al. (1984). Par contre, grâce à l'orientation attentionnelle endogène qui est relativement épargnée dans la NSU, lorsque les SOAs deviennent plus longs, les patients sont capables d'atténuer leur biais attentionnel en désengageant volontairement leur attention de l'emplacement de l'indice puisqu'ils savent que cet indice n'est d'aucune utilité. En parallèle, il faut noter que les patients NSU ont un effet de facilitation pour les cibles présentées à droite lorsque celles-ci sont précédées par un indice situé à droite et cela, peu importe la longueur du SOA. Enfin, il faut souligner le fait que les patients réagissent plus rapidement aux cibles situées à droite qu'à celles situées à gauche. Ils sont plus rapides pour les essais valides que pour les

essais invalides et contrairement aux sujets contrôles, cet effet ne disparaît pas avec l'augmentation des SOAs. Chez les patients NSU, on n'observe donc pas d'inhibition de retour. Comme l'effet d'inhibition de retour est typiquement caractéristique de l'attention exogène et qu'il n'apparaît pas chez les patients NSU, c'est un élément supplémentaire qui confirme le fait que les patients ont un déficit au niveau de l'orientation attentionnelle exogène.

- Dans la deuxième expérience, l'indice est valide dans 80% des essais et est donc informatif de la localisation d'apparition de la cible. Dans cette tâche, les sujets contrôles présentent un effet de validité de l'indice puisqu'ils sont plus rapides pour les essais où l'indice est valide que pour les essais où l'indice est invalide. Contrairement à la première expérience, ici, cet effet ne diminue pas avec l'augmentation des SOAs, ce qui montre l'intervention de processus attentionnels endogènes. Effectivement, nous pouvons parler d'attention endogène puisque le sujet utilise la connaissance qu'il a de la validité de l'indice pour maintenir son attention là où l'indice est apparu. Il n'y a donc pas d'effet d'inhibition de retour puisque ce dernier est spécifique à l'orientation attentionnelle exogène. Comme pour la première expérience, les patients NSU subissent une amplification du biais latéral puisqu'ils ont tendance à répondre plus rapidement aux cibles présentées à droite qu'à gauche. Mais de la même manière que pour les sujets contrôles, on observe un effet de validité des indices qui, chez les patients, se maintient même pour les SOAs plus longs (>300ms). Chez les patients NSU, on observe également une difficulté dans les essais invalides, c'est-à-dire lorsque l'indice est présenté à droite et que la cible apparaît à gauche. Cette difficulté met une fois de plus en évidence le déficit de désengagement de l'attention du côté ipsilésionnel, caractéristique de la NSU. Cela laisse penser que l'attention a été orientée vers la droite, pas seulement de manière exogène, mais également de manière endogène indiquant la préservation de l'orientation attentionnelle endogène chez les patients.
- Dans la troisième expérience, l'indice est valide dans seulement 20% des essais, le sujet peut ainsi être informé du fait que la cible apparaît plus fréquemment à la localisation spatiale opposée à celle indiquée par l'indice. Alors que pour les SOAs courts, l'effet attendu est que les processus attentionnels exogènes attirent, de manière quasi automatique, l'attention vers l'endroit indiqué. Pour les SOAs plus longs (> 550 ms), il est plutôt suggéré que les sujets sains tirent profit de la valeur informative de l'indice pour orienter plus rapidement leur attention vers les cibles

lorsqu'elles apparaissent du côté opposé à l'indice. Effectivement, les SOAs plus longs permettraient à l'individu de mettre en place une stratégie endogène pour orienter son attention. Quand les SOAs, s'allongent, l'orientation endogène peut donc prendre le relais sur l'orientation exogène initiale. Les résultats montrent que l'effet décrit ci-dessus est effectivement observé chez les sujets contrôles. Les patients NSU sont également capables d'utiliser ces indices invalides pour compenser leur biais attentionnel spatial. Ils sont donc capables d'utiliser les indices invalides présentés à droite pour orienter leur attention vers la cible présentée à gauche, ce qui n'était pas le cas dans la deuxième expérience. Néanmoins, les patients NSU sont capables d'améliorer leur vitesse de réaction pour les cibles présentées à gauche lorsque les SOAs sont de 1000 ms alors que les sujets contrôles sont déjà capables de rediriger leur attention vers la localisation non indicée lorsque les SOAs sont de 550 ms. Il semblerait donc que les processus d'orientation endogène de l'attention soient préservés chez les patients malgré une certaine lenteur.

En résumé, l'étude de Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al. (2001) s'inscrit dans l'idée d'une attention exogène altérée et d'une attention endogène préservée chez les patients NSU. Cependant, le fait que les patients NSU n'utilisent pas ces processus attentionnels endogènes pour compenser les difficultés qu'ils rencontrent au quotidien remet en question la nature réellement préservée de ce mode d'orientation endogène contrôlée de l'attention dans la NSU (Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al., 2001 ; Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden, Geurten, et Meulemans, 2015). Une explication alternative consiste à penser qu'il existerait une orientation endogène plus implicite qui ne nécessiterait aucunement l'intervention de processus volontaires et contrôlés (Bartolomeo, Decaix, & Siéoff, 2007 ; Chica et al., 2011 ; Risko & Stolz, 2010). C'est ce qui va être démontré ci-dessous.

Dans un paradigme d'indication spatiale, la détection des cibles est généralement plus rapide dans les essais dans lesquels la cible a été précédée par un indice qui permet de prédire sa localisation d'apparition avec une haute probabilité de certitude. Ce résultat est interprété par plusieurs auteurs (Làdavas et al., 1994 ; Smania et al., 1998) comme le fruit d'un contrôle attentionnel endogène. Dans cette perspective, les auteurs considèrent que le sujet est conscient de la relation qui unit l'indice et la cible et qu'il décide intentionnellement de mettre en place une stratégie d'orientation attentionnelle

en fonction de cette relation. Mais, il semblerait en réalité, que le sujet ne soit pas forcément conscient de la relation unissant l'indice et la cible et que malgré cela, il puisse tout de même en profiter. Effectivement, le sujet peut « connaître » la relation qui unit les localisations de l'indice et de la cible de deux manières différentes. Soit, l'expérimentateur avertit le sujet du degré de prédictibilité de l'indice et le sujet peut alors utiliser cette connaissance de manière explicite, comme c'est le cas dans l'étude de Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al. (2001). Soit, le sujet n'est pas averti de la valeur prédictive de l'indice et il extrait petit à petit les contingences présentes dans son environnement via un apprentissage implicite. Contrairement à Lådavas et al. (1994) et à Smania et al. (1998) qui pensent que l'effet de validité de l'indice est dû au fait que l'individu oriente délibérément son attention en fonction de la localisation de l'indice, Risko et Stolz (2010) montrent, chez des sujets sains, que ce type de performance peut être expliqué par un apprentissage implicite. En effet, plusieurs études montrent que l'orientation de l'attention peut être influencée par des régularités présentes dans l'environnement sans que l'individu n'ait conscience de ces régularités (Bartolomeo, Decaix, et al., 2007 ; Chica et al., 2011 ; Risko & Stolz, 2010). Il est donc important de signaler que, normalement, l'attention endogène est considérée comme une orientation volontaire et consciente de l'attention. Cependant, il existerait également une « orientation endogène implicite » (Chica et al., 2011). Dans ce cas, l'attention de l'individu n'est pas orientée selon la détection d'un stimulus externe, mais bien en fonction d'un apprentissage implicite, c'est-à-dire un traitement interne des stimuli environnementaux malgré le fait que l'individu ne soit pas conscient de cet apprentissage (Bartolomeo, Decaix, et al., 2007 ; Risko & Stolz, 2010). Les orientations attentionnelles endogène et exogène sont donc en interaction et l'orientation attentionnelle peut être dans un premier temps exogène lorsqu'elle est orientée automatiquement par les stimuli externes. Ensuite, elle peut devenir endogène lorsque l'individu a appris la relation statistique entre les stimuli et qu'il utilise cet apprentissage pour améliorer sa performance (Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al., 2001).

Effectivement, dans l'étude de Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al. (2001), comme dit précédemment, les sujets sont informés de la valeur prédictive de l'indice, ce qui nous laisse penser que les participants utilisent cette information de manière explicite. Toutefois, Bartolomeo, Decaix, et al. (2007) contestent la nature purement explicite et contrôlée de l'orientation attentionnelle endogène. Cette remise en question émane d'observations qui ont justement été faites dans l'étude de Bartolomeo, Siéroff, Decaix,

et al. (2001). Dans les expériences n°2 et n°3 de cette dernière étude, certains participants ont affirmé ne pas avoir prêté attention aux indices. Ils disent s'être comportés comme si les indices n'existaient pas en essayant simplement de réagir le plus rapidement possible à la cible. Ces participants n'ont donc pas volontairement mis en place une stratégie contrôlée et consciente pour orienter leur attention du côté de l'indice pour l'expérience n°2 et du côté opposé à l'indice pour l'expérience n°3. Et pourtant, nous observons que dans la 2^{ème} expérience où 80% des essais sont valides, ils sont plus rapides pour les essais valides alors que dans la 3^{ème} expérience où seulement 20% des essais sont valides, les performances sont meilleures pour les essais invalides. Ces résultats obtenus par Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al. (2001) laissent donc déjà supposer que des processus d'orientation attentionnelle de nature plus implicite entrent en jeu. Par la suite, l'étude de Bartolomeo, Decaix, et al. (2007) est venue confirmer l'existence de ces processus dans la population tout-venant. Pour explorer ce processus, les tâches utilisées sont toutes des variantes du paradigme de Posner où quatre variables sont manipulées : les SOAs (600, 800 ou 1000 ms), le taux de prédictibilité des indices (20%, 50% ou 80%), la nature endogène ou exogène de l'indice (respectivement, une flèche centrale indiquant une des localisations latérales ou l'épaississement du rectangle latéral) et l'information qui est donnée au participant à propos de la prédictibilité des indices. Cette étude compare la performance des sujets sains dans cinq expériences différentes. Notons que chacune des tâches décrites ci-dessous est composée d'un premier bloc avec une prédictibilité des indices de 50% et puis d'un second bloc avec un taux de prédictibilité variable (80%, 50% ou 20%).

- Expériences n°1, n°2 et n°3 : Durant ces tâches, les indices sont exogènes, c'est-à-dire que le bord d'un des deux rectangles latéraux s'épaissit et les indices sont valides dans respectivement 80%, 50% et 20% des essais. Les participants ne sont pas avertis du taux de prédictibilité des indices. Après chacune des tâches, le sujet doit remplir un questionnaire post-expérience visant à évaluer la nature implicite ou explicite de la connaissance à propos de la relation indice-cible. Selon les réponses des participants à ce questionnaire, il est possible de distinguer deux groupes de participants selon la capacité ou non à verbaliser la relation existant entre l'indice et la cible. Les résultats de l'expérience n°1 montrent que même les participants incapables de verbaliser la relation indice-cible sont capables de se servir inconsciemment de cette relation pour détecter plus rapidement la cible lors des essais valides. Dans l'expérience n°3 où la majorité des essais est invalide, on

observe des TR plus courts pour les essais invalides, aussi bien chez les sujets capables de verbaliser la relation indice-cible que chez ceux qui ne le sont pas. Ces résultats sont en faveur de processus d'orientation attentionnelle endogène plus implicites.

- Expérience n°4 : Les indices sont prédictibles dans 20% des essais. La méthodologie est donc similaire à celle de l'expérience n°3, mais cette fois, les sujets sont avertis explicitement du taux de prédictibilité des indices. Les résultats sont néanmoins semblables à ceux de l'expérience n°3 puisqu'ici encore, les temps de réponse sont plus lents pour les essais valides en comparaison aux essais invalides. La comparaison entre les résultats des expériences n°3 et n°4 permet ainsi d'évaluer les différences de performance des participants lorsqu'ils reçoivent des instructions explicites ou implicites. La comparaison entre les deux expériences permet de conclure que la connaissance explicite de la relation indice-cible n'améliore pas significativement la performance par rapport à une connaissance acquise implicitement.
- Expérience n°5 : Les indices sont prédictibles dans 80% des essais, mais il s'agit d'indices endogènes, c'est-à-dire d'une flèche présentée au centre de l'écran qui est orientée vers la droite ou la gauche. Le participant n'est pas averti de la relation unissant l'orientation de la flèche et la localisation d'apparition de la cible. Comme c'était le cas dans l'expérience n°1, les TR sont plus courts pour les essais valides en comparaison aux essais invalides, même pour les sujets qui n'étaient pas capables de décrire correctement la relation entre l'indice et la cible.

Cette étude de Bartolomeo, Decaix, et al. (2007) démontre que la proportion d'indices valides ou invalides peut avoir un impact sur la performance de détection de cibles chez les sujets sains. Elle permet d'affirmer que le mécanisme impliqué n'est pas relié aux propriétés sensorielles des indices, mais plutôt à l'acquisition de connaissances à propos de la relation probabiliste qui unit les localisations de l'indice et de la cible. Il s'agit donc bien d'un mécanisme interne au sujet que l'on peut qualifier de mécanisme endogène. De plus, le fait que certains participants ne soient pas capables de verbaliser cette connaissance permet de conclure que ce mécanisme ne semble pas totalement volontaire et contrôlé, mais qu'il peut bel et bien être de nature plus implicite.

Dans ce contexte, la question se pose de savoir si les patients NSU sont eux aussi capables d'utiliser l'orientation endogène plus implicite de l'attention, c'est-à-dire

d'extraire implicitement les relations probabilistes présentes dans l'environnement afin de compenser leur biais attentionnel spatial. S'ils en sont capables, il est intéressant de savoir dans quelles conditions puisqu'ils ne sont visiblement pas capables d'utiliser spontanément ces processus pour compenser leurs difficultés dans leur vie quotidienne (Bartolomeo et al., 2001 ; Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al., 2015).

Cette forme d'orientation attentionnelle de nature plus implicite est celle qui sera évaluée dans le présent mémoire. Dès lors, pour mieux la comprendre, nous allons poursuivre en expliquant l'apprentissage implicite et son fonctionnement dans la NSU. Ceci nous permettra de savoir si l'apprentissage implicite est préservé dans la NSU et, le cas échéant, s'il peut permettre aux patients de réduire leurs signes de NSU.

3. Qu'est-ce que l'apprentissage implicite ?

L'apprentissage implicite est le fait d'acquérir une connaissance sans avoir l'intention de le faire. Cette connaissance est alors difficile à verbaliser et à exprimer consciemment (Cleeremans, Destrebecqz, & Boyer, 1998). Dans la vie quotidienne, il y a beaucoup d'exemples de situations où nous avons des connaissances que nous ne pouvons pas exprimer. Par exemple, les enfants apprennent à faire des phrases grammaticalement correctes avant même d'apprendre consciemment les règles de grammaire à l'école parce qu'ils ont appris les règles linguistiques implicitement sur base de ce qu'ils ont régulièrement entendu. Les premiers travaux dans le domaine de l'apprentissage implicite caractérisent ce dernier comme l'apprentissage d'une connaissance abstraite à propos de régularités présentes dans l'environnement qui est acquise par une exposition incidente (Cleeremans et al., 1998). Nous allons désormais discuter de la préservation, d'abord des processus d'amorçage perceptif et, ensuite, de l'apprentissage statistique implicite¹ dans la NSU.

L'effet de priming consiste en un effet d'amorçage, c'est-à-dire que la présentation antérieure d'un stimulus jouant le rôle d'amorce (exemple : le contexte) peut influencer le traitement de la cible qui est présentée ultérieurement. Saevarsson, Jóelsdóttir, Hjaltason, et Kristjánsson (2008) montrent que le priming contextuel est un phénomène préservé dans la NSU. En effet, Saevarsson et al. (2008) ont démontré que, pendant une tâche de recherche visuelle, si la cible apparaît dans un contexte spatial répétitif

¹ Dans cette section, par définition, les termes « apprentissage implicite » et « apprentissage statistique » feront globalement référence aux mêmes processus. Il s'agit de l'apprentissage de régularités présentes dans l'environnement suite à une exposition incidente.

composé de quarante-sept distracteurs, il y a une amélioration de la performance de détection de cible chez les patients NSU, et cela même pour le côté de l'espace négligé. Cependant, Shaqiri et Anderson (2012) nuancent ces résultats. Ils ont montré que les patients héminégligents ne présentent pas d'effet d'amorçage pour la position spatiale du stimulus alors qu'ils présentent bel et bien un effet d'amorçage pour d'autres caractéristiques du stimulus (exemple : sa couleur). Il y a donc une inconsistance entre les différentes études portant sur la préservation ou non des effets d'amorçage pour la position spatiale chez les patients atteints de NSU.

Si nous évoquons ici les processus d'amorçage, c'est parce qu'il s'agit d'un processus élémentaire qui sous-tend l'apprentissage implicite de régularités statistiques (Shaqiri et al., 2013), même si les liens entre le priming spatial et l'apprentissage implicite de régularités spatiales sont encore peu connus (Shaqiri & Anderson, 2012). Toutefois, l'effet d'amorçage concerne la présentation préalable d'un stimulus unique alors que l'apprentissage statistique implicite consiste en la déduction d'une règle complexe qui gouverne de multiples stimuli.

Désormais, nous allons discuter de l'apprentissage implicite, mais avant d'en venir à sa préservation ou non chez les patients NSU, il est important de souligner certaines de ses caractéristiques, notamment chez les sujets sains. Pour ce faire, nous nous référons à Jabar et Anderson (2017) qui montrent qu'il y a une dissociation entre l'apprentissage statistique de régularités spatiales (localisation de l'objet dans l'espace) et l'apprentissage statistique concernant d'autres caractéristiques des objets (exemple : l'orientation). Cette dissociation existe au sein des processus attentionnels puisque lorsque nous portons attention à un objet, nous pouvons orienter notre attention vers l'objet (attention spatiale) ou centrer notre attention sur certaines de ses caractéristiques (attention sélective). Le même type de dissociation semble également être présent au sein des effets d'amorçage (Shaqiri & Anderson, 2012). Afin de mettre cette dissociation en évidence pour l'apprentissage statistique, Jabar et Anderson (2017) placent des participants sains face à un écran sur lequel apparaît une cible (cercle avec un filtre de Gabor). Cette cible peut apparaître à différentes localisations de l'écran (basé sur l'espace) et dans différentes orientations (basé sur les caractéristiques). Jabar et Anderson (2017) réalisent une première expérience où ils font varier la probabilité d'orientation des cibles et une seconde expérience où ils manipulent la probabilité des localisations spatiales d'apparition des cibles. Les résultats de la première expérience

montrent que les participants font des estimations plus précises de l'orientation des cibles et initient plus rapidement leur réponse lorsque l'orientation de cette cible a une haute probabilité d'apparition, et ce, sans en avoir explicitement conscience. Toutefois, la probabilité d'orientation de la cible n'affecte pas la précision des réponses en ce qui concerne la localisation spatiale de la cible. Les résultats de la seconde expérience montrent des résultats plus mitigés. En effet, la probabilité de localisation de la cible à un endroit de l'espace n'a pas d'impact sur la précision des réponses en ce qui concerne la localisation de la cible. Par contre, les TR pour détecter la cible sont plus courts lorsque la cible survient à un endroit où elle a une haute probabilité d'apparition. Ces résultats suggèrent que l'apprentissage statistique peut bel et bien être dissocié selon les caractéristiques de l'objet ou selon les caractéristiques spatiales. Puisque ce sont les processus spatiaux qui sont au cœur de ce mémoire, nous allons poursuivre en questionnant la préservation des processus d'apprentissage implicite de régularités spatiales chez les patients NSU.

À ce sujet, Geng et Behrmann (2002) font l'hypothèse que tous les participants, aussi bien les sujets contrôles que les patients NSU, réagissent plus rapidement à une cible si celle-ci apparaît dans une région où elle a une haute probabilité d'apparition. Pour tester cela, les participants contrôles et NSU ont pour consigne de détecter une cible (lettre F ou L) parmi un ensemble de distracteurs (lettre E et T). Chaque essai consiste en la présentation d'une grille formée de 6 colonnes et 3 lignes où apparaissent une lettre cible et cinq lettres distractrices. À l'insu des participants, la cible apparaît dans les trois colonnes les plus à gauche de la grille dans 80% des essais. Les résultats ont démontré que tous les participants, aussi bien les sujets sains que les patients NSU, sont capables d'extraire implicitement les relations statistiques concernant les régions d'apparition des stimuli. En effet, les patients NSU réagissent plus rapidement à une cible si cette dernière apparaît dans une région où elle a une haute probabilité d'apparition et ce, même lorsque la cible apparaît du côté contralésionnel. Étant donné que les possibilités de localisations pour l'apparition de la cible sont peu nombreuses, les résultats pourraient être expliqués par un effet d'amorçage plutôt que par l'apprentissage implicite en tant que tel. Toutefois, cette hypothèse est contredite par Shaqiri et Anderson (2012) qui confirment la préservation de l'apprentissage implicite pour les localisations spatiales chez les patients NSU alors qu'ils ont conclu à une altération des effets d'amorçage pour la position spatiale chez ces mêmes patients. Effectivement, Shaqiri et Anderson (2012) ont évalué si les patients NSU ont des

capacités d'apprentissage implicite de régularités spatiales préservées et s'ils peuvent utiliser la connaissance acquise implicitement comme indice attentionnel dans une tâche de discrimination de couleur. Pour ce faire, ils ont comparé la performance de patients avec une lésion cérébrale hémisphérique droite avec ou sans NSU et de sujets contrôles sans atteinte neurologique lors d'une tâche où il était demandé aux participants de détecter la cible (un point blanc ou noir) qui apparaissait à l'écran et d'en donner la couleur. À l'insu des participants, la cible apparaît dans 75% des cas dans une région de l'espace où elle a une haute probabilité d'apparition. Cette étude a permis d'observer que les patients NSU sont plus lents pour réagir à une cible qui apparaît dans une région à haute probabilité sur la gauche que dans une région à basse probabilité d'apparition sur la droite. Mais si on compare les régions à haute probabilité et à basse probabilité de l'espace gauche, ils sont plus rapides pour détecter une cible dans la région gauche à haute probabilité. Ceci montre que les patients sont tout de même sensibles à l'apprentissage statistique, au moins dans une certaine mesure. L'apprentissage implicite semble donc préservé dans la NSU et il semble permettre la facilitation de l'orientation attentionnelle des patients NSU pour les aider à surmonter leur biais attentionnel spatial (Geng & Behrmann, 2002 ; Shaqiri & Anderson, 2012). Pourtant, selon Shaqiri et al. (2013), les résultats sont plus mitigés et il semble que l'apprentissage implicite de régularités n'est que relativement préservé dans la NSU et a une ampleur plus faible que chez les sujets contrôles. Shaqiri et al. (2013) montrent effectivement qu'il est plus difficile pour les patients que pour les sujets contrôles de former des modèles mentaux sur base des régularités qui surviennent dans leur environnement parce qu'ils ont un déficit dans les capacités représentationnelles, comme expliqué précédemment avec l'hypothèse de Bisiach et Luzzati (1978). Cette difficulté à construire une représentation mentale chez les patients NSU peut hypothétiquement être expliquée, du moins en partie, par leur déficit en MDT. En effet, si les patients NSU ne peuvent plus garder l'information récente à propos des caractéristiques de la cible en mémoire, ils ne peuvent pas non plus utiliser cette information pour construire une représentation mentale des règles gouvernant leur environnement (Shaqiri et al., 2013). Mais, Shaqiri et al. (2013) montrent que les patients NSU peuvent bénéficier de l'apprentissage implicite de régularités statistiques et qu'ils sont capables de s'en servir pour améliorer leur performance à condition qu'ils disposent de plus de temps et d'un plus grand nombre d'expositions à l'information. Cet apprentissage est donc plus lent que chez les sujets contrôles. Shaqiri et al. (2013)

concluent que ce type d'apprentissage peut réduire le biais attentionnel spatial des patients NSU sans toutefois le supprimer complètement. Néanmoins, les capacités d'apprentissage implicite peuvent être entraînées chez les patients NSU (Shaqiri et al., 2013), ce qui laisse tout de même entrevoir des perspectives de prises en charge intéressantes.

Globalement, les patients NSU semblent donc relativement capables d'extraire implicitement des régularités environnementales (Geng & Berhmann, 2002 ; Shaqiri & Anderson, 2012 ; Shaqiri et al., 2013). De plus, il est admis que l'apprentissage implicite de régularités spatiales permet de faciliter l'orientation spatiale de l'attention (Shaqiri & Anderson, 2012). Dès lors, l'apprentissage implicite peut-il réduire les signes de négligence visuelle ?

3.1 Apprentissage implicite de séquences visuelles dans l'héminégligence

Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015) ont suggéré que les patients NSU sont capables d'utiliser des informations fournies par des indices périphériques exogènes pour orienter plus rapidement leur attention du côté controlatéral à la lésion cérébrale. Ils ont placé des sujets contrôles et des patients NSU face à un dispositif d'indilage spatial semblable à celui de Posner. Les indices utilisés sont des indices exogènes puisque le contour d'un des deux rectangles périphériques s'épaissit. Les SOAs varient (600, 800 ou 1000 ms). La relation indice-cible est assez simple à extraire puisque dans 80% des essais, l'indice est présenté à droite quand il faut réagir à un stimulus présenté à gauche et inversement. Les participants ne sont évidemment pas avertis de cette relation puisque cette recherche a pour objectif d'étudier l'apprentissage implicite. Après la réalisation de la tâche, les participants doivent répondre à un questionnaire évaluant la connaissance qu'ils ont de cette relation. Les trois questions suivantes sont posées. (1) Avez-vous remarqué quelque chose de spécial dans l'expérience ? (2) Existe-t-il une relation entre l'indice et la cible ? (3) Est-ce que la localisation de l'indice prédit la localisation de la cible ? Les sujets qui sont capables de répondre correctement à la troisième question sont capables de verbaliser la relation indice-cible, ils ont donc une conscience explicite de la relation ; les autres ne sont pas capables de la verbaliser. Toutefois, l'incapacité à verbaliser ne permet pas d'affirmer que la connaissance de la relation indice-cible est totalement implicite, il est donc demandé aux participants, quand ils répondent « non » à la deuxième question, d'évaluer leur degré de confiance (échelle : hasard, probablement correct ou

certainement correct) afin d'évaluer leur état de conscience. Les résultats montrent que les sujets contrôles sont capables de tirer profit de la relation indice-cible pour orienter plus rapidement leur attention dans la direction opposée à l'indice. Chez les sujets contrôles, le fait de pouvoir ou non verbaliser la relation indice-cible ainsi que le degré de confiance du participant dans sa réponse n'influencent pas l'effet de l'indice sur les TR. Concernant les patients NSU, les résultats sont plus mitigés. Tout d'abord, il faut mentionner le fait que le groupe de patients a été scindé en deux groupes selon la sévérité de leur NSU (modérée *versus* sévère) car les patients avec une NSU sévère ont un taux très élevé d'omissions. Les patients avec une NSU modérée ont des TR plus longs pour les cibles présentées à gauche comparativement aux cibles présentées à droite, mais ils démontrent leur capacité à utiliser les informations fournies par des indices périphériques pour orienter plus rapidement leur attention du côté négligé, sans être nécessairement conscients et capables de verbaliser l'existence de la relation indice-cible. Toutefois, l'utilisation de l'indice par des patients dont la NSU est modérée ne permet pas de supprimer complètement le biais attentionnel spatial, pour cause, un dysfonctionnement de l'orientation exogène de l'attention. Comme c'est le cas pour les sujets contrôles, il faut préciser que le fait de verbaliser ou non la relation entre l'indice et la cible ainsi que le degré de confiance des patients dans leur réponse n'ont pas non plus d'influence sur leurs TR. Chez les patients dont la NSU est sévère, l'indice n'a aucun effet, ces patients font toujours plus d'omissions sur la gauche que sur la droite. Ces derniers sont donc incapables d'exploiter les relations statistiques entre les indices visuels exogènes et les cibles pour réduire leur biais spatial. L'extraction des régularités environnementales chez les patients dépend donc du degré de sévérité de la NSU. Les résultats de cette étude suggèrent que le déficit au niveau de l'attention exogène ne peut pas être totalement compensé par les processus attentionnels endogènes. Cette étude indique également que l'effet positif de l'indice sur la performance des participants (sujets contrôles et héminégligents) ne dépend pas du degré de conscience que le participant a de la relation unissant l'indice et la cible. Cette connaissance a donc le même impact qu'elle soit explicite ou implicite.

Contrairement à ce qui existe aujourd'hui dans la littérature sur l'apprentissage implicite, l'étude de Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015) se base sur un apprentissage implicite simple. Le risque est que, dans ce cas, la non-verbalisation de la relation indice-cible par le participant ne signifie pas que la connaissance qu'il a de cette relation est totalement implicite. Actuellement, les paradigmes d'apprentissage

implicite impliquent plutôt l'exposition à un environnement gouverné par des règles complexes qui sont plus difficilement accessibles à la conscience (Cleeremans et al., 1998). Wansard, Geurten, Colson, et Meulemans (2016) ont donc ultérieurement utilisé une tâche gouvernée par des règles plus complexes. La tâche utilisée est toujours directement inspirée du paradigme de Posner. Le sujet est donc une fois de plus placé face à un écran sur lequel trois carrés sont alignés horizontalement. La différence est qu'il s'agit dans ce cas précis d'un paradigme de TR sériels. Le sujet doit fixer le carré central dans lequel apparaissent des séquences de lettres qu'il doit lire à voix haute. Chaque séquence de lettres se termine par la lettre « F », ce qui signifie que la cible (astérisque dans l'un des deux rectangles latéraux) va apparaître. La lettre « F » peut être précédée de différentes lettres : « M » qui prédit que la cible apparaîtra à gauche, « P » qui prédit que la cible apparaîtra à droite ou « T » ou « B » qui ne permettent pas de prédire la localisation d'apparition de la cible. Notons que les participants ne sont pas avertis de la relation unissant les associations de lettres et la localisation de la cible. Les auteurs s'attendent donc à ce que l'apprentissage de cette relation soit implicite et qu'il débouche sur un effet de facilitation se traduisant par une diminution des TR pour les essais prédictifs par rapport aux essais non prédictifs. Juste après la réalisation de la tâche, les sujets sont amenés à répondre au même questionnaire que dans l'étude de Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015). Après quoi, les participants doivent réaliser une tâche de génération dans laquelle il leur est demandé de prédire de quel côté va apparaître la cible en appuyant, après la séquence de lettres, sur le bouton 1 s'ils pensent que la cible va apparaître à gauche ou sur le bouton 2 s'ils pensent que la cible va apparaître à droite. Parmi les sujets contrôles, aucun participant n'a pu identifier correctement la relation unissant lettres et cibles. Pourtant, les sujets contrôles tirent profit des relations statistiques puisqu'au fur et à mesure de la tâche, les TR deviennent plus courts pour les essais prédictifs en comparaison aux essais non prédictifs. Ce qui n'est pas le cas chez les patients NSU qui n'ont pas bénéficié de la prédictibilité pour améliorer leurs TR à l'exception d'un seul patient qui a identifié explicitement la relation entre les lettres et les cibles et qui en a tiré profit pour améliorer ses TR. Cependant, les patients NSU montrent une diminution du nombre d'omissions au cours de la tâche pour les essais prédictifs, mais pas pour les essais non-prédictifs. Attention toutefois que cette diminution n'atteint pas le seuil de significativité statistique ($p = 0.15$). Il faut également noter que les patients NSU sont plus lents et font plus d'omissions quand ils doivent réagir à une cible présentée à

gauche qu'à une cible présentée à droite. Lorsque les indices utilisés nécessitent un apprentissage d'associations plus complexes, comme c'est le cas dans l'étude de Wansard et al. (2016), la détection de ces associations n'a pas lieu chez les patients NSU. Comme le suggèrent Shaqiri et al. (2013), il est possible que ces derniers aient besoin de plus de temps pour que l'apprentissage implicite soit bénéfique.

3.2 Apprentissage implicite de séquences auditives dans l'héminégligence

Les études présentées ci-avant se consacrent exclusivement à la modalité visuelle. Or, Frassinetti, Pavani et Làdavas (2002) ont montré l'importance du système multisensoriel dans la construction d'une représentation spatiale et donc dans les troubles de la représentation spatiale comme c'est le cas dans la NSU. Cette étude de Frassinetti et al. (2002) montre que la présentation simultanée d'un stimulus auditif et d'un stimulus visuel chez les sujets contrôles améliore la détection du stimulus visuel si les deux stimulations proviennent de positions proches dans l'espace. Cet effet est aussi observé dans la NSU puisque les stimuli visuels présentés à gauche sont plus souvent détectés s'ils sont présentés en même temps qu'un stimulus auditif provenant du même endroit ou d'un endroit proche. Il faut également noter que plusieurs études ont montré l'importance que peut avoir la modalité auditive dans la rééducation des patients NSU (Guilbert, Clément, & Moroni, 2014).

N'empêche que, comme précisé précédemment, la NSU n'est pas un syndrome visuel unimodal, des déficits dans la modalité auditive ont également été rapportés. On parle alors d'héminégligence auditive (Pavani et al., 2003). Alors, comment cela se fait-il que la modalité auditive puisse être utilisée pour la rééducation des patients NSU ? Premièrement, Barrett, Edmondson-Jones, et Hall (2010) ont supposé que la présence de NSU visuelle chez un patient n'est pas nécessairement associée à de la NSU auditive. Afin de tester leur hypothèse, Barrett et al. (2010) ont tenté d'évaluer le degré de concordance entre les déficits spatiaux auditifs et visuels dans la NSU grâce à l'analyse de cas de deux patients NSU. Barrett et al. (2010) ont utilisé des stimuli visuels (deux formes géométriques) et auditifs (deux sons de voyelles) qui sont appariés selon leurs paramètres spatiaux et temporels. Notons que les sons sont émis par cinq haut-parleurs positionnés à cinq endroits différents le long de l'écran où apparaissent les stimuli visuels afin d'avoir des provenances spatiales communes entre les stimuli auditifs et visuels. Les auteurs utilisent deux tâches : une tâche d'extinction où les participants doivent déclarer s'ils ont repéré un ou deux stimuli et une tâche de jugement temporel

où les participants doivent signifier à voix haute quel est le stimuli qui est apparu en premier. Alors que l'un des deux patients présente des déficits semblables dans les modalités auditive et visuelle sur la tâche d'extinction et des déficits uniquement en modalité visuelle dans la tâche de jugement temporel, l'autre patient présente un profil différent, notamment avec une performance intacte aux tâches d'extinction visuelle et auditive et un déficit dans les deux modalités sur la tâche de jugement temporel. Il y a donc des dissociations entre les modalités chez un même patient selon le type de tâche utilisée. Par conséquent, les résultats de Barrett et al. (2010) confirment leur hypothèse puisque l'association entre les signes de NSU visuelle et auditive peut apparaître, mais elle n'est pas systématiquement présente chez tous les patients. L'existence de certains signes de NSU en modalité auditive n'est donc pas nécessairement un frein à l'utilisation de la modalité auditive dans la rééducation de la NSU. Deuxièmement, il ne faut pas méconnaître le fait qu'il existe plusieurs divergences entre les négligences visuelle et auditive (Pavani et al., 2004). Tout d'abord, il arrive que les patients NSU ne soient pas capables de détecter des sons contralésionnels. Cela survient surtout lorsque ces sons apparaissent en même temps qu'un son ipsilésionnel, il y a donc un effet d'extinction auditive comparable à l'effet d'extinction visuelle (Gainotti, 2010 ; Pavani et al., 2003 ; Pavani et al., 2004). Mais la grande distinction entre les deux modalités réside dans le fait que les patients NSU sont généralement incapables de détecter les stimuli visuels présentés dans l'espace contralésionnel alors qu'ils sont, la plupart du temps, capables de détecter les stimuli auditifs présentés dans ce même espace contralésionnel (Pavani et al., 2004). Si les patients NSU peuvent détecter les sons en provenance de l'espace contralésionnel, ils éprouvent par contre des difficultés à les localiser. Ils font preuve d'allochirie, c'est-à-dire qu'ils se comportent comme si les sons contralésionnels provenaient de l'espace ipsilésionnel (Gainotti, 2010 ; Pavani et al., 2003 ; Pavani et al., 2004). Cette différence s'explique par les particularités des organes sensoriels spécifiques à chacune des modalités. En effet, en modalité visuelle, la fovéa réalise un codage spatial. Un traitement spatial est par conséquent nécessaire et implique que l'individu NSU est incapable de détecter les stimuli visuels situés dans certaines parties de l'espace. À l'opposé, dans la modalité auditive, il n'est pas nécessaire de considérer la localisation spatiale d'un son pour le détecter puisqu'il n'y a pas de codage spatial au niveau de la cochlée (Guilbert, 2016). Il est donc pertinent d'utiliser la modalité auditive en rééducation pour permettre au patient de mieux explorer l'espace visuel.

Cependant, peu d'études ont été réalisées sur l'influence que peut avoir l'apprentissage implicite en modalité auditive sur l'exploration visuelle et la plupart d'entre elles concernent la musique. Bernardi et al. (2015) ont effectivement montré que la musique, c'est-à-dire une séquence auditive prévisible peut réduire les signes de NSU en améliorant l'exploration de l'espace visuel négligé chez des patients non musiciens avec une lésion cérébrale hémisphérique droite. En effet, l'exploration d'un clavier de piano est meilleure dans le groupe de patients où la séquence jouée produit des sons prévisibles en comparaison aux groupes de patients pour lesquels le clavier n'émet soit aucun son, soit des sons aléatoires. Tsai et al. (2013) mettent également en avant le fait que des patients NSU réussissent plus facilement des tâches d'exploration visuelle lorsqu'ils écoutent de la musique classique que lorsqu'ils réalisent la même tâche dans le silence. Cependant, Soto et al. (2009) montrent que les patients NSU explorent mieux les cibles présentes dans l'espace controlatéral lorsqu'ils écoutent leur chanson préférée que quand ils écoutent une musique qu'ils aiment moins ou quand ils réalisent la tâche dans le silence. Cette étude montre donc que l'impact de la musique sur l'exploration visuelle n'est pas seulement expliqué par un apprentissage implicite des séquences musicales, mais que cet effet est médié par un facteur émotionnel. Chen, Tsai, Huang et Lin (2012) argumentent eux aussi en faveur d'une médiation de l'effet de la musique par l'induction d'une humeur positive. Soto et al. (2009) suggèrent que les affects positifs induits par la musique peuvent diminuer les signes de NSU en augmentant les ressources attentionnelles. En effet, les données issues des techniques d'imagerie magnétique fonctionnelle (IRMf) montrent que les régions émotionnelles du cortex orbitofrontal modulent l'activité des aires cérébrales du cortex intrapariétal impliquées dans les processus attentionnels.

Avant de poursuivre la réflexion à propos de l'impact des stimulations auditives sur l'orientation attentionnelle, il est nécessaire de mieux comprendre comment fonctionne l'orientation attentionnelle en modalité auditive. Effectivement, a priori, nous n'avons aucun élément pour affirmer qu'elle fonctionne de la même manière que l'orientation attentionnelle visuelle. Pourtant, très peu de travaux se penchent sur cette question dans la littérature. Le chapitre suivant se consacre donc d'abord à cette question et se poursuit ensuite en investiguant les interactions ou non qui existent entre l'orientation attentionnelle visuelle et auditive.

4. Orientation attentionnelle en modalité auditive

Comme mentionné précédemment, le paradigme de Posner est un paradigme d'indilage spatial qui permet de mesurer l'orientation de l'attention. Le paradigme original (Posner, 1980) a été conçu pour mesurer l'orientation de l'attention à travers le champ visuel. Par la suite, de nombreuses études se sont intéressées à l'indilage spatial en modalité visuelle (Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al., 2001 ; Bartolomeo, Siéroff, et al., 2007 ; Wansard et al., 2015), mais les études qui ont porté leur intérêt sur l'indilage spatial en modalité auditive sont relativement rares. Les études suivantes (Guilbert, Clément, Martin, Feuillet, et Moroni, 2016 ; Spence & Driver, 1994) se penchent sur le sujet en adaptant le paradigme de Posner à la modalité auditive.

Spence et Driver (1994) ont par exemple utilisé un paradigme inspiré du paradigme de Posner (1980) adapté à la modalité auditive dans lequel les indices et les cibles sont tous deux présentés auditivement. Cette étude est réalisée sur des sujets sains. Dans leur étude, Spence et Driver (1994) ont placé trois haut-parleurs alignés de chaque côté du sujet. Leur étude comporte huit expériences qui apportent toutes des informations intéressantes sur le fonctionnement de l'orientation attentionnelle spatiale auditive :

- Les deux premières expériences visent à comprendre l'orientation spatiale auditive exogène. Durant la première expérience, le sujet entend d'abord un son-indice (en provenance de la droite ou de la gauche sur l'axe interaural) et puis un son-cible (en provenance de droite ou de gauche, mais sur les haut-parleurs placés plus en avant ou en arrière de lui) après un SOA variable (100, 400 ou 1000 ms) et il doit juger de la localisation du son-cible (devant ou derrière). L'indice n'est pas prédictif de la localisation d'apparition de la cible. Les résultats dévoilent l'existence d'une orientation attentionnelle exogène en modalité auditive puisque les participants répondent plus rapidement aux cibles dans les essais valides (le son-cible apparaît du même côté que le son-indice) en comparaison aux essais invalides. Cet effet de validité ne peut s'expliquer que par des processus exogènes parce que d'une part, les indices sont non informatifs et d'autre part, cet effet de validité n'est présent que pour les SOAs les plus courts (100 ms). Il est dès lors impossible que les participants aient pu mettre en place une stratégie d'orientation endogène. Il faut cependant souligner que l'effet d'inhibition de retour présent dans la modalité visuelle n'est pas observé en modalité auditive puisque l'indilage valide ne devient pas un désavantage pour les SOAs plus longs. La deuxième expérience utilise le même dispositif que la

première. Le seul changement réside dans le positionnement des haut-parleurs qui sont désormais positionnés en deux colonnes verticales de chaque côté du participant. Le son-indice vient donc d'un des deux haut-parleurs centraux, celui de droite ou celui de gauche, alors que le son-cible doit être localisé en termes de hauteur (haut ou bas). Les résultats répliquent ceux de la première expérience et sont un élément supplémentaire en faveur de l'existence d'une orientation exogène auditive.

- Dans la troisième expérience, les sons, qu'ils soient indice ou cible, proviennent tous des deux haut-parleurs situés sur l'axe interaural, à droite ou à gauche. Le jugement du participant porte cette fois sur la tonalité du son qui est émis, c'est-à-dire sur une variable non-spatiale. Dans ce cas, il n'y a aucun effet de validité observé.
- Les quatrième, cinquième et sixième expériences s'intéressent quant à elles à l'orientation attentionnelle endogène en modalité auditive. Elles utilisent ainsi des indices sonores spatiaux qui sont prédictifs des localisations d'apparition de la cible auditive. La quatrième expérience utilise le même principe que la première expérience sauf que l'indice est valide dans 75% des essais. Les participants sont avertis de cette relation indice-cible et sont invités à y prêter attention. Comme dans la première expérience, les résultats indiquent une plus grande rapidité des réponses pour les essais valides en comparaison aux essais invalides. Mais dans cette quatrième expérience, l'ampleur de cet effet de validité est plus importante et l'effet est présent pour tous les SOAs (100, 400 et 1000 ms), ce qui révèle l'existence de processus d'orientation attentionnelle endogène en modalité auditive. Toutefois, l'effet de validité observé est certainement un mélange entre des processus endogènes et exogènes puisque la localisation la plus probable de la cible est également la localisation indiquée par l'indice exogène. La cinquième expérience tente de faire la part des choses entre ces deux types de processus en prévoyant une relation-indice cible où 75% des indices sont invalides, c'est-à-dire que la cible survient du côté opposé au côté d'apparition du son-indice dans 75% des cas. Les résultats montrent que les sujets, au fil de l'expérience, sont capables d'inhiber la localisation indiquée pour s'orienter vers la localisation opposée. Ils utilisent donc des processus d'orientation endogène pour orienter leur attention, ces processus existent donc également en modalité auditive. Grâce à cette orientation endogène, les participants réagissent plus rapidement aux essais invalides qu'aux essais valides lorsque les SOAs sont de 400 ou 1000 ms. Pour les SOAs de 100 ms, l'effet de

validité qui était observé dans la première expérience a disparu et le sujet a des TR semblables pour les essais valides et invalides. La sixième expérience utilise un dispositif similaire à celui de la troisième expérience sauf que la cible est produite par le même haut-parleur que l'indice dans 75% des essais et que le sujet en est averti. Contrairement à l'orientation exogène, l'orientation endogène améliore la rapidité et la précision des réponses des participants à propos de la tonalité des sons-cibles.

- La septième expérience ne sera pas décrite ici, elle permet simplement de confirmer que l'orientation exogène de l'attention ne permet pas d'améliorer la discrimination de paramètres non-spatiaux (ex : tonalité des sons).
- La huitième expérience est assimilable à la quatrième. La seule différence réside dans le type de réponse que le sujet doit fournir. Alors qu'il doit réaliser un jugement quant à la localisation de la cible dans la quatrième expérience, il lui est ici simplement demandé de détecter la cible le plus rapidement possible. Il s'agit donc d'une tâche de détection plutôt que de localisation. Les résultats ne montrent aucun effet de validité, il semble que les tâches de détection auditives ne soient pas influencées par l'orientation attentionnelle, ni endogène, ni exogène. Spence et Driver (1994) ont alors conclu que, contrairement à la détection d'une cible visuelle, la détection d'un son ne nécessite pas un traitement spatial.

En conclusion, les processus endogène et exogène d'orientation de l'attention observés en modalité visuelle existent aussi en modalité auditive (Spence & Driver, 1994). Précisons que les auteurs n'explorent pas le caractère explicite ou implicite de l'orientation attentionnelle endogène auditive. Nous pouvons toutefois imaginer qu'il s'agit ici principalement de processus explicites puisque les sujets sont prévenus de la relation indice-cible, même si, comme le montre l'étude de Batolomeo et al. (2001), l'avertissement des participants ne garantit pas obligatoirement l'utilisation d'une stratégie endogène volontaire et contrôlée.

Guilbert et al. (2016) ont également utilisé une tâche inspirée du paradigme de Posner dans laquelle les indices et les cibles sont présentés auditivement, mais cette fois, les sons sont latéralisés à 45° et sont émis par un ordinateur dans un casque. Ils apparaissent donc soit dans l'oreille gauche, soit dans l'oreille droite. L'indice est valide dans 50% des essais et invalide dans 50% des essais également. Les SOAs sont de 100 ou 400 ms. Contrairement à Spence et Driver (1994) qui ont étudié les mécanismes

d'orientation attentionnelle auditive chez les sujets sains, Guilbert et al. (2016) ont pour objectif la compréhension de ces mécanismes dans la NSU. Néanmoins, Guilbert et al. (2016) se concentrent sur l'étude des processus d'orientation exogène en modalité auditive et n'explorent pas les processus endogènes. La performance des patients NSU est évaluée par deux tâches : une tâche de détection durant laquelle l'individu doit appuyer sur un bouton le plus rapidement possible lorsqu'il détecte la cible et une tâche de localisation durant laquelle le sujet doit appuyer sur un bouton à droite si la cible apparaît à droite et sur un bouton situé à gauche si la cible apparaît à gauche. Guilbert et al. (2016) considèrent que l'orientation attentionnelle est un processus supramodal et posent par conséquent l'hypothèse selon laquelle les mêmes difficultés d'orientation exogène que celles observées en modalité visuelle devraient également exister en modalité auditive chez les patients NSU. Comme c'est le cas dans l'étude de Spence et Driver (1984), l'expérience de Guilbert et al. (2016) met en évidence qu'il n'y a pas de traitement spatial de l'information auditive dans une tâche de détection, même chez les patients NSU, ce qui signifie qu'aucun effet de validité n'est observé durant ce type de tâche. Par contre, dans la tâche de localisation, des effets de validité sont observés chez les patients NSU, ce qui montre que l'indice spatial peut aider à localiser correctement la cible. Ces effets de validité sont en général observés pour un seul côté de l'espace et pour les SOAs de 400 ms, contrairement aux sujets sains chez lesquels les effets de validité sont observés pour des SOAs plus courts de 100 ms. Ceci révèle donc des difficultés d'orientation attentionnelle spatiale exogène en modalité auditive chez les patients NSU (Guilbert et al., 2016). Gainotti (2010) démontre l'existence, dans la NSU, d'un biais spatial en modalité auditive qui est semblable à celui généralement observé en modalité visuelle. Ce biais, dans les modalités visuelle et auditive, semble être la conséquence d'une attraction automatique de l'attention pour les stimulations ipsilésionnelles (Gainotti, 2010). Toutefois, la sévérité des signes de NSU est plus importante en modalité visuelle qu'en modalité auditive (Gainotti, 2010), d'où l'intérêt de privilégier la modalité auditive dans la rééducation des patients NSU.

Les études citées jusqu'à présent permettent de conclure que l'apprentissage implicite en modalité auditive peut avoir un effet bénéfique sur l'exploration visuelle de l'espace négligé (Bernardi et al., 2015 ; Tsai et al., 2013) d'une part, et que la plupart des mécanismes qui caractérisent le fonctionnement de l'orientation attentionnelle en modalité visuelle, existent également en modalité auditive (Guilbert et al., 2016 ; Spence & Driver, 1994) d'autre part.

Il semble désormais pertinent de se demander si l'indication spatiale dans une modalité peut orienter l'attention dans une autre modalité, autrement dit si l'orientation attentionnelle est unimodale ou multimodale. C'est ce qu'étudient Schürmann, Grumbt, Heide, et Verleger (2003) en comparant l'orientation attentionnelle dans un paradigme de Posner et en utilisant soit un indice spatial visuel, soit un indice spatial auditif chez des patients avec une lésion cérébrale dans l'hémisphère droit avec ou sans NSU ainsi que chez un groupe de sujets contrôles sans atteinte neurologique. Schürmann et al. (2003) utilisent trois tâches distinctes. Dans tous les cas, les SOAs sont de 150 ms. Dans la première tâche, l'indice et la cible sont tous deux présentés en modalité visuelle avec 50% d'essais valides et 50% d'essais invalides. Puisque les SOAs sont inférieurs à 300 ms et qu'il n'y a pas de prédictibilité des indices, nous pouvons inférer que Schürmann et al. (2003) se consacrent à l'étude de l'orientation attentionnelle exogène. L'indice visuel consiste en un changement de couleur du bord d'un des deux rectangles latéraux. La cible visuelle est une ligne diagonale qui apparaît dans un des deux rectangles. Dans la deuxième tâche, l'indice est présenté en modalité auditive alors que la cible est présentée visuellement. Les conditions de validité des indices sont les mêmes que dans la première tâche. Les sons sont présentés dans un casque, chaque fois soit dans l'oreille gauche, soit dans l'oreille droite. Schürmann et al. (2003) ont également utilisé une troisième tâche avec des indices visuels et des cibles auditives. Pour la première tâche, les résultats ont mis en évidence trois effets principaux. Premièrement, les patients NSU sont globalement plus lents que les patients avec une lésion cérébrale droite sans NSU qui sont eux-mêmes plus lents que les sujets contrôles. Deuxièmement, il y a un effet de validité sur les TR pour chacun des groupes. Tous les participants répondent plus lentement aux cibles précédées d'un indice invalide qu'aux cibles précédées d'un indice valide. De plus, les patients NSU présentent également un effet de validité sur leurs omissions avec un nombre d'omissions plus élevé dans les essais invalides en comparaison aux essais valides. Troisièmement, les patients NSU répondent plus lentement et font plus d'omissions pour les cibles présentées à gauche. Pour la deuxième tâche, celle avec les indices auditifs et les cibles visuelles, les TR sont globalement plus rapides que pour la première tâche, ce qui est concordant avec l'augmentation de l'alerte suite à un signal avertisseur auditif. De fait, comme nous l'expliquerons plus loin avec l'étude de Robertson et al. (1998), le signal sonore tend à augmenter l'alerte, ce qui induit une diminution des déficits spatiaux des patients NSU. Comme avec l'indice visuel, les patients NSU mettent plus de temps pour répondre

aux cibles à gauche qu'à droite, mais cette différence de TR entre la gauche et la droite est plus petite lorsqu'un indiçage auditif est utilisé. Il n'y a que le groupe de patients NSU qui commet plus d'omissions à gauche qu'à droite, mais ce nombre est lui aussi plus petit qu'avec l'indiçage visuel. Contrairement à l'indiçage spatial visuel de la première tâche, l'indiçage auditif n'entraîne aucun effet de validité des indices, c'est-à-dire que les TR ne sont pas plus longs pour les essais invalides en comparaison aux essais valides. Cette absence d'effet de validité est observée dans chacun des groupes. Cette étude de Schürmann et al. (2003) montre donc qu'en modalité auditive, il n'y a aucun effet spécifique au côté. Une explication à ce phénomène est qu'il n'y a pas d'interaction entre l'indice spatial auditif et la localisation de la cible visuelle parce que l'espace auditif et l'espace visuel ne seraient pas traités de manière multimodale, mais plutôt de manière spécifique et séparée (Schürmann et al., 2003). Les résultats de la troisième tâche, celle avec les indices visuels et les cibles auditives, sont également en faveur de cette dernière affirmation. En effet, ils ont montré des TR globalement plus rapides que dans la première tâche, mais contrairement à cette dernière, il n'y a ici aucun effet du côté de la cible, les cibles à gauche sont détectées aussi rapidement que les cibles à droite, et cela, même chez les patients NSU. Comme c'est le cas pour la deuxième tâche, il n'y a pas non plus d'effet de validité. Cette opposition à la conception multimodale du traitement spatial est également mise en exergue par Barrett et al. (2010) qui soulignent les différences de performance au sein des modalités auditive et visuelle selon les tâches utilisées. En effet, ils affirment qu'il existe une hétérogénéité importante entre les patients NSU ainsi que des dissociations entre des sous-processus spécifiques à chaque modalité (Barrett et al., 2010). Les troubles de la représentation spatiale peuvent donc apparaître dans une modalité sensorielle et pas dans une autre (Barrett et al., 2010), ce qui démontre une certaine indépendance entre les deux modalités.

Cependant, il y a actuellement des résultats controversés quant à la représentation multimodale/supramodale ou modalité-spécifique de l'espace. Contrairement à Barret et al. (2010), Guilbert et al. (2016) observent des déficits d'orientation attentionnelle exogène en modalité auditive dans la NSU semblables à ceux existant en modalité visuelle, ce qui, selon eux, représente un argument en faveur de l'implication de processus supramodaux dans l'orientation attentionnelle. Farah, Wong, Monheit, et Morrow (1989) supposent également l'existence d'une représentation multimodale de l'espace. Farah et al. (1989) utilisent une tâche dérivée du paradigme de Posner dans

laquelle ils comparent l'influence d'indices visuels ou auditifs non-prédictifs sur la détection de cibles visuelles. Les auteurs posent l'hypothèse suivante : si la représentation spatiale est supramodale, alors le déficit de désengagement de l'attention observé en modalité visuelle (Posner et al., 1984) doit aussi exister en modalité auditive. Pour rappel, le déficit de désengagement de l'attention décrit dans la NSU est la difficulté à détecter une cible à gauche lorsqu'elle est précédée d'un indice invalide (Posner et al., 1984). Dans l'étude de Farah et al. (1989), les indices visuels consistent en l'épaississement d'un des deux rectangles et les indices auditifs sont des sons émis par des haut-parleurs situés de chaque côté de l'écran sur lequel apparaissent les stimuli visuels. Chacune des tâches, visuelle et auditive, contient 50% d'indices valides et 50% d'indices invalides. Le SOA peut prendre quatre valeurs différentes : 50, 150, 550 ou 1000 ms. Les résultats répliquent les propositions de Posner et al. (1984) puisqu'en modalité visuelle, il y a un déficit de désengagement de l'attention qui se marque par des TR plus importants pour détecter une cible visuelle à gauche lorsqu'elle est précédée d'un indice visuel invalide. Notons que ce déficit de désengagement de l'attention est d'autant plus important que le SOA est court. En ce qui concerne la tâche auditive, les suppositions de Farah et al. (1989) sont approuvées puisqu'un déficit de désengagement de l'attention est également présent : les TR nécessaires pour détecter une cible visuelle à gauche sont plus longs lorsque cette dernière est précédée d'un indice auditif invalide. Le degré du déficit de désengagement de l'attention ne diffère pas significativement entre les deux modalités bien qu'il soit moins important dans la modalité auditive. Cette dernière considération laisse penser qu'en plus de processus multimodaux, le système attentionnel implique également des processus spécifiques à chaque modalité (Farah et al., 1989).

En réalité, nous voyons que la présence d'intégration multisensorielle dépend de la méthodologie utilisée. Comme nous l'avons déjà évoqué, Frassinetti et al. (2002) démontrent l'implication d'une intégration multisensorielle lors de la formation d'une représentation spatiale. Selon Frassinetti et al. (2002), il y a notamment deux conditions nécessaires pour que l'intégration multisensorielle puisse s'établir. D'une part, les stimuli visuel et auditif doivent provenir de localisations très proches dans l'espace pour qu'ils activent les mêmes champs récepteurs au niveau des neurones excitateurs. De cette manière, les deux stimuli sont considérés comme différentes caractéristiques du même objet dans l'espace (Schürmann et al., 2003). D'autre part, l'intervalle de temps

entre les deux stimuli doit être très court, idéalement, les deux stimuli doivent être présentés simultanément (Frassinetti et al., 2002).

Selon Driver et Spence (1998), les interactions entre les modalités visuelle et auditive décrites ci-dessus pour l'orientation attentionnelle exogène sont également possible au sein de l'orientation attentionnelle endogène. De fait, lorsqu'un individu s'attend à recevoir une stimulation en provenance d'un côté spécifique de l'espace dans une modalité sensorielle (ex : audition), ses capacités de détection s'améliorent également pour ce côté de l'espace dans les autres modalités sensorielles (ex : vision). Cependant, les capacités de détection restent plus importantes dans la modalité attendue que dans les autres modalités (Spence & Driver, 1998). Toutefois, les études à ce sujet restent peu nombreuses.

Malgré l'intérêt croissant porté à la modalité auditive dans la NSU, nous remarquons qu'aucune étude n'a pour centre d'intérêt l'impact de l'apprentissage implicite en modalité auditive sur l'orientation attentionnelle endogène plus implicite en modalité visuelle chez les patients NSU. Par contre, plusieurs études évoquent l'impact plus général que peuvent avoir les stimulations auditives sur le système attentionnel et notamment sur les difficultés attentionnelles rencontrées par les patients NSU (Chica et al., 2012 ; Frassinetti et al., 2002 ; Robertson, Mattingley, Rorden, & Driver, 1998 ; Van Vleet & Robertson, 2006). Le chapitre suivant (cf. section 5 du contexte théorique) s'attarde donc sur ces découvertes.

5. Impact des stimulations auditives sur l'orientation attentionnelle

Comme noté précédemment, Frassinetti et al. (2002) ont montré qu'un stimulus visuel présenté à gauche peut être détecté par les patients NSU lorsqu'il est précédé par un stimulus sonore en provenance d'une localisation proche dans l'espace, en l'occurrence ici de l'espace gauche. Cependant, Robertson et al. (1998) montrent, grâce à un paradigme d'alerte phasique, que les patients NSU sont capables de détecter des événements qui surviennent à gauche lorsque ceux-ci sont précédés d'un signal sonore avertisseur présenté de manière centrale. Robertson et al. (1998) affirment ainsi qu'un stimulus auditif non spatial peut avoir un effet sur l'orientation de l'attention visuelle dans la NSU. Cela est confirmé par une étude récente qui utilise un matériel plus écologique, une tâche de navigation spatiale en réalité virtuelle, et qui montre que les

patients NSU ont de meilleures performances en navigation spatiale lorsqu'ils entendent des stimuli auditifs non-latéralisés de type sonar (Cogné et al., 2018).

En effet, alors que les patients NSU présentent des déficits au niveau du processus d'alerte tonique, c'est-à-dire une diminution du niveau d'éveil au cours de la journée, l'alerte phasique semble préservée. L'alerte phasique est une augmentation rapide du niveau d'éveil suite à la présentation d'un signal avertisseur. Cette dissociation entre les deux processus d'alerte chez les patients NSU peut s'expliquer par le fait que ces deux fonctions cognitives sont sous-tendues par des corrélats neuronaux distincts. L'alerte tonique est sous-tendue par un réseau neuronal latéralisé dans l'hémisphère droit impliquant les lobes frontal et pariétal qui sont souvent lésés dans la NSU. En conséquence, il est aisé de comprendre qu'un déficit d'alerte tonique est fréquemment associé à la NSU. L'alerte phasique, quant à elle, dépend de projections thalamo-mésencéphaliques adrénergiques qui sont préservées dans la NSU et qui, via leur activation, peuvent activer les régions hémisphériques droites déficitaires. Un signal auditif non-spatial permet donc aux patients NSU de compenser leur biais latéral (Robertson et al., 1998). Cet effet peut notamment être expliqué par l'étude menée par Matthias et al. (2010) sur des sujets sains qui met en évidence deux phénomènes qui surviennent successivement en condition d'alerte phasique. Juste après la présentation du signal avertisseur, il y a d'abord une augmentation de la vitesse de traitement qui atteint un pic après 80 ms. Ensuite, un biais attentionnel spatial dirigé vers la gauche apparaît et est maintenu pour les SOAs plus longs (Matthias et al., 2010). Chica et al. (2012) supposent que les réseaux neuronaux qui sous-tendent l'alerte phasique et l'orientation attentionnelle sont en interaction, ce qui explique le fait que l'augmentation de l'alerte phasique consécutive au signal sonore avertisseur améliore le déficit d'orientation attentionnelle chez les patients NSU. Cette interaction entre alerte et orientation attentionnelle est d'ailleurs confirmée par des études neurophysiologiques qui montrent une amélioration des signes de NSU suite à une stimulation du système noradrénergique (Malhotra, Parton, Greenwood, & Husain, 2006) impliqué dans les processus d'alerte (Robertson et al., 1998).

Suite aux résultats obtenus par Robertson et al. (1998) et Frassinetti et al. (2002), Van Vleet et Robertson (2006) ont émis l'hypothèse que les stimulations auditives ont un double impact sur le fonctionnement attentionnel. Selon eux, les sons entraînent d'une part, une amélioration de l'attention spatiale suite à une intégration spatiale

multisensorielle et d'autre part, une amélioration de l'alerte. Pour mettre leurs hypothèses à l'épreuve, Van Vleet et Robertson (2006) ont exploré, chez un patient présentant une NSU gauche relativement sévère, les effets sur l'attention spatiale, de sons présentés soit bilatéralement, soit du même côté que la cible visuelle (sons spatialement congruents), soit du côté opposé à la localisation de la cible visuelle (sons spatialement incongruents). Le patient doit rechercher une cible parmi un ensemble de distracteurs. Un son est émis par des haut-parleurs fixés de chaque côté de l'écran et le côté d'apparition du son n'est pas prédictif du côté d'apparition de la cible. Les résultats montrent que le signal sonore peut améliorer la recherche visuelle lorsque le son est présenté bilatéralement ou du même côté que la cible. Ces résultats sont en faveur des deux hypothèses décrites ci-dessus. Effectivement, l'effet découvert pour les sons bilatéraux prouve que l'amélioration de la performance est en partie due à une amélioration du processus d'alerte. Alors que l'effet des sons spatialement congruents démontre un effet positif de l'intégration intermodale sur la représentation spatiale, ce qui signifie que la personne utilise des informations issues des différentes modalités sensorielles pour créer sa représentation de l'espace. D'où la possibilité que les stimulations auditives, par le biais d'une intégration spatiale multimodale, permettent de créer une représentation de l'espace plus stable et plus précise qu'une représentation spatiale construite sur base d'une seule modalité sensorielle (Van Vleet & Robertson, 2006). De plus, dans une seconde expérience réalisée sur le même patient, Van Vleet et Robertson (2006) ont montré qu'un signal sonore avertisseur permet de réduire le « visual attentional blink » chez les patients NSU. En résumé, Van Vleet et Robertson (2006) démontrent que les stimulations auditives peuvent avoir un impact aussi bien sur les processus attentionnels spatiaux (orientation spatiale de l'attention) que non-spatiaux (aspects temporels de l'attention sélective). Selon Van Vleet et Robertson (2006), l'impact positif des stimuli sonores sur l'orientation spatiale de l'attention peut être expliqué d'une part, par une amélioration de l'alerte et d'autre part, par l'intégration multisensorielle. Mais d'autres auteurs expliquent les effets bénéfiques des stimuli auditifs sur l'orientation attentionnelle d'une autre façon (Kusnir, Chica, Mitsumasu, & Bartolomeo, 2011). Par exemple, Kusnir et al. (2011) considèrent que l'alerte phasique peut améliorer la perception consciente des stimuli visuels. Brièvement, la perception consciente est le fait d'avoir subjectivement conscience d'avoir perçu le stimulus. Un stimulus peut atteindre le seuil de la perception consciente s'il contient une activation exogène (bottom-up) et qu'en retour, cette activation est renforcée par des mécanismes

endogènes (top-down). Il existe donc des relations entre l'attention spatiale et la perception consciente, mais il y a des dissociations entre les processus endogènes et exogènes. Alors que l'attention endogène ne semble pas indispensable à la perception consciente, l'attention exogène l'est. Selon Kusnir et al. (2011), les troubles de l'orientation attentionnelle exogène décrits dans la NSU peuvent conduire à un défaut de perception consciente pour les stimuli de l'espace controlatéral à la lésion. C'est cohérent puisque les patients NSU ont tendance à ne pas percevoir consciemment l'espace controlatéral à la lésion. Kusnir et al. (2011) explorent le rôle de l'alerte dans la perception consciente chez des sujets sains en utilisant une tâche de localisation de cible (haut-bas), mais la cible apparaît sur l'écran très rapidement, à la limite du seuil de perception consciente. La moitié des cibles est précédée d'un signal sonore avertisseur qui ne permet pas de prédire l'apparition de la cible. Dans ce cas, suite au signal sonore, la cible apparaît après un SOA compris entre 200 et 300 ms. Les résultats mettent en évidence que les cibles sont détectées plus rapidement et que les participants affirment les avoir perçues plus souvent de manière consciente lorsqu'elles sont précédées d'un signal sonore avertisseur. L'ampleur de ces résultats est encore plus importante dans la seconde partie de l'expérience où le signal sonore est prédictif de l'apparition de la cible puisqu'il la précède d'un intervalle de temps constant dans les différents essais. Cette manipulation permet de conclure, qu'en plus du mécanisme d'alerte, les cibles sont plus facilement perçues quand elles apparaissent d'une manière prédictive. Le signal sonore avertisseur permet de préparer le réseau fronto-pariétal avant que le stimulus ne soit présenté, il permet donc une amplification de la détection bottom-up via une activation top-down préalable de ce réseau neuronal. Cette activation du réseau fronto-pariétal provient de l'activation des projections cortico-thalamiques avec lesquelles il interagit. En conclusion, l'alerte tonique affecte directement le traitement perceptuel (Kusnir et al., 2011). Puisque les patients NSU ont un trouble de la perception consciente pour le côté négligé de l'espace, on peut supposer que les stimulations auditives, surtout quand elles sont prédictives, permettent d'améliorer la perception consciente de cibles visuelles présentées dans l'espace controlatéral (Kusnir et al., 2011).

En résumé, les études présentées ci-dessus révèlent l'impact que peut avoir une stimulation auditive sur l'orientation attentionnelle visuelle (Chica et al., 2012 ; Frassinetti et al., 2002 ; Kusnir et al., 2011 ; Matthias et al., 2010 ; Robertson et al., 1998 ; Van Vleet & Robertson, 2006).

Golay, Hauert, Greber, Schnider et Ptak (2005) ont réalisé une étude dans laquelle ils ont utilisé différents indices auditifs qui sont soit statiques (sons en provenance de gauche ou de droite), soit dynamiques (sons donnant l'impression de se déplacer de la gauche vers la droite ou inversement) et qui surviennent avant une cible visuelle à laquelle le sujet doit réagir. Le SOA est soit de 150 ms soit de 1000 ms. L'objectif de Golay et al. (2005) est d'étudier l'impact des indices auditifs sur les performances obtenues lors d'une tâche de détection visuelle. Après la tâche de détection visuelle, les participants sont soumis à une tâche de discrimination des sons durant laquelle il leur est demandé d'identifier si le son provient des deux oreilles, de l'oreille droite ou de l'oreille gauche et si les sons sont perçus comme étant en mouvement ou non. En comparant l'influence des indices dynamiques à l'influence des indices statiques, il est possible, selon Golay et al. (2005), de déterminer le degré de modulation attentionnelle purement dû à des modifications de l'orientation spatiale puisque l'alerte devrait être augmentée de la même manière dans les différentes conditions. Les résultats sont en faveur d'une modulation attentionnelle importante chez les patients NSU ; ceux-ci bénéficient des sons statiques et des sons dynamiques se déplaçant de la droite vers la gauche pour réagir à des cibles visuelles présentées à gauche. Les bénéfices sont plus importants pour les indices dynamiques en comparaison aux indices statiques. Notons que les patients NSU ne sont pas conscients que leur performance est influencée par les indices auditifs ; ils affirment ne pas prêter attention aux indices. De plus, il est impossible que les patients aient orienté volontairement leur attention en fonction de l'apparition des indices puisque dans une tâche de discrimination, les patients ont tendance à commettre des erreurs et notamment à considérer les sons bilatéraux comme étant ipsilésionnels. Ce type d'erreur confirme le phénomène d'allochirie décrit en modalité auditive par Guilbert (2016). Cette étude de Golay et al. (2005) permet de montrer que les sons contiennent certaines caractéristiques spatiales qui peuvent avoir une influence sur l'orientation attentionnelle visuelle, mais seulement pour les SOAs de 150 ms et pas pour les SOAs de 1000 ms. Il est donc possible que les indices auditifs affectent davantage l'orientation attentionnelle exogène qu'endogène chez les patients NSU (Golay et al., 2005). Néanmoins, jusqu'à présent, aucune étude ne s'est penchée sur la capacité des indices auditifs spatiaux à induire un apprentissage implicite qui permettrait une orientation attentionnelle endogène plus implicite en modalité visuelle chez les patients NSU.

Dès lors, nous nous sommes posé la question suivante : « Les indices auditifs spatiaux sont-ils capables, tout comme les indices visuels (Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al., 2001 ; Bartolomeo, Siéroff, et al., 2007), d’induire une orientation endogène plus implicite ? ». Ceci nous mène désormais à l’objectif de la présente étude. Puisque l’orientation attentionnelle endogène plus implicite en modalité visuelle semble permettre de réduire les signes de NSU chez les patients ayant une NSU modérée (Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al., 2015), nous allons explorer si l’utilisation de la modalité auditive permet d’élargir les bénéfices de l’apprentissage implicite aux patients présentant une NSU plus sévère. Étant donné que les patients NSU ne se sont pas montrés capables d’apprendre implicitement des régularités gouvernées par des règles complexes dans un paradigme de TR sériels (Wansard et al., 2016), nous allons repartir d’un paradigme plus simple directement inspiré du paradigme de Posner afin de comparer directement l’avantage de la modalité auditive par rapport à la modalité visuelle. L’utilisation de la modalité auditive peut être justifiée par plusieurs arguments. Premièrement, cette modalité semble moins fortement altérée dans la NSU (Gainotti, 2010). Deuxièmement, certaines études ont montré que l’apprentissage implicite via la musique peut améliorer l’orientation attentionnelle visuelle du côté négligé de l’espace (Bernardi et al., 2015 ; Chen et al., 2012 ; Soto et al., 2009 ; Tsai et al., 2013). Troisièmement, cette modalité présente des avantages collatéraux déjà exposés précédemment tels que l’amélioration de la perception consciente et des processus d’alerte (Kusnir et al., 2011 ; Roberston et al., 1998 ; Van Vleet & Robertson, 2006).

Methodologie

1. Participants

Cette étude inclut trois groupes de participants :

- Un premier groupe composé de patients avec une lésion cérébrale dans l’hémisphère droit et des signes de NSU. Nous l’appellerons « groupe NSU ».
- Un deuxième groupe constitué de patients avec une lésion cérébrale dans l’hémisphère droit sans NSU. Nous l’appellerons « groupe LD » en référence à une lésion droite.

- Un troisième groupe composé de participants issus de la population tout-venant sans atteinte neurologique. Il s'agit d'un groupe contrôle.

La majorité des patients cérébrolésés a été recrutée dans des hôpitaux et centres de révalidation neurologique de Belgique (Clinique du Pérî, Hôpital du Valdor et CHU à Liège, Enjeu AIGS et CHC Espérance à Montegnée, Clinique Saint-Vincent à Rocourt, CHC Notre-Dame à Waremme, CHU d'Esneux, Hôpital Jolimont à La Louvière, Hôpital Molière-Longchamp, CHU Brugmann et Cliniques Universitaires Saint-Luc à Bruxelles). Toutefois, un patient a été recruté en maison de repos (Home Jamotte à La-Roche-en-Ardenne) et un autre via une association pour personnes cérébrolésées (Ligue Azimut de Verviers). Certains patients ont été rencontrés à leur domicile après la fin de leur hospitalisation.

Les critères d'exclusion pour la participation à l'étude sont la présence de lésions cérébrales bilatérales, d'antécédents psychiatriques, d'hémianopsie latérale homonyme et la suspicion de démence.

Vingt-trois patients avec une lésion cérébrale hémisphérique droite et des signes de NSU gauche ont participé à l'étude. Les patients sont considérés comme NSU lorsqu'ils obtiennent un score déficitaire à au moins deux des tests évaluant la NSU. Les tests de négligence administrés sont présentés dans la section suivante (cf. section 2.1 de la méthodologie) et les résultats obtenus par les patients NSU à ces tests figurent dans le tableau A3 en annexe. Il est possible qu'après plusieurs mois de rééducation, certains patients NSU soient devenus capables de compenser leurs difficultés sur des tâches papier-crayon comme celles mentionnées ci-dessus. Dans notre échantillon, c'est le cas de quatre patients (cf. tableau A3 en annexe). Ces derniers ont tout de même été inclus dans le groupe NSU, soit parce qu'ils présentent toujours des signes de NSU dans leur vie quotidienne, soit parce qu'ils sont encore suivis ponctuellement pour leur NSU. Deux patients de l'échantillon ont été exclus des analyses. L'un à cause d'un faible niveau de vigilance qui a provoqué un endormissement durant la passation et l'autre pour cause de distractibilité qui l'amenait à détourner le regard de l'écran pendant une grande partie de l'épreuve. Les analyses portent donc sur 21 patients NSU âgés de 26 à 87 ans (moyenne = 63.33 ; écart-type = 15.33) et ayant un niveau d'éducation compris entre 6 et 17 années scolaires (moyenne = 11.67 ; écart-type = 2.92). Le niveau scolaire est calculé en comptant le nombre d'années d'études réussies à partir de la première primaire. Dans notre étude, le niveau scolaire est utilisé comme un indicateur du niveau

socio-culturel (NSC) des participants. Le tableau A1 en annexe reprend les données démographiques et neurologiques des patients NSU.

Le groupe LD est composé de 12 sujets. Les patients inclus dans le groupe LD ont obtenu moins de deux scores déficitaires aux tests d'évaluation de la négligence. Leurs résultats à ces tests sont disponibles dans le tableau A4 en annexe. Les analyses portant sur le groupe LD sont exécutées sur un échantillon de 12 patients âgés de 31 à 85 ans (moyenne = 57.08 ; écart-type = 13.12) et ayant un niveau d'éducation compris entre 6 et 18 ans (moyenne = 11.83 ; écart-type = 4.61). Le tableau A2 en annexe reprend les données démographiques et neurologiques des patients LD.

Le groupe contrôle est composé de 40 sujets ne présentant aucune atteinte neurologique. Ils sont âgés de 22 à 89 ans (moyenne = 63.60 ; écart-type = 14.57) et ont un niveau d'éducation de 5 à 18 années (moyenne = 12.10 ; écart-type = 3.78)².

Nous avons réalisé des analyses statistiques afin de vérifier que les groupes ne diffèrent pas selon leur âge et leur niveau d'éducation.

En ce qui concerne la variable âge, elle suit une distribution normale selon le test de Shapiro-Wilk et l'homoscédasticité des variances à travers les groupes est respectée selon le test de Levene. C'est pourquoi nous réalisons une ANOVA à un facteur qui considère l'impact de la variable groupe sur la variable âge. Cette analyse montre que les groupes ne diffèrent pas significativement selon l'âge, $F(2,70) = .98, p = .38$.

Pour la variable niveau d'éducation, la normalité des données et l'homoscédasticité des variances sont violées selon le test de Shapiro-Wilk et le test de Levene respectivement. D'où notre décision de réaliser le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis avec le niveau d'éducation comme variable dépendante et le groupe comme variable indépendante. Les groupes ne diffèrent pas de manière significative selon le niveau d'éducation, $H(2,73) = .13, p = .94$.

2. Outils

Dans cette section se trouvent, tout d'abord, les différents tests qui ont permis de diagnostiquer la présence ou l'absence de NSU chez les patients. Ensuite, nous

² Notons que les proportions des genres sont respectées dans le groupe contrôle : 20 femmes et 20 hommes. Pour les deux groupes de patients cérébrolésés, nous n'avons pas tenu compte de la proportion des genres car théoriquement, il est difficile de savoir quelle est la répartition des lésions cérébrales et des signes de NSU entre les sexes dans la population. Le groupe NSU est composé de 9 femmes et 12 hommes et le groupe LD de 5 femmes et 7 hommes.

présentons la tâche expérimentale et le questionnaire post-expérience qui nous ont permis de tester nos différentes hypothèses de recherche, lesquelles seront détaillées ultérieurement (cf. section 4 de la méthodologie).

2.1 Tests d'évaluation de la négligence spatiale unilatérale

Pour diagnostiquer la présence de NSU chez les patients, sept tests d'évaluation de la négligence sont administrés systématiquement. Les patients sont considérés comme NSU lorsqu'ils obtiennent une performance déficitaire à minimum deux de ces tests.

Parmi les tests administrés, on retrouve d'abord plusieurs sous-tests de la Batterie d'évaluation de la négligence (Azouvi et al., 2000) validée et normalisée par le Groupe d'Etude sur la Rééducation et l'Evaluation de la Négligence unilatérale (GEREN). Elle est composée de différents tests perceptifs papier-crayon. Quatre d'entre eux sont utilisés dans ce mémoire : l'écriture, le test des cloches, le dessin de l'horloge et le test de bissection de lignes. Mis à part cette batterie, nous administrons également le test de barrage de lettres (Mésulam, 1985), le test de barrage des lignes (Albert, 1973) et la copie de la figure de Gainotti (Gainotti et al., 1972).

2.2 Tâche expérimentale

La tâche expérimentale est administrée sur un ordinateur de 17 pouces à l'aide du logiciel E-prime (version 2.0) et consiste en deux tâches inspirées du paradigme de Posner : une avec un indiçage spatial visuel similaire à celle utilisée par Wansard, Bartolomeo, Vanderspoilden, et al. (2015) et l'autre avec un indiçage spatial auditif.

Dans les deux tâches, le sujet est assis en face de l'écran sur lequel deux rectangles noirs (un à gauche et à un droite) de 4,3 cm de longueur et de 2,5 cm de hauteur apparaissent sur un fond gris clair. Au centre de l'écran, un signe « + » est présenté et constitue le point de fixation. Le sujet est invité à fixer ce signe pendant la totalité de l'expérience. Durant ces deux tâches, le sujet reçoit pour consigne de réagir le plus rapidement possible en appuyant sur la touche « espace » du clavier lorsqu'un astérisque apparaît. L'astérisque est donc la cible à laquelle les participants doivent réagir, il a un diamètre de 4 mm et il apparaît toujours au centre de l'un des deux rectangles. Ce qui varie entre les deux tâches, c'est la nature de l'indice : auditif ou visuel. En effet, juste avant l'apparition de la cible, un indice est présenté au sujet. Dans la tâche avec un indiçage spatial visuel, l'indice est exogène et correspond à l'épaississement du contour d'un des deux rectangles durant 300 ms alors que dans la

tâche avec un indiçage spatial auditif, l'indice correspond à un son émis dans l'oreille droite ou dans l'oreille gauche du participant à l'aide d'un casque durant 300 ms.

Les deux tâches vont à présent être décrites de manière plus détaillée.

2.2.1 Tâche de type Posner avec indiçage spatial visuel

Le sujet est assis face à l'ordinateur portable qui est placé dans l'alignement de son tronc. Chaque essai commence avec l'apparition de l'indice, c'est-à-dire le contour d'un des deux rectangles qui s'épaissit durant 300 ms. Après la disparition de l'indice, la cible apparaît après un intervalle de temps variable (600, 800 ou 1000 ms), cela permet d'éviter que les participants ne répondent systématiquement après un intervalle de temps identique après l'indice, sans nécessairement avoir détecté la cible. Le sujet doit alors, comme mentionné précédemment, réagir aussi vite que possible à la cible en appuyant sur la touche « espace » du clavier avec l'index de sa main droite. La cible reste visible pendant maximum 2100 ms, ce temps relativement long devrait permettre de réduire la fréquence des omissions. Durant la tâche, 20 essais où aucune cible ne survient après l'indice sont dispersés aléatoirement afin d'éviter des réponses automatiques en l'absence de cible. Un nouvel essai est présenté toutes les 1000 ms.

La tâche est composée de quatre blocs (bloc 1, bloc 2, bloc 3 et bloc 4) qui sont présentés successivement avec la possibilité pour le sujet de faire une pause de quelques minutes entre le bloc 2 et le bloc 3. Le premier bloc comprend 40 essais dont 12 essais d'entraînement. Durant ce premier bloc, la localisation de l'indice n'est pas prédictive de la localisation d'apparition de la cible. Les essais avec indice valide et avec indice invalide sont présents dans des proportions égales (50%-50%). Le deuxième bloc contient quant à lui 82 essais dont 18 essais d'entraînement. Cette fois, la cible apparaît dans le rectangle du côté opposé au côté d'apparition de l'indice dans 80% des essais. Il y a donc une relation de prédictibilité entre l'indice et la cible puisque l'indice est invalide dans 80% des essais. Les participants ne sont pas avertis de cette relation, ils sont simplement informés du fait que l'épaississement du rectangle survient avant l'apparition de la cible. Le troisième bloc contient 68 essais et comme pour le bloc 2, l'indice est invalide dans 80% des essais. Enfin, le quatrième bloc est similaire au premier bloc. Il contient également 40 essais et la localisation de l'indice n'est pas prédictive de la localisation d'apparition de la cible, autrement dit, l'indice est valide

dans 50% des essais et invalide dans 50% des essais. Dans chacun des blocs, les indices et les cibles apparaissent sur la gauche et sur la droite dans des proportions égales.

Après avoir réalisé cette tâche, le sujet est soumis à 15 essais de discrimination visuelle pendant lesquels il doit identifier si le rectangle dont le contour s'est épaissi était celui de droite (5 essais), celui de gauche (5 essais) ou bien si les contours des deux rectangles se sont épaissis en même temps (5 essais). Pour chaque essai, le temps de présentation du stimulus est de 300 ms et le participant donne sa réponse à haute voix. L'expérimentateur encode alors la réponse sur un clavier sans fil : il appuie sur la touche « D » si le sujet pense que le stimulus a été présenté à droite, « G » si le sujet pense que le stimulus a été présenté à gauche et « B » si le sujet pense que le stimulus a été présenté des deux côtés simultanément. Cela permet d'évaluer si les indices présentés à gauche et à droite ont pu être détectés correctement, mais aussi d'évaluer brièvement l'effet d'extinction visuelle qui, pour rappel, est le fait de pouvoir détecter un stimulus contralésionnel lorsqu'il est présenté isolément, mais de ne pas être capable de le détecter s'il est présenté simultanément à un stimulus ipsilésionnel (Azouvi et al., 2000 ; Heilman et al., 2011).

2.2.2 Tâche de type Posner avec indiçage spatial auditif

Le sujet est assis face à l'ordinateur portable qui est placé bien en face de son buste. Chaque essai commence avec l'apparition de l'indice, c'est-à-dire un son qui est émis dans l'oreille droite ou dans l'oreille gauche durant 300 ms via un casque. Ce son a une fréquence de 44 kHz et une qualité de son de 706 kbps. Une fois l'indice disparu, la cible apparaît après un SOA variable (600, 800 ou 1000 ms), cela empêche les participants de prédire l'apparition de la cible sur base d'informations temporelles. Le sujet doit alors réagir aussi vite que possible à la cible en appuyant sur la touche « espace » du clavier avec l'index de sa main droite. Comme pour la tâche visuelle, la cible reste visible jusqu'à 2100 ms pour réduire le risque d'omissions. Durant la tâche, 20 essais où aucune cible ne suit l'indice sont dispersés aléatoirement afin d'éviter les réponses automatiques en l'absence de cible. Un nouvel essai est présenté après un intervalle de 1000 ms.

La tâche auditive comprend également quatre blocs qui sont présentés successivement avec la possibilité pour le sujet de faire une pause de quelques minutes

entre les blocs 2 et 3. La composition des différents blocs en termes de nombre d'essais et de validité des indices est identique à celle de la tâche visuelle.

Après avoir réalisé cette tâche, le sujet est soumis à une tâche de discrimination des sons qui contient 15 essais pendant lesquels le sujet doit identifier si le son a été présenté dans l'oreille droite (5 essais), dans l'oreille gauche (5 essais) ou dans les deux oreilles simultanément (5 essais). Pour chaque essai, la durée de présentation du stimulus est de 300 ms et le participant donne sa réponse à haute voix. L'expérimentateur encode alors cette réponse sur un clavier sans fil selon les mêmes règles que pour la modalité visuelle. Cela permet de voir dans quelle mesure les participants sont capables de localiser les sons qu'ils ont détectés, mais cela sert également d'évaluation succincte d'éventuels signes de NSU auditive puisque celle-ci n'a pas été évaluée préalablement en raison du peu d'outils qui existent actuellement.

2.3 Questionnaire post-expérience

Ce questionnaire post-expérience vise à vérifier la conscience que l'individu a de la relation indice-cible via sa capacité à verbaliser ou non cette relation. Les questions suivantes sont posées pour chacune des tâches : visuelle et auditive. Voici les questions auxquelles le participant doit répondre en respectant l'ordre. (1) Avez-vous remarqué quelque chose durant les tâches qui vous ont été proposées ? (2) Avez-vous noté une relation entre l'apparition de l'indice (son ou épaissement du rectangle selon la version) et l'apparition de l'astérisque ? (3) Avez-vous noté une relation entre l'apparition de l'indice (son ou épaissement du rectangle selon la version) et l'apparition de l'astérisque ? (4) Un questionnaire à choix multiples (QCM) est proposé où le sujet a le choix entre l'absence de relation entre l'indice et la cible, une relation valide ou une relation invalide. (5) Il est demandé au sujet d'indiquer le degré de confiance qu'il a dans la réponse qu'il a donnée à propos de la relation entre l'indice et la cible (pas du tout confiance, moyennement confiance ou tout à fait confiance). (6) Il est demandé au sujet d'indiquer, dans le déroulement de la tâche, le moment où cette relation lui est apparue (début, moitié ou fin). (7) Le sujet doit estimer, pour les deux tâches, le pourcentage d'essais pour lesquels la cible est apparue dans le rectangle opposé au côté d'apparition de la cible.

Il existe deux versions du questionnaire. La version A pour les participants qui réalisent la tâche visuelle avant la tâche auditive et la version B pour les participants qui

réalisent les tâches dans l'ordre inverse. Seul l'ordre des questions varie d'un questionnaire à l'autre. Les deux versions du questionnaire post-expérience sont présentées dans les figures A1 et A2 en annexe.

Lorsque les participants sont capables de répondre correctement, pour une des modalités, à la question 2 ou 3 et qu'ils choisissent la bonne proposition à la question 4, ils sont considérés comme verbalisateurs, c'est-à-dire qu'ils sont conscients de la relation indice-cible.

3. Protocole

Cette étude a été menée avec l'accord du comité d'éthique hospitalo-facultaire universitaire de Liège. Tous les participants ont signé un formulaire d'informations et de consentement éclairé avant de participer à l'étude.

Les patients avec une lésion cérébrale hémisphérique droite, qu'ils souffrent ou non de NSU, sont d'abord rencontrés lors d'une première séance afin d'administrer les tests d'évaluation de la négligence. La durée de cette séance varie entre 25 et 50 minutes selon la vitesse de traitement et le niveau de vigilance des patients. Cette séance n'est pas administrée aux sujets contrôles sans atteinte neurologique.

Tous les participants, c'est-à-dire les trois groupes, sont ensuite soumis à la tâche expérimentale. Notons qu'afin d'éviter un effet d'apprentissage dû à l'ordre d'administration des tâches visuelle et auditive, c'est à dire un effet d'amélioration systématique de la performance à la deuxième tâche administrée suite à l'administration de la première, les tâches auditive et visuelle ont été administrées dans des ordres contrebalancés entre les participants. La moitié des participants de chaque groupe commence par la tâche visuelle (version A) alors que l'autre moitié commence par la tâche auditive (version B)³. Une pause d'environ 5 minutes est prévue entre les deux tâches afin de limiter l'effet de fatigabilité sur la deuxième tâche. Après avoir réalisé les deux tâches informatisées, tous les participants répondent au questionnaire post-expérience. Ce n'est qu'une fois le questionnaire complété que l'objectif de l'étude est expliqué de manière plus détaillée au participant. L'explication vient après la tâche expérimentale car cela est nécessaire pour préserver le caractère implicite de

³ La procédure de contrebalancement a été respectée lors de l'administration des tâches, mais nous avons dû exclure deux patients et certains patients initialement considérés comme LD selon les tests d'évaluation de la négligence ont finalement été transférés dans le groupe NSU à cause des signes résiduels de NSU dans leur vie quotidienne. Ces changements ont entraîné un léger déséquilibre au sein du groupe de patients NSU (12 versions A et 9 versions B).

l'apprentissage. La séance consacrée à la tâche expérimentale dure au total entre 40 et 60 minutes.

4. Hypothèses

Ce mémoire a pour objectif de répondre aux questions suivantes : L'apprentissage implicite permet-il aux patients NSU d'orienter leur attention vers la partie de l'espace négligée ? Si tel est le cas, l'apprentissage implicite de régularités auditives permet-il d'obtenir des bénéfices plus importants que l'apprentissage implicite de régularités visuelles ? En réponse à ces questions, voici les hypothèses a priori que nous posons.

Notre **première et principale hypothèse** est la suivante : les participants devraient apprendre la relation indice-cible et s'en servir pour améliorer leur performance de détection visuelle. Si les participants apprennent la relation indice-cible, nous nous attendons à ce que leurs TR pour les essais invalides diminuent dans les blocs 2 et 3 alors que nous pouvons nous attendre à ce que leurs TR pour les essais valides augmentent dans ces mêmes blocs. Toutefois, les prédictions que nous faisons quant à la manière dont cet apprentissage peut se traduire diffèrent selon la modalité sensorielle et selon le groupe de participants concerné. Cette première hypothèse va donc être scindée en sous-hypothèses : une pour chaque modalité et cela, aussi bien pour le groupe de patients NSU que pour le groupe de sujets contrôles.

En ce qui concerne la modalité visuelle, nous nous attendons à répliquer les résultats obtenus par Wansard, Bartolomeo, Vanderspoilden, et al. (2015). Les sujets contrôles devraient apprendre assez rapidement la relation indice-cible et devraient pouvoir l'utiliser pour améliorer leur performance à la tâche de détection visuelle. Les patients NSU devraient quant à eux apprendre implicitement la relation indice-cible et être capables de s'en servir pour améliorer leur performance seulement si leur NSU est légère à modérée. Ce pattern de performance ne devrait pas être observé chez les patients dont la NSU est sévère.

La nouveauté de l'étude réalisée dans le cadre de ce mémoire réside dans l'apprentissage de régularités auditives. Nous pensons que l'apprentissage implicite, lorsqu'il s'effectue sur des régularités auditives, devrait améliorer l'exploration visuelle de l'espace négligé chez les patients NSU, et cela, même pour ceux présentant des signes de NSU plus sévères. Tout comme en modalité visuelle, les sujets contrôles

devraient se montrer capables d'apprendre implicitement et d'utiliser la relation entre l'indice et la cible.

De manière générale, nous nous attendons à ce que l'apprentissage implicite de la relation indice-cible ainsi que son effet sur la performance du participant puissent être influencés par les variables suivantes : validité de l'indice (indice prédictif ou contre-prédictif) et côté d'apparition de la cible (gauche ou droite).

Notre **seconde hypothèse** concerne la nature de l'apprentissage. Nous pensons que l'apprentissage implicite peut permettre une meilleure orientation de l'attention dans l'espace. Nous pensons donc qu'il n'est pas nécessaire que l'apprentissage soit conscient (Bartolomeo, Decaix, et al., 2007 ; Risko & Stolz, 2010). Par conséquent, le degré de conscience que le participant a de la relation indice-cible, entendez sa capacité à verbaliser ou non la relation apprise, ne devrait pas avoir d'influence sur sa performance. Ceci sera vérifié à l'aide des réponses données par les participants au questionnaire post-expérience.

L'intérêt du groupe de patients avec lésion hémisphérique droite sans NSU est qu'il nous permet d'affirmer que les effets observés chez les patients avec NSU sont bel et bien la conséquence de la NSU et non pas de la présence d'une lésion cérébrale hémisphérique droite de manière générale. Nous n'avons pas d'hypothèse a priori pour ce groupe.

5. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica 13.3 (TIBCO Software, 2017).

Selon le test de Kolmogorov-Smirnov, les données s'approchent d'une distribution normale. Notons que les TR inférieurs à 150 ms et supérieurs à 2000 ms ont été supprimés pour limiter l'impact des valeurs extrêmes sur la performance des participants. Les essais d'entraînement, c'est-à-dire les 12 premiers essais du bloc 1 et les 18 premiers essais du bloc 2 ne sont pas pris en compte dans les analyses.

Le seuil de significativité α est fixé à .05 sauf dans les rares situations où une correction de Bonferroni est appliquée. Dans ce dernier cas, une précision sera fournie. La sphéricité des données est vérifiée avant chaque ANOVA contenant des mesures

répétées à l'aide du test de Mauchy. Lorsque la sphéricité des données est violée, nous utilisons la correction epsilon de Greenhouse et Geisser.

5.1 Analyses sur les TR pour l'apprentissage dans chacune des modalités

Pour chaque groupe et pour chaque modalité séparément, une ANOVA à mesures répétées est appliquée avec les TR comme variable dépendante et les variables suivantes comme variables indépendantes imbriquées : bloc (bloc 1, bloc 2, bloc 3 et bloc 4), validité de l'indice (valide ou invalide) et côté d'apparition de la cible (gauche ou droite). Ces analyses sont réalisées sur chaque groupe séparément car les variances des TR entre les groupes ne sont pas homogènes au vu de la variabilité des TR chez les patients NSU beaucoup plus élevée que chez les sujets contrôles (Bartolomeo, Siéoff, Chokron, et al., 2001 ; Samuelsson et al., 1998). L'objectif est ici de voir si un apprentissage se met en place dans chacun des groupes et dans chacune des modalités.

Pour tous les groupes, nous réalisons ensuite des tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc pour identifier entre quels blocs se situent les différences de TR les plus importantes et sur l'interaction bloc*validité pour vérifier s'il y a une diminution des TR sur les essais invalides et/ou une augmentation des TR sur les essais valides à travers les blocs. Pour le groupe NSU, nous réalisons également des tests post-hocs HSD de Tukey sur les interactions bloc*côté et validité*côté afin de savoir si les éventuels effets de l'apprentissage se marquent différemment sur le côté gauche et sur le côté droit.

En ce qui concerne les patients NSU, les mêmes analyses que celles décrites ci-dessus sont également réalisées sur le pourcentage d'omissions. En effet, chez les patients présentant un haut taux d'omissions sur le côté gauche, l'apprentissage pourrait se traduire par une diminution des omissions suite à la présentation d'un indice invalide et/ou une augmentation des omissions suite à la présentation d'un indice valide à travers les blocs. Il s'agit donc ici, pour chaque modalité, d'une ANOVA à mesures répétées avec le pourcentage d'omissions comme variable dépendante et le bloc (1, 2, 3 ou 4), la validité de l'indice (valide ou invalide) et le côté d'apparition de la cible (droite ou gauche) comme variables indépendantes.

5.2 Analyses sur le bénéfice de la modalité auditive

Pour vérifier notre hypothèse principale selon laquelle la modalité auditive devrait permettre d'obtenir de meilleurs résultats en termes d'apprentissage, notamment chez

les patients NSU, nous commençons par calculer un facteur d'apprentissage par modalité. Le calcul de ce facteur est réalisé en deux étapes. Tout d'abord, au sein de chacun des blocs (1, 2, 3 et 4), nous soustrayons la moyenne des TR pour les essais valides à la moyenne des TR pour les essais invalides en conservant la variable côté. Ensuite, la différence entre les essais valides et invalides qui vient d'être calculée pour le bloc 2 est soustraite à cette même différence calculée pour le bloc 1. Parallèlement, nous utilisons exactement la même procédure pour le bloc 3. Cela permet, pour chaque groupe, de réaliser une ANOVA à mesures répétées dans laquelle le facteur d'apprentissage est la variable dépendante et dans laquelle les variables indépendantes sont la modalité sensorielle (auditive ou visuelle) et le côté d'apparition de la cible (gauche ou droite). Notons que l'analyse est réalisée deux fois : une fois avec le facteur d'apprentissage entre le bloc 2 et le bloc 1 et une fois avec le facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1. En effet, si l'apprentissage nécessite un certain nombre d'essais avant de se mettre en place, il est possible que nous n'observions seulement un effet qu'à partir du bloc 3, en particulier chez les patients NSU puisque nous savons qu'ils ont besoin d'un plus grand nombre d'essais pour bénéficier d'un apprentissage implicite (Shaqiri et al., 2013).

5.3 Analyses selon la sévérité de la NSU

Puisque Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015) ont montré que la sévérité de la NSU peut avoir un impact sur l'apprentissage implicite en modalité visuelle, nous décidons de réaliser une seconde fois les analyses en scindant le groupe de patients NSU ($n = 21$) en deux sous-groupes selon le degré de NSU dont ils souffrent. Cette scission est réalisée sur base du nombre de tests d'évaluation de la négligence ratés. La médiane du nombre de test ratés est de 3. Les patients qui obtiennent un score déficitaire à moins de 3 tests font partie du groupe avec NSU légère à modérée ($n = 9$) et les patients qui ont un score déficitaire à 3 tests ou plus intègrent le groupe souffrant de NSU sévère ($n = 12$).

Pour le groupe avec des signes légers à modérés de NSU, pour chaque modalité, nous réalisons une ANOVA à mesures répétées sur les TR avec les variables indépendantes suivantes : bloc (1, 2, 3 ou 4), la validité de l'indice (valide ou invalide) et le côté d'apparition de la cible (gauche ou droite). Puisque les patients présentant des signes de NSU sévères commettent un grand nombre d'omissions, nous choisissons de réaliser les analyses pour ce sous-groupe sur le pourcentage d'omissions plutôt que sur

les TR. Pour chacune des modalités, nous réalisons donc une ANOVA à mesures répétées avec le pourcentage d'omissions comme variable dépendante et les variables suivantes comme variables indépendantes : bloc, validité de l'indice et côté d'apparition de la cible.

5.4 Analyses sur l'impact de la capacité à verbaliser

Nous supposons que les participants inconscients de la relation indice-cible doivent tirer profit de l'apprentissage tout comme ceux qui sont devenus conscients de cette relation. Comme mentionné précédemment, le participant est considéré comme verbalisateur pour une modalité s'il répond « oui » à la question 2 ou 3 et s'il choisit la bonne proposition à la question 4 du questionnaire post-expérience. Pour chaque groupe et pour chaque modalité, nous réalisons une ANOVA à mesures répétées avec les TR comme variable dépendante, la capacité à verbaliser ou non la relation indice-cible comme facteur catégoriel (verbalisateur ou non verbalisateur) et la modalité (auditive ou visuelle) et le côté (gauche ou droite) comme variables indépendantes.

5.5 Analyses des tâches de discrimination

Pour analyser les résultats des tests de discrimination auditive et visuelle, nous procédons à une ANOVA où la variable dépendante est le nombre d'erreurs commises. Parmi les variables indépendantes, il y a tout d'abord le groupe (NSU, LD ou contrôle) comme facteur catégoriel et puis, la modalité (auditive ou visuelle) et le côté (droite, gauche ou les deux) comme variables à mesures répétées imbriquées. Notons que la normalité des données est violée selon le test de Kolmogorov-Smirnov, mais étant donné l'inexistence d'analyse non-paramétrique adaptée pour traiter des mesures répétées imbriquées, nous utilisons tout de même l'ANOVA à mesures répétées.

Résultats

1. Analyses pour le groupe contrôle (n=40)

1.1 Posner visuel : ANOVA à mesures répétées

Précisons dès à présent que les résultats des ANOVA à mesures répétées sur les TR pour chacun des groupes et chacune des modalités sont visibles dans le tableau 1. Ceux des sujets contrôles sont illustrés dans la figure 1.

Pour le Posner visuel, les résultats de l'ANOVA à mesures répétées montrent un effet principal de la validité de l'indice, $F(1, 39) = 33.25$, $p = .000001$, $\eta_p^2 = .46$.

Globalement, les sujets contrôles réagissent plus rapidement à la cible lorsqu'elle est précédée d'un indice invalide que quand elle est précédée d'un indice valide. Il n'y a pas d'effet principal du bloc, $F(2, 64) = 1.79$, $p = .18$, $\eta^2_p = .044$, ni du côté, $F(1, 39) = 3.10$, $p = .086$, $\eta^2_p = .074$. Toutefois, nous observons une tendance pour la variable côté : les sujets contrôles tendent à être plus rapides pour détecter les cibles présentées à droite que celles présentées à gauche. Aucune des interactions n'est significative.

Suite à cette ANOVA, les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc montrent qu'aucun bloc ne diffère significativement d'un autre bloc. Par contre, les tests HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité montrent plusieurs différences significatives. Toutes les différences ne sont pas reprises ci-dessous, mais un tableau récapitulatif complet est repris en annexe (tableau A5). Premièrement, il y a une différence significative des TR entre les essais valides du bloc 1 et les essais valides du bloc 2, $p = .0007$. Deuxièmement, les essais invalides du bloc 1 et du bloc 2 diffèrent eux aussi de manière significative, $p = .0004$. Dans le bloc 2, il y a donc une diminution des TR à la fois pour les essais valides et invalides par rapport au bloc 1. Troisièmement, nous observons une différence significative entre les essais invalides du bloc 1 et du bloc 3, $p = .023$ démontrant une diminution des TR pour ces essais. Quatrièmement, il y a une différence significative entre les essais valides du bloc 2 et du bloc 3, $p = .021$. Cette dernière différence reflète une augmentation des TR. Cinquièmement, précisons que dans les blocs 1 et 2, il n'y a pas de différence significative entre les essais valides et invalides, respectivement, $p = .088$ et $p = .056$, alors que dans le bloc 3, une différence significative entre les essais valides et invalides apparaît, $p = .0001$.

1.2 Posner auditif : ANOVA à mesures répétées

L'ANOVA à mesures répétées ne montre aucun effet significatif : ni pour les effets principaux des variables bloc, validité et côté, ni pour leurs interactions.

Les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc ne montrent aucune différence significative entre aucun des blocs. Le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité montre que les TR pour les essais invalides du bloc 1 diffèrent significativement des essais invalides du bloc 2, $p = .013$. Ces derniers diminuent. Ensuite, nous observons une tendance : les TR tendent à diminuer pour les essais

valides au bloc 2 par rapport aux essais valides du bloc 1, $p = .064$. Les autres résultats sont exposés dans le tableau A6 en annexe.

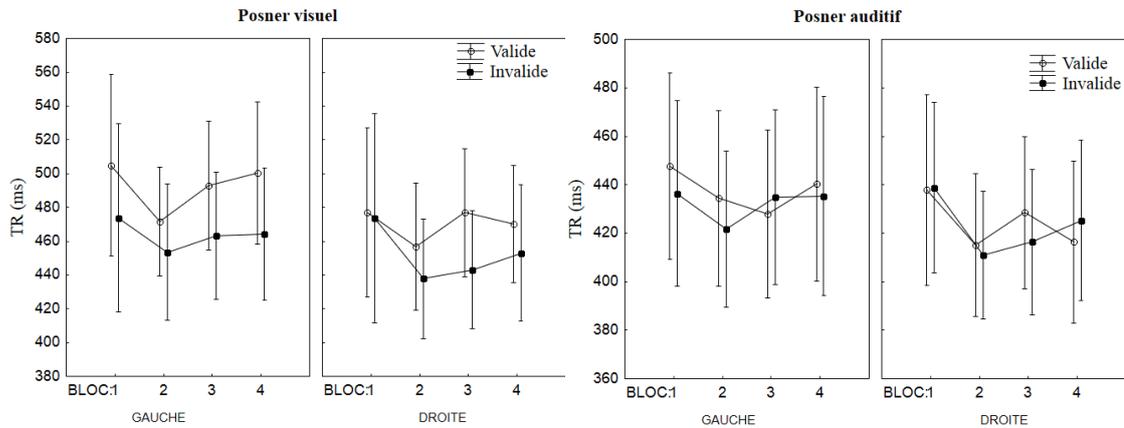


Figure 1. Groupe contrôle : TR par côté et par bloc pour les essais valides et invalides.

1.3 Comparaison du facteur d'apprentissage pour les deux modalités : ANOVA à mesures répétées

Comme mentionné précédemment, nous réalisons une première fois l'analyse en calculant un facteur d'apprentissage entre le bloc 2 et le bloc 1 et puis une seconde fois, en calculant un facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1. La figure 2 illustre ces résultats.

Pour les analyses sur le facteur d'apprentissage entre le bloc 2 et le bloc 1, il n'y a aucun effet significatif, ni au niveau des effets principaux de la modalité, $F(1, 39) = .029$, $p = .87$, $\eta^2_p = .0007$ et du côté, $F(1, 39) = 1.86$, $p = .18$, $\eta^2_p = .045$, ni au niveau de l'interaction entre les variables, $F(1, 39) = 1.26$, $p = .27$, $\eta^2_p = .031$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction côté*modalité ne montre aucune différence significative.

Pour les analyses sur le facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1, les analyses montrent qu'il y a un effet principal significatif pour la variable côté $F(1, 39) = 4.45$, $p = .041$, $\eta^2_p = .10$, mais pas pour la variable modalité $F(1, 39) = 1.10$, $p = .30$, $\eta^2_p = .027$. Pour les deux modalités, il semble donc que le facteur d'apprentissage soit légèrement plus important pour le côté droit que pour le côté gauche. L'interaction entre les deux variables n'est pas significative $F(1, 39) = .001$, $p = .97$, $\eta^2_p = .00003$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction côté*modalité ne montre aucune différence significative.

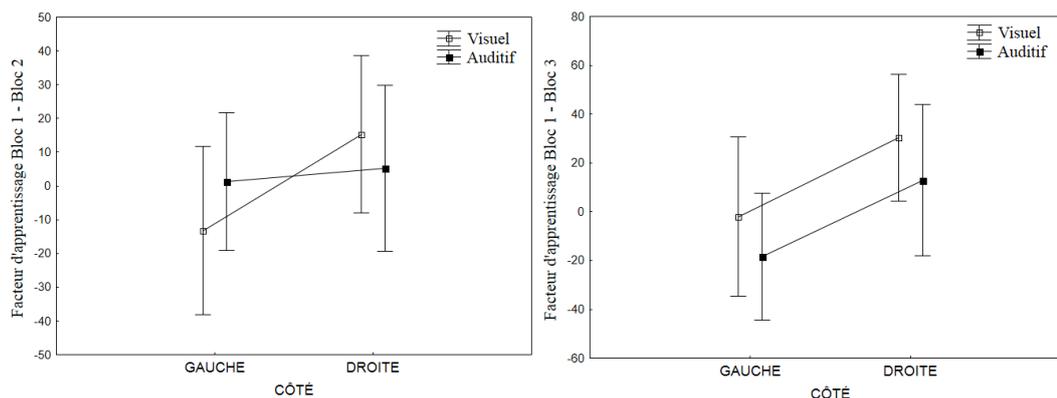


Figure 2. Groupe contrôle : facteur d'apprentissage par modalité et par côté.

2. Analyses pour le groupe NSU (n=21)

2.1 Posner visuel : ANOVA à mesures répétées

L'ANOVA à mesures répétées démontre un effet principal significatif de la variable côté, $F(1, 14) = 10.06$, $p = .007$, $\eta^2_p = .42$. Les participants NSU mettent globalement plus de temps pour réagir aux cibles présentées à gauche qu'à celles présentées à droite. Par contre, les effets principaux des variables bloc, $F(3, 37) = 1.01$, $p = .39$, $\eta^2_p = .068$ et validité de l'indice, $F(1, 14) = 1.42$, $p = .25$, $\eta^2_p = .092$ sont non significatifs. Les interactions entre les variables ne sont pas significatives.

Les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc démontrent qu'aucun des blocs ne diffère significativement d'un autre bloc. Concernant l'interaction bloc*validité, le test HSD de Tukey met deux différences significatives en évidence. Tout d'abord, les TR pour les essais invalides du bloc 1 sont significativement plus courts que les TR pour les essais valides du bloc 4, $p = .027$. Ensuite, les TR pour les essais valides du bloc 2 sont significativement plus courts que les TR pour les essais valides du bloc 4, $p = .034$. Les résultats sont reportés dans le tableau A7 en annexe.

Comme la variable côté est significative dans l'ANOVA à mesures répétées, nous réalisons également des tests post-hocs HSD de Tukey sur les interactions bloc*côté et validité*côté. Malgré le fait que les post-hocs portant sur l'interaction bloc*côté montrent que la gauche diffère souvent de la droite, le bloc n'induit pas de différence significative au sein du côté gauche. Les post-hocs portant sur l'interaction validité*côté montrent les mêmes effets que ceux décrits ci-avant pour l'interaction bloc*côté. Les résultats sont respectivement repris dans les tableaux A8 et A9 en annexe.

Pour les patients NSU, nous réalisons également l'analyse sur le pourcentage d'omissions commises à travers la tâche. Les résultats mettent en évidence un effet

significatif de la variable côté, $F(1, 20) = 15.02$, $p = .0009$, $\eta^2_p = .43$. Les patients NSU omettent davantage de cibles sur la gauche que sur la droite. Les effets principaux des variables bloc, $F(2, 40) = 2.14$, $p = .13$, $\eta^2_p = .097$ et validité de l'indice, $F(1, 20) = .047$, $p = .83$, $\eta^2_p = .002$ ne sont pas significatifs. Aucune des interactions n'est significative, mais nous relevons toutefois une tendance pour l'interaction bloc*validité, $F(2, 50) = 2.45$, $p = .085$, $\eta^2_p = .11$. L'ensemble des résultats issus des analyses sur le pourcentage d'omissions du groupe NSU sont repris dans le tableau 2.

Sur le taux d'omissions, les tests HSD de Tukey sur la variable bloc ne montrent aucune différence significative entre aucun des blocs. Par contre, le HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité montre certaines différences significatives. Premièrement, il y a une augmentation significative du pourcentage d'omissions pour les essais valides du bloc 3, $p = .007$ et pour les essais invalides du bloc 3, $p = .007$ en comparaison aux essais valides du bloc 2. Deuxièmement, il y a une augmentation significative du taux d'omissions pour les essais invalides du bloc 3 en comparaison aux essais invalides du bloc 1, $p = .014$.

2.2 Posner auditif : ANOVA à mesures répétées

De la même manière que pour le Posner visuel, l'analyse met en lumière un effet principal significatif du côté, $F(1, 16) = 12.62$, $p = .003$, $\eta^2_p = .44$. Les effets principaux des variables bloc, $F(3, 48) = .93$, $p = .43$, $\eta^2_p = .055$ et validité de l'indice, $F(1, 16) = 1.79$, $p = .20$, $\eta^2_p = .10$ ne sont pas significatifs. Aucune des interactions entre les variables n'est significative.

Les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc et sur l'interaction bloc*validité ne mettent en évidence aucune différence significative. Les résultats de ce dernier test sont disponibles dans le tableau A10 en annexe.

Comme la variable côté est significative, nous réalisons des tests post-hocs HSD de Tukey sur les interactions bloc*côté et validité*côté afin de voir si les effets du bloc ou de l'indication ont un effet différent selon le côté. Comme pour le Posner visuel, les résultats à ce niveau montrent des différences entre la gauche et la droite, mais aucun impact significatif du bloc ou de l'indication au sein d'un même côté. Les résultats sont repris en annexe dans les tableaux A11 et A12. La figure 3 illustre quant à elle l'évolution des TR à travers les tâches auditive et visuelle chez les patients NSU.

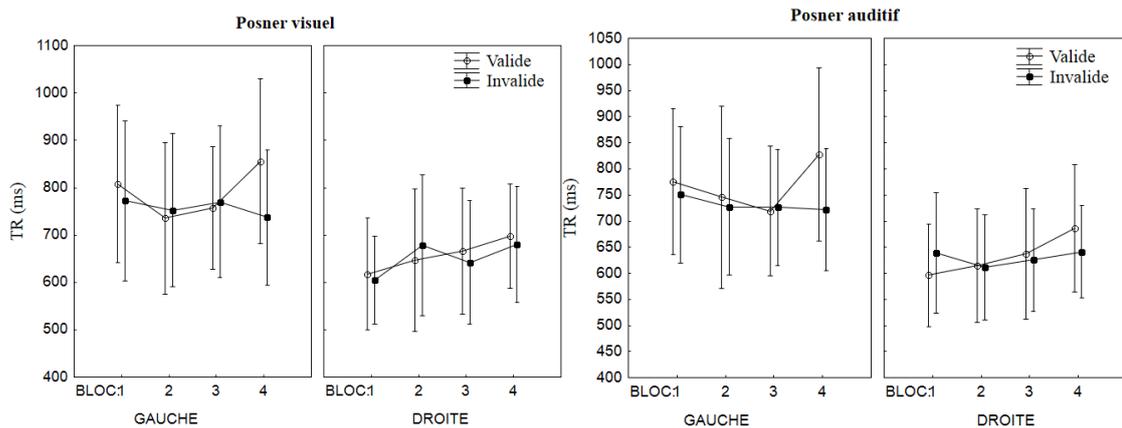


Figure 3. Groupe NSU : temps de réaction par côté et par bloc pour les essais valides et invalides.

Les analyses sur le pourcentage d’omissions montrent un effet significatif du côté, $F(1, 20) = 12.56, p = .002, \eta^2_p = .39$. Les patients NSU omettent significativement moins de cibles sur le côté droit que sur le côté gauche. Les effets principaux du bloc, $F(3, 60) = .98, p = .41, \eta^2_p = .047$ et de la validité de l’indice, $F(1, 20) = .98, p = .33, \eta^2_p = .047$ ne sont pas significatifs. Aucune des interactions n’est significative. Pour rappel, les résultats sont notés dans le tableau 2. La figure 4 illustre l’évolution du taux d’omissions à travers les tâches auditive et visuelle chez les patients NSU.

Les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc et sur l’interaction bloc*validité ne mettent en évidence aucune différence significative.

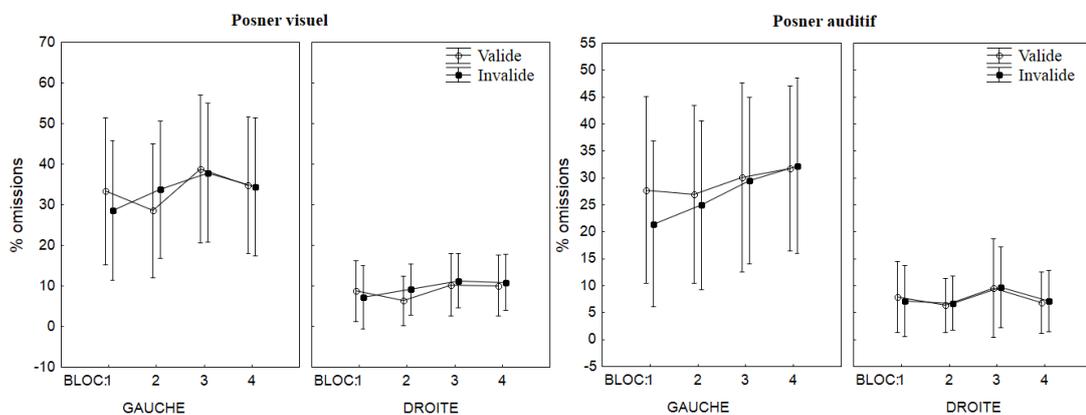


Figure 4. Groupe NSU : % d’omissions par côté et par bloc pour les essais valides et invalides.

2.3 Comparaison du facteur d’apprentissage pour les deux modalités : ANOVA à mesures répétées

La figure 5 met en lumière les facteurs d’apprentissage. Pour les analyses sur le facteur d’apprentissage entre le bloc 2 et le bloc 1, l’analyse ne montre aucun effet significatif, ni au niveau des effets principaux de la modalité, $F(1, 18) = .066, p = .80, \eta^2_p = .004$ et du côté, $F(1, 18) = .073, p = .79, \eta^2_p = .004$, ni au niveau de l’interaction,

$F(1, 18) = .45, p = .51, \eta^2_p = .024$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction côté*modalité ne montre aucune différence significative.

En ce qui concerne le facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1, les analyses montrent qu'il n'y a pas d'effet principal significatif pour la variable modalité $F(1, 18) = .27, p = .61, \eta^2_p = .015$, ni pour la variable côté $F(1, 18) = .014, p = .91, \eta^2_p = .0008$. Par contre, l'interaction entre les deux variables est significative $F(1, 18) = 5.06, p = .037, \eta^2_p = .22$. Alors que le facteur d'apprentissage en modalité visuelle semble plus important que le facteur d'apprentissage en modalité auditive pour le côté gauche, le facteur d'apprentissage en modalité auditive paraît légèrement plus important que le facteur d'apprentissage en modalité visuelle pour le côté droit. Toutefois, aucune de ces différences n'est significative selon le test HSD de Tukey.

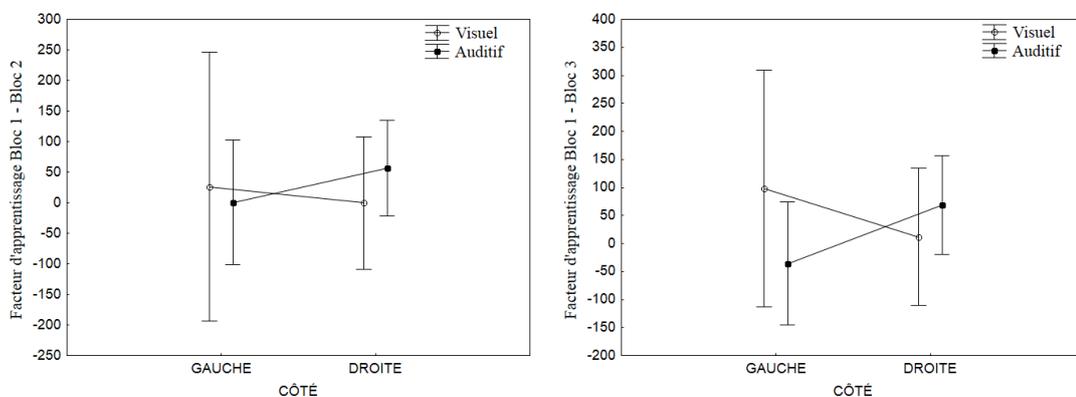


Figure 5. Groupe NSU : Facteur d'apprentissage par modalité et par côté.

3. Analyses pour le groupe LD (n=12)

3.1 Posner visuel : ANOVA à mesures répétées

L'ANOVA à mesures répétées ne met en évidence aucun effet significatif, ni pour les effets principaux, ni pour les interactions. Rappelons que les résultats sont notés dans le tableau 1 et que la figure 6 illustre l'évolution des TR pour le groupe LD.

Les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc ne montrent aucune différence significative entre aucun des blocs. Les tests HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité mettent en évidence plusieurs différences significatives entre le bloc 2 et le bloc 4. Effectivement, les TR pour les essais valides du bloc 4 sont significativement plus longs que les TR pour les essais valides du bloc 2, $p = .014$. Ensuite, les TR pour les essais invalides du bloc 4 sont plus élevés que les TR pour les essais invalides du bloc 2, $p = .043$. Notons également que les TR pour les essais valides tendent, de

manière non significative, à augmenter entre le bloc 2 et le bloc 3, $p = .088$. Les résultats figurent dans le tableau A13 en annexe.

3.2 Posner auditif : ANOVA à mesures répétées

L'ANOVA à mesures répétées ne met en évidence aucun effet significatif, ni pour les effets principaux, ni pour les interactions.

Les tests post-hocs HSD de Tukey sur la variable bloc ne montrent aucune différence significative entre aucun des blocs. Les tests post-hocs HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité ne montre aucune différence significative. Par contre, nous pouvons observer que les TR ont tendance à augmenter pour les essais invalides entre les blocs 2 et 4, $p = .060$. Les résultats se trouvent dans le tableau A14 en annexe.

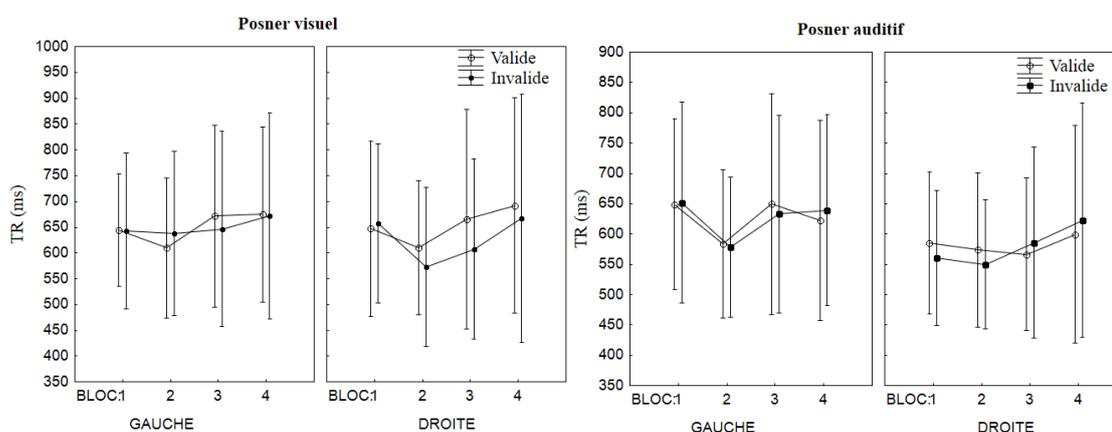


Figure 6. Groupe LD : TR par côté et par bloc pour les essais valides et invalides.

3.3 Comparaison du facteur d'apprentissage pour les deux modalités : ANOVA à mesures répétées

Les résultats des analyses sur le facteur d'apprentissage se trouvent sur la figure 7 :

- Facteur d'apprentissage entre les blocs 2 et 1 : l'analyse ne montre aucun effet significatif, ni au niveau des effets principaux de la modalité, $F(1, 11) = .018$, $p = .90$, $\eta^2_p = .002$ et du côté, $F(1, 11) = .66$, $p = .43$, $\eta^2_p = .056$, ni pour l'interaction entre les variables, $F(1, 11) = .67$, $p = .43$, $\eta^2_p = .057$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction côté*modalité ne montre pas non plus de différence significative.
- Facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1 : les analyses ne montrent aucun effet principal significatif de la variable côté $F(1, 11) = .032$, $p = .86$, $\eta^2_p = .003$. L'effet principal de la variable modalité n'est pas non plus significatif, mais le facteur d'apprentissage en modalité visuelle tend à être plus important qu'en modalité auditive, $F(1, 11) = 3.54$, $p = .087$, $\eta^2_p = .24$. L'interaction entre les

variables n'est pas significative, $F(1, 11) = 1.61$, $p = .23$, $\eta^2_p = .13$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction côté*modalité ne montre aucune différence significative.

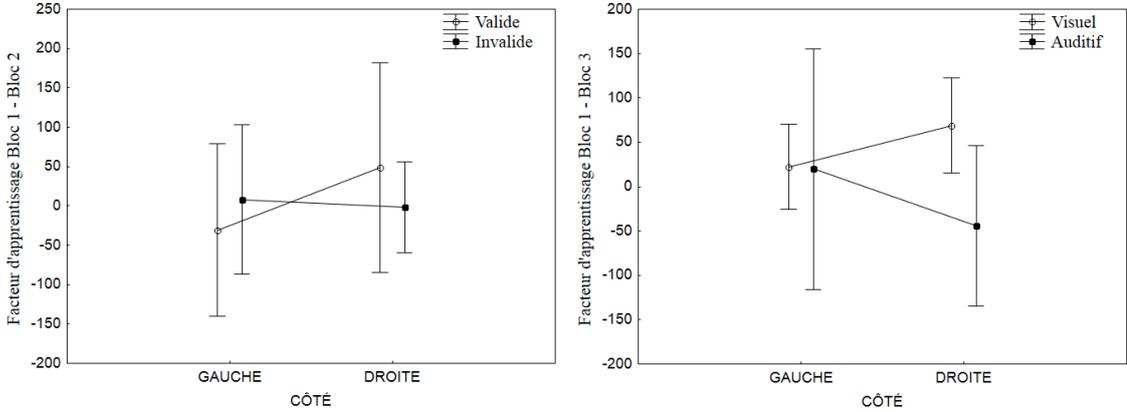


Figure 7. Groupe LD : facteur d'apprentissage par modalité et par côté.

Tableau 1. Récapitulatif des résultats des ANOVA à mesures répétées sur les TR pour chacun des groupes et chacune des modalités (visuelle et auditive).

	Groupe contrôle						Groupe NSU						Groupe LD					
	Visuel			Auditif			Visuel			Auditif			Visuel			Auditif		
	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p
Bloc	1.79 (2,64)	.18	.044	1.95 (2,80)	.15	.048	1.01 (3,37)	.39	.068	.93 (3,48)	.43	.055	1.71 (2,17)	.21	.13	1.01 (2,27)	.39	.084
Validité	33.25 (1,39)	.000001*	.46	.92 (1,39)	.34	.023	1.42 (1,14)	.25	.092	1.79 (1,16)	.20	.10	1.71 (1,11)	.22	.13	.010 (1,11)	.92	.0009
Côté	3.10 (1,39)	.086	.074	2.58 (1,39)	.12	.062	10.06 (1,14)	.007*	.42	12.62 (1,16)	.003*	.44	.19 (1,11)	.67	.017	3.47 (1,11)	.089	.24
Bloc*Validité	1.24 (3,106)	.30	.031	.54 (3,107)	.64	.014	2.29 (2,32)	.11	.14	1.64 (3,48)	.19	.093	1.01 (2,23)	.38	.084	.55 (3,28)	.62	.048
Bloc*Côté	.18 (2,87)	.86	.005	.98 (3,97)	.39	.025	1.62 (2,27)	.22	.10	.49 (3,48)	.69	.030	.74 (2,27)	.51	.063	1.13 (2,24)	.34	.093
Validité*Côté	2.14 (1,39)	.15	.052	.39 (1,39)	.54	.010	.96 (1,14)	.34	.064	1.70 (1,16)	.21	.096	1.03 (1,11)	.33	.086	.003 (1,11)	.96	.0002
Bloc*Validité*Côté	1.54 (2,97)	.22	.038	1.54 (2,87)	.22	.038	.81 (2,25)	.44	.055	.55 (3,48)	.65	.033	.55 (2,17)	.55	.048	.33 (2,20)	.70	.029

* p < .05

Tableau 2. Groupe NSU : récapitulatif des résultats des ANOVA à mesures répétées sur le % d'omissions pour chacune des modalités (visuelle et auditive).

	Groupe NSU (n = 21)					
	Visuel			Auditif		
	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p
Bloc	2.13 (2,39)	.13	.097	.98 (3,60)	.41	.047
Validité	.047 (1,20)	.83	.002	.98 (1,20)	.33	.047
Côté	15.02 (1,20)	.0009*	.43	12.56 (1,20)	.002*	.39
Bloc*Validité	2.45 (2,50)	.085	.11	.64 (3,60)	.60	.031
Bloc*Côté	.49 (3,47)	.65	.024	1.69 (3,60)	.18	.078
Validité*Côté	.27 (1,20)	.61	.013	.82 (1,20)	.38	.039
Bloc*Validité*Côté	.31 (2,44)	.76	.015	.44 (3,60)	.73	.021

* $p < .05$

4. Analyses selon la sévérité de la NSU

Pour le groupe avec des signes légers à modérés de NSU, nous réalisons des ANOVA à mesures répétées sur les TR avec les variables indépendantes suivantes : bloc (1, 2, 3 ou 4), la validité de l'indice (valide ou invalide) et le côté d'apparition de la cible (gauche ou droite). Les résultats de ces analyses pour chacune des modalités sont présentés dans le tableau 3 et illustrés dans la figure 8. Une correction de Bonferroni est appliquée et le seuil de significativité α est corrigé à .025.

Pour le Posner visuel, nous observons une tendance de la validité de l'indice, $F(1, 8) = 7.18$, $p = .028$, $\eta^2_p = .47$, les TR ont tendance, de manière non significative, à être plus courts pour les essais invalides que pour les essais valides. L'effet principal du côté n'est plus significatif, $F(1, 8) = 1.87$, $p = .21$, $\eta^2_p = .19$. Les tests post-hocs HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité révèlent une augmentation significative des TR pour les essais valides du bloc 4 en comparaison aux essais valides du bloc 1, $p = .005$. Afin de voir si la disparition de l'effet du côté est dépendante du bloc, nous exécutons également le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*côté. Ces derniers nous montrent une tendance dans le bloc 1 : les TR tendent à être plus courts pour la droite que pour la gauche, $p = .075$. Cette tendance n'est plus présente dans les blocs suivants dans lesquels la gauche et la droite ne diffèrent pas.

Pour le Posner auditif, les analyses montrent un effet principal significatif de la variable côté, $F(1, 8) = 9.59$, $p = .015$, $\eta^2_p = .55$. Tous les autres effets sont non significatifs. Le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité ne met en évidence aucune différence significative. Le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*côté montre par contre une différence significative entre la gauche et la droite au sein du bloc 1, $p = .042$ alors que les différences entre la gauche et la droite pour les autres blocs deviennent non significatives.

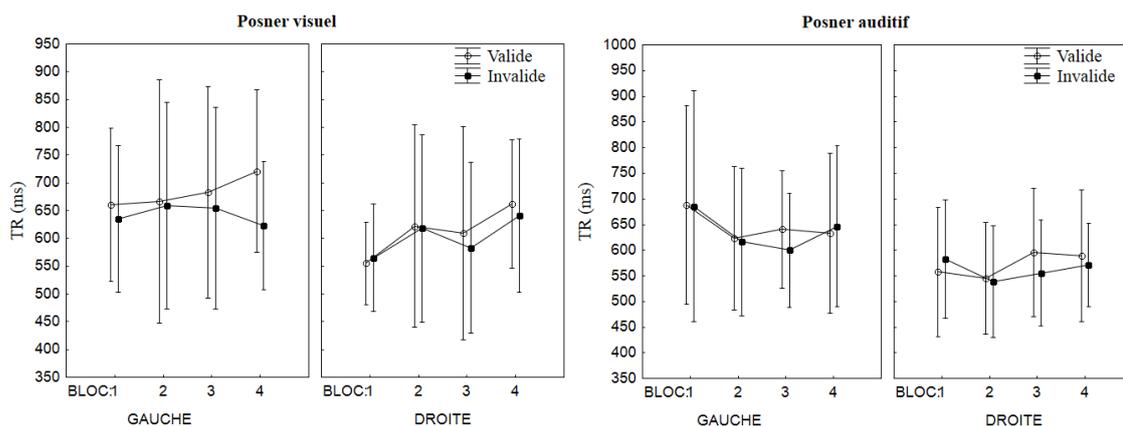


Figure 8. Groupe NSU légère à modérée : TR par côté et par bloc pour les essais valides et invalides.

Tableau 3. Récapitulatif des résultats des ANOVA à mesures répétées sur les TR pour les patients atteints de NSU légère à modérée pour chacune des modalités.

	Groupe NSU légère à modérée (n = 9)					
	Visuel			Auditif		
	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p
Bloc	1.34 (3,24)	.28	.14	1.57 (2,13)	.24	.16
Validité	7.18 (1,8)	.028	.47	.81 (1,8)	.33	.091
Côté	1.87 (1,8)	.21	.19	9.59 (1,8)	.015*	.55
Bloc*Validité	1.63 (3,24)	.21	.17	.46 (2,14)	.62	.054
Bloc*Côté	1.14 (3,24)	.35	.12	.82 (2,19)	.47	.093
Validité*Côté	.78 (1,8)	.40	.089	.0005 (1,8)	.98	.00007
Bloc*Validité*Côté	.50 (3,24)	.69	.058	.22 (1,11)	.73	.027

* $p < .025$

Pour les patients présentant des signes de NSU sévères, nous réalisons donc une ANOVA à mesures répétées pour chaque modalité avec le pourcentage d'omissions

comme variable dépendante et les variables suivantes comme variables indépendantes : bloc, validité de l'indice et côté d'apparition de la cible. Une correction de Bonferroni est appliquée, ce qui fixe le seuil de significativité α à .025. Les résultats figurent dans le tableau 4 et sont illustrés dans la figure 9.

À propos du Posner visuel, l'effet principal du côté est significatif, $F(1, 11) = 22,17$, $p = .0006$, $\eta^2_p = .67$. Les patients atteints de NSU sévère omettent un nombre significativement plus important de cibles à gauche qu'à droite. Le HSD de Tukey sur l'interaction bloc*côté montre des différences significatives entre la gauche et la droite au sein de chacun des blocs, $p = .0001$ pour chacun des blocs. L'interaction bloc*validité est significative, $F(3, 33) = 3.75$, $p = .020$, $\eta^2_p = .25$. Selon le test post-hoc HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité, il y a une augmentation significative du taux d'omissions sur les essais valides entre le bloc 3 et le bloc 2, $p = .003$. Le test post-hoc HSD de Tukey sur l'interaction triple bloc*validité*côté montre que la différence décrite ci-dessus n'est significative que pour le côté gauche, $p = .045$.

Les analyses sur le taux d'omissions des patients atteints de NSU sévère sur le Posner auditif montrent que l'effet principal du côté est significatif, $F(1, 11) = 17.94$, $p = .001$, $\eta^2_p = .62$. Les patients omettent plus de cibles sur la gauche que sur la droite. Aucun autre effet n'est significatif. Le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité ne met en avant aucune différence significative. Le HSD de Tukey sur l'interaction bloc*côté montre des différences significatives entre la gauche et la droite au sein de chacun des blocs, la probabilité vaut $p = .0001$ pour chaque bloc.

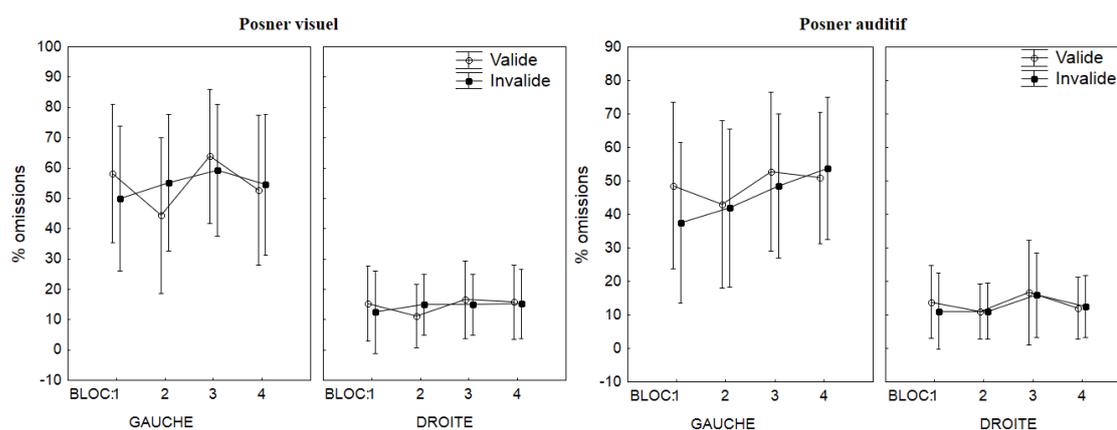


Figure 9. Groupe NSU sévère : % d'omissions par bloc et par côté pour les essais valides et invalides.

Tableau 4. Récapitulatif des résultats des ANOVA à mesures répétées sur le % d’omissions pour les patients atteints de NSU sévère pour chacune des modalités (visuelle et auditive).

	Groupe NSU sévère (n = 12)					
	Visuel			Auditif		
	F (dl)	p	η^2_p	F (dl)	p	η^2_p
Bloc	1.25 (3,33)	.31	.10	.90 (3,33)	.45	.076
Validité	.009 (1,11)	.93	.0008	1.64 (1,11)	.23	.13
Côté	22.17 (1,11)	.0006*	.67	17.94 (1,11)	.001*	.62
Bloc*Validité	3.75 (3,33)	.020*	.25	1.02 (3,33)	.40	.085
Bloc*Côté	.63 (3,33)	.60	.054	1.00 (3,33)	.40	.083
Validité*Côté	.005 (1,11)	.95	.0004	.48 (1,11)	.50	.042
Bloc*Validité*Côté	.57 (3,33)	.64	.049	.51 (3,33)	.68	.044

* p < .025

5. Analyses sur l’influence de la verbalisation

Deux sujets du groupe contrôle sont capables de verbaliser la relation entre l’indice et la cible à la fois pour la tâche visuelle et pour la tâche auditive. Pour vérifier si le fait d’être verbalisateur a une influence sur l’apprentissage, nous réalisons pour chacune des modalités sensorielles, l’ANOVA mixte décrite précédemment (cf. 5.4 de la partie méthodologie). Pour le Posner visuel, les résultats montrent que la capacité à verbaliser la relation indice-cible n’influence pas significativement la performance des participants, $F(1, 38) = 2.92$, $p = .096$, $\eta^2_p = .071$. Le HSD de Tukey sur l’interaction bloc*validité*verbalisation permet de mettre en évidence plusieurs différences significatives au sein du sous-groupe de participants non verbalisateurs alors que ces mêmes différences n’apparaissent pas chez les sujets capables de verbaliser la relation indice-cible. Les non-verbalisateurs sont significativement plus rapides pour réagir aux cibles précédées d’un indice valide dans le bloc 2 que dans le bloc 1, $p = .002$ et ils sont également plus rapides pour réagir aux cibles précédées d’un indice invalide dans le bloc 2 que dans le bloc 1, $p = .0008$. Concernant le Posner auditif, le fait d’être verbalisateur ou non n’a pas non plus d’influence significative sur la performance, $F(1, 38) = 3.64$, $p = .064$, $\eta^2_p = .087$. Le HSD de Tukey sur l’interaction bloc*validité*verbalisation souligne une diminution significative des TR pour les essais invalides entre le bloc 2 et le bloc 1 chez les sujets non verbalisateurs, $p = .048$. Gardons à l’esprit qu’il n’y a que deux sujets considérés comme verbalisateurs, c’est

pourquoi il est de toute évidence possible que les analyses sur ce sous-groupe ne soient pas suffisamment puissantes que pour mettre des effets en évidence, notamment parce que la variabilité est importante (cf. figure 10).

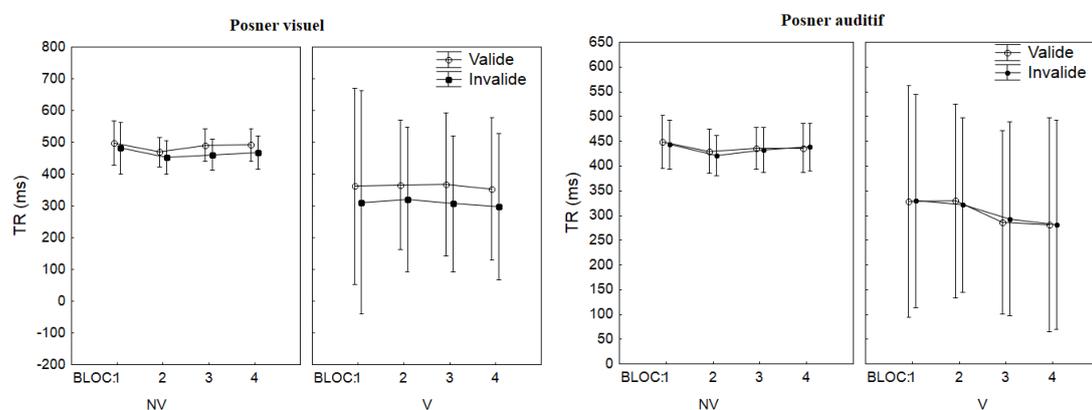


Figure 10. Groupe contrôle : TR des verbalisateurs (V ; n = 2) et non verbalisateurs (NV ; n = 38) selon le bloc et la validité de l'indice.

Dans le groupe NSU, 4 patients (codes d'identification : agnes, dgry, nzamra et schmima) verbalisent la relation indice-cible pour la tâche auditive, mais aucun patient ne peut verbaliser la relation pour la tâche visuelle. L'ordre dans lequel les participants ont réalisé les deux tâches ne semble pas avoir d'impact sur la capacité à verbaliser puisque deux de ces quatre patients ont passé la version A et deux ont passé la version B. Puisqu'aucun des patients ne verbalise la relation indice-cible pour la tâche visuelle, nous regardons simplement l'impact de la verbalisation sur les TR à la tâche auditive. Pour ce faire, nous utilisons la même ANOVA mixte que pour les sujets contrôles. Le fait de verbaliser la relation indice-cible n'a pas d'effet significatif sur les TR durant la tâche auditive, $F(1, 15) = .76, p = .40, \eta^2_p = .048$. Les tests post-hocs HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité*verbalisation ne mettent aucune différence significative en évidence. Par contre, malgré l'interaction non significative côté*verbalisation, $F(1, 15) = 3.40, p = .085, \eta^2_p = .18$, les tests post-hocs HSD de Tukey sur l'interaction côté*verbalisation montrent que chez les sujets non verbalisateurs, les TR sont significativement plus longs pour le côté gauche que pour le côté droit, $p = .004$ alors que la différence des TR entre la gauche et la droite est non significative chez les patients verbalisateurs, $p = .99$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*côté*verbalisation montre que la différence observée entre la gauche et la droite chez les non verbalisateurs, tout comme l'absence de différence entre la gauche et la droite chez les verbalisateurs, ne dépendent pas du bloc.

Ensuite, nous regardons également l'impact de la capacité à verbaliser sur le taux d'omissions via une ANOVA mixte où le pourcentage d'omissions est la variable dépendante, le fait d'être verbalisateur ou non est le facteur catégoriel et les variables bloc, validité et côté sont les variables indépendantes à mesures répétées. Le fait d'être verbalisateur ou non n'a pas d'effet significatif sur le taux d'omissions, $F(1, 19) = .41$, $p = .53$, $\eta^2_p = .021$. Les tests post-hocs HSD de Tukey sur l'interaction bloc*validité*verbalisation ne mettent aucune différence significative en évidence. Notons que malgré l'interaction côté*verbalisation non significative, $F(1, 19) = 2.25$, $p = .15$, $\eta^2_p = .11$, les tests HSD de Tukey sur l'interaction côté*verbalisation montrent qu'il y a une différence significative entre les cibles présentées à gauche et celles présentées à droite chez les patients non verbalisateurs, $p = .005$. Ces derniers tendent à commettre plus d'omissions sur la gauche que sur la droite alors que les patients NSU capables de verbaliser la relation indice-cible ne commettent pas significativement plus d'omissions d'un côté que de l'autre, $p = .99$. Le test HSD de Tukey sur l'interaction bloc*côté*verbalisation montre que la différence observée entre la gauche et la droite chez les non verbalisateurs tout comme l'absence de différence entre la gauche et la droite chez les verbalisateurs ne dépendent pas du bloc. La figure 11 illustre l'impact de la capacité à verbaliser la relation indice-cible sur les TR et sur le pourcentage d'omissions à la tâche auditive chez les patients NSU.

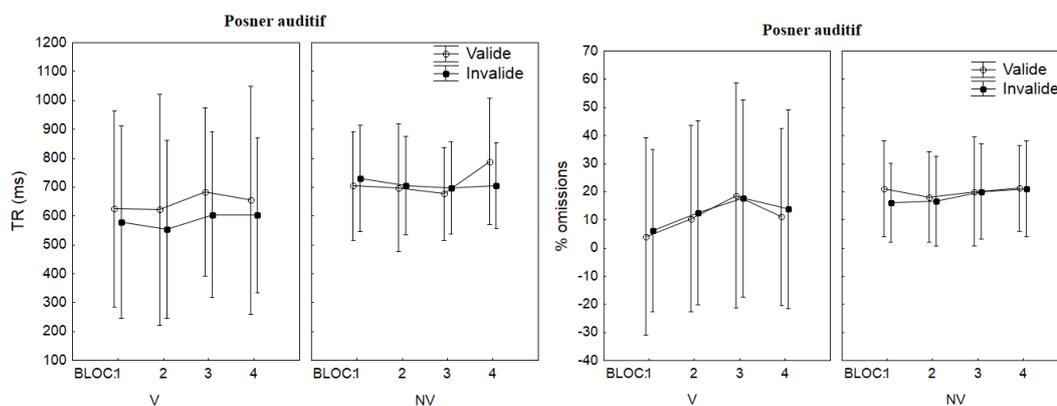


Figure 11. Groupe NSU : TR et % d'omissions des verbalisateurs (V ; n = 4) et non verbalisateurs (NV ; n = 17) selon le bloc et la validité de l'indice.

Pour le groupe LD, deux patients (codes d'identification : hamb et thomwill) verbalisent la relation entre l'indice et la cible pour la tâche auditive, mais aucun ne verbalise la relation pour la tâche visuelle. Ici non plus, l'ordre dans lequel les tâches ont été administrées ne semble jouer un rôle majeur puisque parmi ces deux patients, l'un a réalisé la version A alors que l'autre a réalisé la version B. L'analyse réalisée est

exactement la même que celle qui vient d'être réalisée pour le groupe NSU. Les résultats montrent qu'il n'y a pas non plus d'impact significatif de la verbalisation sur la performance des participants, $F(1, 10) = 1.80$, $p = .21$, $\eta^2_p = .15$. Les tests post-hocs de Tukey réalisés sur l'interaction bloc*validité*verbalisation montrent que les TR des patients capables de verbaliser la relation indice-cible diminuent significativement pour les essais valides du bloc 2 en comparaison aux essais valides du bloc 1, $p = .003$ alors que cette différence n'est pas significative chez les patients non verbalisateurs. De la même manière, les patients verbalisateurs ont des TR significativement plus élevés pour les essais valides du bloc 3 et du bloc 4 en comparaison aux essais valides du bloc 2, respectivement, $p = .028$ et $p = .044$. Au sein des sujets verbalisateurs, aucune différence significative entre les essais invalides à travers les blocs n'est observée. Les résultats sont illustrés dans la figure 12, mais l'effectif du sous-groupe LD verbalisateurs est faible ($n = 2$) et les analyses sont peu puissantes.

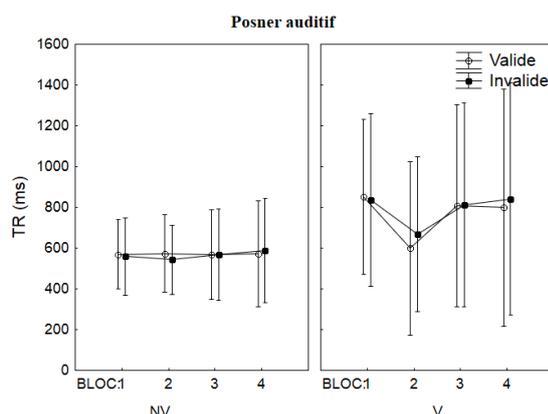


Figure 12. Groupe LD : TR des verbalisateurs (V ; $n = 2$) et non verbalisateurs (NV ; $n = 10$) selon le bloc et la validité de l'indice.

Les analyses statistiques que nous avons réalisées sur la capacité à verbaliser la relation indice-cible ou non sont peu puissantes car la proportion de verbalisateurs dans chacun des groupes est faible. Dès lors, les effectifs ne sont pas suffisants pour mettre des effets significatifs en évidence au sein du sous-groupe de patients verbalisateurs. Toutefois, puisque les participants considérés comme verbalisateurs sont censés avoir appris la relation indice-cible, nous observons brièvement leur performance de manière qualitative afin de voir si cette dernière correspond à nos attentes à propos de la manière dont l'apprentissage devrait se manifester. Rappelons que selon nos hypothèses, chez les sujets qui apprennent, nous nous attendons à une augmentation des TR sur les essais valides et/ou une diminution des TR sur les essais invalides lorsque les blocs deviennent informatifs de la relation indice-cible. Nous supposons donc, qu'au fil des blocs, la

différence entre les TR des essais valides et invalides devrait s'accroître et donner lieu à un facteur d'apprentissage grandissant.

Dans le groupe NSU et dans le groupe LD, nous avons respectivement 4 et 2 patients qui sont considérés comme verbalisateurs pour la tâche auditive, mais aucun verbalisateur pour la tâche visuelle. Nous n'avons donc aucun moyen, au niveau individuel, de vérifier que l'apprentissage en modalité visuelle se manifeste comme nous l'avions prédit. Commençons par analyser la performance de chaque patient NSU verbalisateur, individuellement. Précisons que nous avons vérifié que ces patients ne se comportent pas de manière atypique par rapport à notre échantillon. La figure A3 en annexe représente l'évolution des TR au Posner auditif et le tableau 5 reprend les facteurs d'apprentissage en modalité auditive pour chaque patient NSU verbalisateur. Tout d'abord, le patient ayant « Dgry » comme code d'identification, pour le côté droit, présente un facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1 de 461.31 ms. Par contre pour le côté gauche, le facteur d'apprentissage vaut - 501.46 ms. Ensuite, le patient « Agnes » présente quant à lui un pattern de réponses différent. Sur le côté gauche, il y a une augmentation des TR sur les essais valides et une diminution des TR sur les essais invalides entre le bloc 2 et le bloc 1 (facteur d'apprentissage = 198.38 ms). De plus, la différence entre essais valides et invalides semble s'accroître durant le bloc 3 (facteur d'apprentissage = 258.54 ms). Sur le côté droit par contre, le facteur d'apprentissage est de 45.63 ms lors du bloc 3. Pour le patient « Nzamra », bien qu'entre le bloc 1 et le bloc 2, nous observons une légère diminution des TR sur les essais invalides et une légère augmentation des TR sur les essais valides sur le côté droit (facteur d'apprentissage = 64.96), les effets inverses sont observés sur le côté gauche avec une augmentation des TR sur les essais invalides et une diminution sur les essais valides entre le bloc 1 et le bloc 2. Entre le bloc 2 et le bloc 3, les TR sur les essais valides augmentent et deviennent plus importants que les TR sur les essais invalides pour le côté gauche. Enfin, le patient « Schmima », sur le côté droit, est initialement plus rapide pour les essais valides que pour les essais invalides, mais à partir du bloc 2, cette différence disparaît car les TR pour les essais invalides diminuent et le facteur d'apprentissage vaut 127.21 ms. Pour le côté gauche par contre, dès le bloc 1, les TR pour les essais valides et invalides sont approximativement équivalents. Mais à partir du bloc 2, il y a une très légère diminution des TR pour les essais invalides et une très légère diminution des TR pour les essais valides, ce qui donne un facteur d'apprentissage de -66.67 ms.

Tableau 5. Facteurs d'apprentissage pour les patients NSU verbalisateurs sur la tâche auditive.

	Facteur d'apprentissage (ms)			
	Auditif bloc1 – bloc 2		Auditif bloc 1 – bloc 3	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Drgy	21.2	77.08	-501.46	461.31
Agnes	198.38	-20.17	258.54	45.63
Nzamra	-235.5	64.96	-138.46	43.83
Schmima	-66.67	127.21	-39.5	129.17

Voyons maintenant comment se comportent les LD capables de verbaliser la relation entre l'indice et la cible. L'évolution de leurs TR sur la tâche auditive est représentée dans la figure A4 en annexe et leurs facteurs d'apprentissage se trouvent dans le tableau 6. Les facteurs d'apprentissage entre les blocs 1 et 2 sont négatifs pour les deux patients et cela, pour les deux côtés. Les facteurs d'apprentissage entre les blocs 1 et 3, quant à eux, sont négatifs pour le côté droit, mais positifs pour le côté gauche et cela, pour les deux patients LD verbalisateurs.

Tableau 6. Facteurs d'apprentissage pour les patients LD verbalisateurs sur la tâche auditive.

	Facteur d'apprentissage (ms)			
	Auditif bloc1 – bloc 2		Auditif bloc 1 – bloc 3	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Thomwill	-3.42	-49.46	365.99	-306.63
Hamb	-248.98	-43.46	17.71	-163.81

En ce qui concerne les sujets contrôles verbalisateurs, les graphiques représentant l'évolution de leurs TR aux tâches auditive et visuelle sont présentés dans la figure A5 en annexe et leurs facteurs d'apprentissage figurent dans le tableau 7. Aussi bien pour la tâche visuelle qu'auditive, les facteurs d'apprentissage de ces deux patients sont faibles (< 100 ms).

Tableau 7. Facteurs d'apprentissage pour les sujets contrôles verbalisateurs.

	Facteur d'apprentissage (ms)							
	Visuel				Auditif			
	bloc 1 – bloc 2		bloc 1 – bloc 3		bloc 1 – bloc 2		bloc 1 – bloc 3	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Bada	-83.33	15.15	-.33	-16.25	.96	-52.08	24.79	-57.17
Godmar	25.25	25.38	59.54	-4.29	41.83	46.50	36.00	-26.21

6. Analyses des tâches de discrimination

Les résultats de l'ANOVA mixte mettent en évidence un effet principal de la modalité, $F(1,70) = 8.63$, $p = .004$, $\eta^2_p = .11$, et un effet principal du côté, $F(2,106) = 77.24$, $p < .000001$, $\eta^2_p = .52$. L'interaction modalité*groupe est significative, $F(2,70) = 8.42$, $p = .0005$, $\eta^2_p = .19$, tout comme l'interaction côté*groupe, $F(3,106) = 5.34$, $p = .002$, $\eta^2_p = .13$. L'interaction triple groupe*modalité*côté est également significative,

$F(3,112) = 2.74$, $p = .043$, $\eta^2_p = .073$. Par contre, l'interaction modalité*côté est non significative, $F(2,112) = 2.02$, $p = .15$, $\eta^2_p = .028$. La figure 13 met ces résultats en évidence.

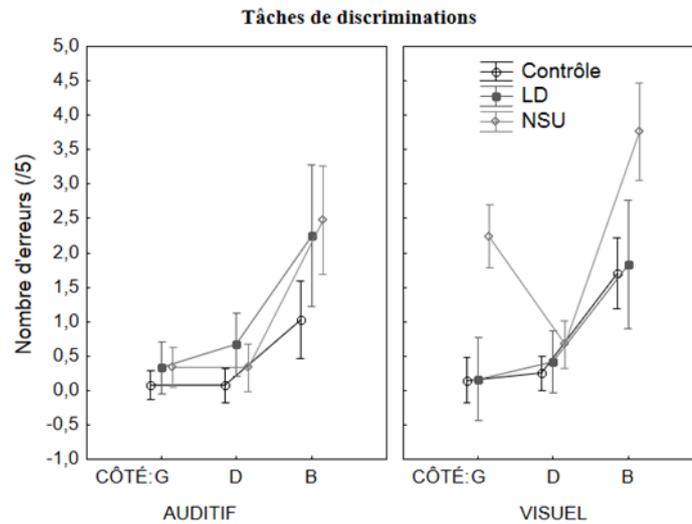


Figure 13. Nombre d'erreurs par modalité (auditive ou visuelle) et par côté (gauche ou droite) sur les tâches de discrimination selon le groupe (contrôle, NSU ou LD).

Les tests post-hocs HSD de Tukey appliqués sur l'interaction triple montrent une différence significative entre le nombre d'erreurs pour les stimuli présentés à gauche chez les patients NSU en modalité visuelle en comparaison aux sujets contrôles, $p = .00004$ et aux patients LD, $p = .0002$. Par contre, ces différences ne sont pas significatives en modalité auditive, respectivement $p = .99$, et $p = 1.00$. Toujours selon le test HSD de Tukey, nous observons, chez les sujets contrôles en modalité visuelle, un nombre significativement plus important d'erreurs lorsque les stimuli sont présentés des deux côtés simultanément comparativement à la gauche, $p = .00004$, et à la droite, $p = .00004$. Les sujets contrôles commettent également plus d'erreurs en modalité auditive quand les stimuli sont présentés des deux côtés simultanément que quand ils sont présentés seulement à gauche, $p = .006$, ou seulement à droite, $p = .006$. Toutefois, les patients NSU, lorsque le stimulus apparaît des deux côtés en même temps, commettent encore plus d'erreurs que les sujets contrôles sur ces mêmes essais en modalité auditive, $p = .00005$, et en modalité visuelle, $p = .0007$. En ce qui concerne le nombre d'erreurs pour les essais avec une présentation simultanée des deux côtés, les patients LD se situent entre les patients NSU et les sujets contrôles, mais ils ne diffèrent pas significativement des sujets contrôles, ni en modalité visuelle, $p = .99$, ni en modalité auditive, $p = .13$. En modalité auditive, ils ne diffèrent pas non plus significativement des patients NSU, $p = 1.00$. Par contre, en modalité visuelle, ils commettent significativement moins d'erreurs que les patients NSU, $p = .0009$.

Selon les tests HSD de Tukey sur l'interaction modalité*groupe, la différence entre la modalité auditive et visuelle n'est significative qu'au sein du groupe de patients NSU, $p = .0002$. Ces derniers commettent plus d'erreurs en modalité visuelle.

Discussion

1. Interprétation des résultats

Rappelons que Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden et al. (2015) ont montré que l'apprentissage implicite de la relation statistique entre un indice spatial et la localisation de la cible peut permettre à l'individu d'orienter plus rapidement son attention d'un côté ou de l'autre de l'espace. Cependant, seuls les patients dont la NSU est légère ou modérée sont capables d'apprendre la relation indice-cible et de l'utiliser pour réduire leurs signes de NSU (Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden, et al., 2015). Dans la continuité de ces travaux, l'objectif de notre étude est d'investiguer si l'apprentissage implicite de régularités auditives peut réduire les signes de NSU, même chez les patients atteints de NSU plus sévère. À condition qu'il permette de modifier l'orientation attentionnelle, nous supposons que l'apprentissage implicite de la relation indice-cible (présentation d'un indice invalide dans 80% des cas durant les blocs 2 et 3) devrait entraîner une diminution des TR sur les essais invalides et/ou une augmentation des TR sur les essais valides.

1.1 Interprétation des résultats obtenus pour le Posner visuel

À propos du Posner visuel, nous nous attendions à répliquer les résultats obtenus par Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden, et al. (2015) puisque nous avons utilisé une méthodologie similaire.

Chez les sujets contrôles, nos hypothèses se vérifient. Effectivement, nous voyons qu'au fil de la tâche, les participants deviennent plus rapides pour les essais invalides dans les blocs 2 et 3, comparativement au bloc 1 et que parallèlement, ils ralentissent sur les essais valides entre le bloc 2 et le bloc 3. L'apprentissage commence donc à s'initier dans le bloc 2 où nous voyons déjà apparaître une diminution des TR sur les essais invalides et puis, ses effets s'amplifient dans le bloc 3, avec l'augmentation des TR pour les essais valides. D'ailleurs, ce n'est que dans le bloc 3 que la différence entre les essais valides et invalides devient significative. Or, nous savons que plus la différence entre les essais valides et invalides s'accroît, plus l'apprentissage peut être

considéré comme important. En bref, les sujets contrôles apprennent la relation indice-cible sur la tâche visuelle et l'utilisent pour orienter plus efficacement leur attention.

Notons également que, chez les sujets contrôles, nous observons un effet principal de la variable validité. Ce dernier révèle que les TR sont généralement plus courts sur les essais invalides que sur les essais valides. Cela est cohérent avec le phénomène d'inhibition de retour (Posner & Cohen, 1984) car tous nos SOAs sont supérieurs à 300 ms. Par contre, un résultat plus inattendu est la tendance que nous observons chez les sujets contrôles à réagir plus rapidement à la cible lorsque cette dernière apparaît du côté droit. En effet, a priori, cette observation va à l'encontre du phénomène de pseudo-négligence décrit chez les sujets contrôles selon lequel les personnes sans atteinte neurologique ont tendance à privilégier le côté gauche puisque l'hémisphère droit est prédominant dans les traitements spatiaux (Jewell & McCourt, 2000). Une première piste d'explication fait référence au fait que les sujets répondent avec leur main droite à la cible car l'utilisation de la main droite engendre une activation de l'hémisphère gauche qui tend à compenser l'asymétrie au sein de l'attention spatiale préférentiellement sous-tendue par l'hémisphère droit (Jewell & McCourt, 2010). Cependant, des travaux récents proposent une explication alternative : Schmitz et Peigneux (2011) ont démontré qu'avec l'âge, le biais attentionnel tend à s'inverser conjointement à la dégradation de l'hémisphère droit. Un biais spatial dirigé vers la droite peut alors apparaître. C'est probable dans notre échantillon puisqu'il est âgé (moyenne de 63.20 ans). Guilbert (2016) montre d'ailleurs, sur un paradigme de Posner (Posner, 1980), que les personnes âgées ont des difficultés pour désengager leur attention du côté droit, même si l'ampleur est moindre que dans la NSU. Tout comme Guilbert (2016) qui étudie les effets de l'âge sur l'orientation exogène, les études futures devront par exemple étudier les effets de l'âge sur l'orientation attentionnelle endogène contrôlée ou même plus implicite puisque cette dernière a été mise en évidence par Bartolomeo et al. (2007) chez des sujets jeunes avec un âge médian de 26 ans.

Chez les patients NSU, lorsque nous réalisons les analyses sur l'entière du groupe (n = 21), nous n'observons aucun effet de l'apprentissage sur les TR. Le seul effet significatif chez les patients NSU est un effet principal du côté : les patients sont plus lents pour réagir aux cibles présentées à gauche qu'aux cibles présentées à droite, ce qui concorde parfaitement avec le biais attentionnel spatial dirigé vers la droite connu comme le symptôme principal de la NSU. Nous ne retrouvons pas d'effet principal

significatif de la validité, ce qui confirme l'absence de phénomène d'inhibition de retour chez les patients NSU et témoigne de leur déficit d'orientation exogène (Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al., 2001). Contrairement à Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden et al. (2015) qui mettent en évidence une interaction bloc*validité significative, nos analyses considèrent cette interaction comme non significative et les tests HSD de Tukey sur cette interaction ne montrent des différences significatives qu'entre les essais valides du bloc 4 et les essais invalides du bloc 1 ou valides du bloc 2. En ce qui concerne les analyses sur les omissions, nous observons également un effet du côté : les patients NSU commettent plus d'omissions à gauche qu'à droite. Nos résultats démontrent également une tendance au niveau de l'interaction bloc*validité, mais les résultats des tests post-hocs HSD de Tukey sur cette interaction ne sont pas totalement en accord avec nos hypothèses puisque malgré une augmentation du taux d'omissions sur les essais valides entre le bloc 2 et le bloc 3, nous observons une augmentation du taux d'omissions sur les essais invalides entre le bloc 3 et le bloc 1. A priori, ce pattern de performance reflète un effet de fatigue plutôt que d'apprentissage. Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al. (2001) ont montré que les patients NSU mettent plus de temps pour orienter leur attention de manière endogène : ils peuvent le faire pour des SOAs de 1000 ms, mais pas de 550 ms. Afin de réduire la variabilité des données, nous n'avons pas tenu compte de la variable SOA dans nos analyses. Or, la majorité de nos SOAs sont inférieurs à 1000 ms (600, 800 ou 1000 ms). Nous ne pouvons donc pas exclure que cela ait masqué les effets d'apprentissage qui auraient pu apparaître seulement pour les SOAs les plus longs. Néanmoins, Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden et al. (2015), qui utilisent les mêmes SOAs, nous confortent dans notre position puisqu'ils n'avaient montré aucun effet significatif du SOA chez les patients NSU.

Étant donné que Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden et al. (2015) ont démontré que la sévérité des signes de NSU peut avoir un impact sur l'apprentissage de régularités statistiques, nous allons analyser les résultats en scindant le groupe de patients NSU selon la sévérité des symptômes. Chez les patients présentant des signes légers à modérés, nous observons une disparition de l'effet du côté. Ce sous-groupe ne réagit pas significativement plus rapidement aux cibles présentées à droite qu'à celles présentées à gauche. Néanmoins, dans le bloc 1, bien que la différence entre les essais à gauche et à droite ne soit pas significative, les participants ont tendance à être plus rapides pour détecter les cibles à droite que celles à gauche. Cette tendance disparaît ensuite dans les blocs qui suivent. Les patients, en s'habituant à la tâche ou en

apprenant, peuvent compenser leur léger biais spatial. Concernant l'apprentissage, les résultats nous indiquent qu'il y a une augmentation significative des TR sur les essais valides entre le bloc 4 et le bloc 1. Puisque nous savons déjà que les patients NSU ont besoin d'un plus grand nombre d'essais pour apprendre implicitement (Shaqiri et al., 2013), il s'agit peut-être ici d'un signe d'apprentissage. Si tel était le cas, cela signifie que les effets de l'apprentissage s'initient seulement dans le dernier bloc. Dans ce cas, chez les patients NSU, nous pouvons considérer que l'apprentissage se manifeste par une stagnation des TR sur les essais invalides accompagnée d'une augmentation des TR sur les essais valides. Ceci peut être la conséquence de la fatigabilité et des troubles de l'attention soutenue (Samuelsson et al., 1998). Nos résultats sont plus mitigés que ceux obtenus par Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015) pour les patients atteints de NSU modérée, mais nous ne pouvons établir une comparaison pure des résultats entre les deux études puisqu'il est possible que la sévérité de la NSU dans notre groupe ne soit pas équivalente à celle de leur groupe. Chez les patients atteints de NSU sévère, il y a toujours un effet du côté avec plus d'omissions à gauche qu'à droite. Toutefois, nous observons également une interaction significative bloc*validité. Elle révèle une augmentation significative du nombre d'omissions pour les cibles à gauche sur les essais valides entre le bloc 2 et le bloc 3. Ceci pourrait être le reflet d'un apprentissage de la relation indice-cible, même s'il paraît étonnant que les patients atteints de NSU sévère manifestent des signes d'apprentissage plus précocement dans la tâche que les patients présentant des signes légers à modérés. Néanmoins, il n'est pas impossible que l'influence de l'apprentissage soit différente sur le nombre d'omissions et sur les TR.

Globalement, en modalité visuelle, nous avons donc certaines raisons de penser qu'un apprentissage, certes moins important et plus tardif que chez les sujets contrôles, a eu lieu chez les patients atteints de NSU. Or, le fait que les patients LD ne se sont pas montrés capables d'apprendre la relation indice-cible nous fait remettre cette perspective en question. Effectivement, aucun effet de l'ANOVA à mesures répétées sur les TR pour le Posner visuel n'est significatif chez les LD. Bien que les tests HSD de Tukey mettent en évidence une augmentation significative des TR pour les essais valides entre le bloc 2 et le bloc 3 et une augmentation significative des TR pour les essais invalides entre le bloc 2 et le bloc 4, ces différences, à elles seules, peuvent difficilement témoigner d'un apprentissage, à moins que ce dernier n'ait que des effets discrets. Toutefois, l'effectif du groupe de patients LD est plus petit que celui des autres groupes

et il n'est pas impossible que nous n'ayons pas atteint une puissance statistique suffisante que pour pouvoir mettre des résultats significatifs en évidence. Par contre, il ne faut pas négliger le fait que plusieurs études affirment que l'implication de l'hémisphère droit est prépondérante dans les mécanismes d'apprentissage implicite de régularités statistiques (Roser, Fiser, Aslin, & Gazzaniga, 2011). Effectivement, Roser et al. (2011), ont démontré, chez des patients présentant une déconnection inter-hémisphérique que contrairement à l'hémisphère gauche, l'hémisphère droit est nécessaire et suffisant à la mise en place de l'apprentissage implicite. L'absence d'apprentissage chez les LD pourrait dès lors trouver son origine dans des causes structurales, mais les patients NSU, ont eux aussi une lésion cérébrale dans l'hémisphère droit et les signes discrets d'apprentissage que nous observons dans ce groupe ne sont pas compatibles avec cette supposition. Toutefois, précisons que peu d'études se penchent sur les zones précisément impliquées dans l'apprentissage implicite et il se pourrait que des différences quant à la localisation des lésions cérébrales existent entre les deux groupes. De plus, d'autres études soutiennent que les deux hémisphères jouent un rôle dans l'apprentissage de régularités statistiques (Anderson, Danckert, Burnett, & Shaqiri, n.d.). Il s'agit donc encore actuellement d'un sujet controversé qui devra être investigué à l'avenir. Ajoutons également que nous ne sommes pas en mesure d'affirmer avec certitude que les effets discrets et isolés d'apprentissage observés au sein du groupe NSU ne soient pas des artefacts.

1.2 Interprétation des résultats obtenus pour le Posner auditif

À propos du Posner auditif, nous posons l'hypothèse qu'il devrait permettre d'obtenir de meilleurs résultats que le Posner visuel, en particulier chez les patients atteints de NSU. Cependant, nos résultats ne vont pas dans le sens de nos hypothèses.

En effet, chez les sujets contrôles, nous n'observons pas d'effet significatif d'un éventuel apprentissage de la relation indice-cible sur la performance. Les analyses ne mettent pas en évidence d'effet significatif du bloc, de la validité de l'indice, ni de l'interaction bloc*validité. Dès le bloc 1, par opposition à la modalité visuelle, il n'y a aucun avantage pour les essais invalides par rapport aux essais valides. Ceci est en accord avec la littérature décrivant l'absence d'inhibition de retour (Spence & Driver, 1994) et l'absence d'effet du côté (Schürmann et al., 2003) en modalité auditive. Lorsque nous aborderons les limites de notre étude, nous détaillerons en quoi ceci n'est pas sans lien avec l'émission totalement latéralisée des sons au travers d'un casque.

Chez les patients NSU, les analyses sur l'échantillon total ($n = 21$) ne mettent en évidence qu'un effet significatif du côté, à la fois pour les analyses réalisées sur les TR et sur le pourcentage d'omissions. Les difficultés attentionnelles dirigées vers le côté gauche existent donc également en présence d'indices auditifs. Aucun autre effet n'est significatif, ce qui laisse transparaître que les patients NSU n'apprennent pas la relation indice-cible en modalité auditive. Néanmoins, regardons tout de même si la sévérité de la NSU joue un rôle ou non. Lorsque la sévérité de la NSU est prise en considération, les résultats montrent que chez les patients présentant des signes de NSU légère à modérée, il y a un effet significatif du côté. Alors qu'en modalité visuelle, ce sous-groupe ne présente pas d'effet du côté, en modalité auditive, cet effet réapparaît avec des TR significativement plus longs à gauche qu'à droite, mais il convient de préciser que la différence entre la gauche et la droite n'est significative qu'au sein du bloc 1. Au sein des autres blocs, les TR sont équivalents sur la gauche et sur la droite. Au fil de la tâche, il y a une diminution des TR sur les cibles présentées à gauche, ce qui peut être dû, soit à l'apprentissage, soit à un effet d'entraînement. Mais aucun autre effet des analyses n'est significatif, nous ne pouvons donc pas observer d'autres signes qui témoigneraient d'un apprentissage. Ce sont les mêmes conclusions qui sont tirées pour le groupe atteint de NSU sévère sur le pourcentage d'omissions puisque là encore, seul l'effet du côté est significatif. À la différence des patients atteints de NSU légère à modérée, la différence significative entre la gauche et la droite se maintient à travers tous les blocs pour le groupe NSU sévère. Au fil de la tâche, les sujets atteints de NSU sévère ne peuvent donc pas se réorienter plus fréquemment vers le côté négligé.

Concernant les patients LD, aucun effet n'est significatif. Ils n'apprennent donc pas non plus la relation indice-cible lorsque l'indice est présenté auditivement.

1.3 Interprétation de la comparaison entre les deux modalités

Malgré les divergences entre les deux modalités, nous n'observons pas de différence significative entre le facteur d'apprentissage en modalité visuelle et en modalité auditive. Chez les sujets contrôles, malgré cette absence de significativité, nous pouvons constater sur la figure 2 (cf. page 60) que le facteur d'apprentissage en modalité visuelle semble légèrement plus important. Chez les patients NSU, nous n'observons pas d'effet significatif de la modalité, ce qui signifie que l'apprentissage n'est pas plus important dans une modalité que dans l'autre. Chez les patients LD, contrairement à nos attentes, nous voyons que l'apprentissage tend à être plus important

en modalité visuelle qu'en modalité auditive à partir du bloc 3 malgré le fait que cette différence ne soit pas significative. Nos résultats vont donc à l'encontre de nos hypothèses puisque l'apprentissage implicite de régularités statistiques, au lieu d'être plus bénéfique en modalité auditive qu'en modalité visuelle, est finalement moins avantageux.

Étant donné qu'aucun des groupes ne s'est montré capable d'apprendre la relation indice-cible dans la tâche auditive, nous désirons vérifier que cela ne peut pas être expliqué par le fait que cette dernière demande davantage de ressources cognitives. En effet, si la tâche auditive requiert davantage de ressources attentionnelles, il se pourrait que lorsqu'elle est administrée en seconde position (version A), l'effet de fatigabilité masque les effets de l'apprentissage. Outre cet effet de fatigabilité possible, Anderson et al. (n.d.) soulignent que les capacités d'apprentissage implicites sont limitées, c'est-à-dire qu'après avoir appris une première relation statistique, le système éprouve des difficultés à en apprendre une seconde. Il est donc possible que la relation statistique en modalité auditive soit plus difficile à apprendre lorsque la tâche est exécutée en deuxième position. Afin d'écarter ces possibilités, nous vérifions que l'effet de l'ordre dans lequel les deux tâches ont été administrées n'a pas d'influence sur la performance au Posner auditif. Pour ce faire, nous réalisons une ANOVA mixte avec les TR au Posner auditif comme variable dépendante, l'ordre (version A ou version B) comme variable catégorielle et les variables suivantes comme variables indépendantes à mesures répétées : bloc, validité de l'indice et côté d'apparition de la cible. Pour le groupe contrôle, l'effet de l'ordre sur la tâche auditive n'a pas d'impact significatif, $F(1, 38) = 2.46$, $p = .13$, $\eta^2_p = .061$. Chez les sujets contrôles, l'explication citée ci-avant semble donc peu plausible. Malgré cela, nous réalisons la même analyse chez les patients NSU et LD car avec leurs troubles attentionnels, notamment au niveau de la vigilance (Samuelsson et al., 1998), ces derniers pourraient se montrer plus sensibles à ce type d'effet. Mais que ce soit pour les patients NSU ou LD, les analyses montrent qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'ordre sur la performance à la tâche auditive, respectivement $F(1, 15) = .12$, $p = .73$, $\eta^2_p = .008$ et $F(1, 10) = .094$, $p = .76$, $\eta^2_p = .009$.

De la même manière, nous pourrions penser que les effets d'apprentissage sur le Posner visuel sont moins importants que ceux montrés par Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden et al. (2015) à la fois chez les sujets contrôles et chez les patients NSU parce que, quand la tâche visuelle est administrée en seconde position (version B), un

effet de fatigue se marque. Effectivement, la durée de notre séance de testing est plus de deux fois plus longue que celle de Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden et al. (2015) puisque nous administrons les deux tâches le même jour et, qu'en prime, chacune des tâches comporte un bloc supplémentaire de 40 essais (bloc 4). Néanmoins, nous n'observons pas d'effet de fatigue chez les sujets contrôles puisque dans le Posner visuel, bien que l'effet principal de la variable ordre ne soit pas significatif, $F(1, 38) = 1.83$, $p = .058$, $\eta^2_p = .092$, les TR tendent à être plus courts sur la tâche visuelle quand les participants réalisent la version B que quand ils réalisent la version A. Au lieu de l'effet de fatigue auquel nous nous attendions, il semble plutôt y avoir un effet d'entraînement. Toutefois il ne semble pas y a avoir un impact de l'ordre sur l'apprentissage puisque l'ordre n'interfère significativement avec aucune des autres variables. En ce qui concerne les patients NSU, l'effet principal de l'ordre n'est pas significatif, $F(1, 13) = .32$, $p = .58$, $\eta^2_p = .024$. Chez les patients LD non plus, l'ordre n'a pas d'effet significatif, $F(1, 10) = .0003$, $p = .99$, $\eta^2_p = .00003$. Alors que les sujets contrôles ont tendance à être plus rapides sur la tâche visuelle lorsque cette dernière est administrée en seconde position, les patients NSU et LD ont des TR équivalents sur la tâche visuelle peu importe l'ordre dans lequel la passation a lieu. Cette disparition de l'effet d'entraînement peut dévoiler un effet de fatigue. Mais comme l'ordre n'a pas d'effet majeur sur l'apprentissage chez les contrôles, nous ne pouvons pas conclure que cet effet de fatigabilité est la seule cause de l'absence d'apprentissage chez les patients.

1.4 Interprétation des résultats concernant l'impact de la capacité à verbaliser

Puisque les verbalisateurs sont peu nombreux, il est difficile de réaliser des analyses statistiques robustes sur ces sous-groupes. La discussion des effets ci-dessous concerne par conséquent l'observation de la performance individuelle de certains patients et elle ne repose pas sur des différences statistiquement significatives. Il est donc nécessaire de les considérer avec précaution.

De manière générale, le facteur catégoriel verbalisation n'a pas d'effet principal significatif. Chez les sujets contrôles, le fait de verbaliser ou non n'a pas d'effet sur la performance. En modalité visuelle, l'apprentissage n'est donc pas influencé par la capacité à verbaliser, ce qui signifie que comme nous nous y attendions suite aux résultats de plusieurs études (Bartolomeo, Decaix, et al., 2007 ; Chica et al., 2011 ; Risko & Stolz, 2010 ; Wansard, Bartolome, Vanderaspolden et al., 2015), l'orientation

attentionnelle peut se mettre en place de manière endogène sous l'influence de connaissances apprises implicitement. En modalité auditive, puisqu'il n'y a pas d'apprentissage démontré pour l'ensemble du groupe et que la performance des verbalisateurs ne diffère pas de celle des non verbalisateurs, nous supposons que l'apprentissage des verbalisateurs ne se traduit pas comme nous l'avions prévu. Toutefois, ces conclusions doivent être nuancées car les facteurs d'apprentissage des sujets contrôles verbalisateurs sont très faibles dans les deux modalités (cf. tableau 7) et cela peut peut-être s'expliquer par le fait que ces deux participants sont très rapides. Effectivement, la moyenne des TR au Posner auditif pour le groupe contrôle est de 433.14 ms (écart-type = 96.34) alors que les moyennes des TR pour « bada » et « godmar » sont respectivement de 308.58 ($Z = 1.29$) et 303.74 ms ($Z = 1.34$). La même constatation est faite sur la tâche visuelle puisque la moyenne globale est de 469.53 ms (écart-type = 116.52) contre 358.87 ($Z = .95$) et 312.43 ($Z = 1.35$) pour « bada » et « godmar » respectivement. Dès lors, s'ils ont déjà atteint leurs TR minimaux dès le départ, l'apprentissage ne saurait les aider davantage.

Chez les patients LD verbalisateurs, les facteurs d'apprentissage en modalité auditive sont négatifs entre le bloc 1 et le bloc 2, c'est-à-dire que les sujets se comportent à l'inverse de ce à quoi nous nous attendions. Entre le bloc 3 et le bloc 1, les facteurs d'apprentissage positifs pour la gauche démontrent que les deux patients ont appris la relation et que l'apprentissage s'est manifesté comme nous l'avions supposé. Par contre, sur le côté droit, ils se comportent toujours à l'inverse de nos prédictions malgré le fait qu'ils aient conscience de la relation entre l'indice et la cible.

Au sein du sous-groupe NSU verbalisateurs, les patients présentent des patterns de performance hétérogènes sur la tâche auditive. Premièrement, le patient « Dgry » semble avoir appris la relation indice-cible. Comme nous nous y attendions, nous observons une augmentation des TR pour les essais valides et une diminution des TR pour les essais invalides entre le bloc 3 et le bloc 2, mais uniquement pour le côté droit. En effet, pour le côté droit, le facteur d'apprentissage entre le bloc 3 et le bloc 1 est de 461.31 ms. Par contre, pour le côté gauche, les résultats sont plus mitigés et contredisent nos attentes avec un facteur d'apprentissage de - 501.46 ms entre le bloc 3 et le bloc 1. Même si le patient a appris la relation entre l'indice et la cible et qu'il est capable d'utiliser cet apprentissage pour optimiser sa performance du côté droit, il ne semble pas capable d'en faire usage pour compenser ses difficultés à explorer l'espace négligé.

Ensuite, le patient « Agnes » présente quant à lui un pattern de réponses différent. Des effets d'apprentissage semblent apparaître sur le côté gauche avec une différence croissante entre essais valides et invalides pour atteindre un facteur d'apprentissage de 258.54 ms dans le bloc 3. Sur le côté droit par contre, l'ampleur des effets de l'apprentissage est nettement plus faible avec un facteur d'apprentissage de 45.63 ms lors du bloc 3. Nous ne pouvons pas exclure que cela soit dû au fait que ses TR sur la droite sont déjà initialement plus courts que sur la gauche parce que dans ce cas, l'apprentissage, même s'il permet une amélioration de la performance, a une marge de manœuvre plus faible. Le patient « Nzamra » est également capable de verbaliser la relation indice-cible en modalité auditive. Alors que les facteurs d'apprentissage positifs sur la droite démontrent qu'il a appris la relation et qu'il est capable de s'en servir pour améliorer légèrement sa performance, les facteurs d'apprentissage négatifs pour le côté gauche mettent en évidence son incapacité à utiliser les connaissances apprises pour compenser son biais attentionnel. Enfin, le patient « Schmima » présente des effets d'apprentissage légers qui, comme pour les patients « Dgry » et « Nzamra », se marquent seulement sur la droite et non sur la gauche. Globalement, sur les quatre patients, seul « Agnes » s'est montré capable d'utiliser la connaissance apprise pour améliorer sa performance sur le côté gauche. Sur base de ces éléments, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'en modalité auditive comme en modalité visuelle (Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al., 2001 ; Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al., 2015), l'orientation attentionnelle endogène contrôlée des patients NSU, même quand elle est préservée, n'est pas utilisée spontanément pour réduire les difficultés d'orientation vers l'espace négligé. En ce qui concerne l'orientation attentionnelle endogène plus implicite, pour la modalité auditive, nous n'observons aucun effet significatif d'apprentissage ni pour la gauche, ni pour la droite. Ceci laisse donc penser que les non verbalisateurs n'ont pas été capables d'extraire les régularités. Nous ne pouvons dès lors pas conclure que l'orientation plus implicite permette aux patients NSU de réduire leurs symptômes.

En rapport avec la capacité des sujets à verbaliser ou non la relation indice-cible, une question reste encore sans réponse : « Pourquoi les patients NSU verbalisent-ils la relation uniquement sur la tâche auditive et pas sur la tâche visuelle ? ». Un élément de réponse plausible est que les indices, en particulier lorsqu'ils apparaissent à gauche, sont mieux perçus par les patients en modalité auditive qu'en modalité visuelle. En effet, sur les tâches de discrimination, nous avons déjà souligné le fait que les patients

NSU commettent plus d'erreurs que les sujets contrôles sur le côté gauche en modalité visuelle, mais pas en modalité auditive. De plus, durant le questionnaire post-expérience, six patients NSU (soit 28,57% de l'échantillon) ont exprimé avoir eu l'impression de percevoir plus fréquemment le rectangle s'épaissir à droite qu'à gauche. Puisque les indices visuels que nous utilisons sont exogènes, ces constatations sont en accord avec le déficit d'orientation attentionnelle exogène des patients NSU (Bartolomeo & Chorkron, 2002 ; Bartolomeo, Siéroff, Decaix, et al., 2001). Toutefois, nous savons que les patients NSU peuvent prendre en considération de manière implicite certains éléments qu'ils ne peuvent traiter de manière consciente (Marshall & Halligan, 1988). Par exemple, Marshall et Halligan (1988) ont démontré la préservation de la perception implicite sur le côté négligé chez une patiente atteinte de NSU gauche. Ils ont présenté deux images à la patiente : une représentant une maison et l'autre représentant la même maison avec les flammes d'un incendie sur le côté gauche. Lorsque les expérimentateurs demandent à la patiente ce qu'elle voit, dans les deux situations, elle répond : « une maison ». Mais quand les expérimentateurs lui demandent dans laquelle des deux maisons elle préférerait vivre, elle choisit significativement plus souvent la maison sans flamme sans pour autant pouvoir expliquer les raisons de son choix. Face à ces éléments, nous ne pouvons finalement pas affirmer que les patients de notre échantillon n'ont pas perçu les indices présentés à gauche de manière plus implicite. Reste à savoir si la perception implicite de l'indice est suffisante à la mise en place de l'extraction des régularités statistiques. En effet, certains auteurs affirment que l'attention sélective doit être dirigée vers les stimuli qui contiennent une valeur prédictive pour que l'individu puisse extraire les régularités et se former une représentation mentale (Jiménez & Méndez, 1999). Pour en revenir à la question initiale, il est donc possible que les participants NSU qui ont verbalisé la relation uniquement pour l'auditif et pas pour le visuel aient pu le faire parce qu'ils ont perçu correctement les indices auditifs. Par conséquent, ils ont pu prêter attention aux caractéristiques des indices, notamment aux caractéristiques spatiales, ce qui leur a permis de remarquer les contingences et d'extraire la règle statistique. Par opposition, ils n'ont pas pu le faire pour la tâche visuelle à cause de leur défaut d'orientation exogène. Ceci soulève une des limites dans la conception de notre tâche visuelle. À l'avenir, il pourrait être intéressant de comparer l'utilisation d'indices exogènes et endogènes dans ce type de paradigme.

1.5 Interprétation des résultats obtenus aux tâches de discrimination

À propos des tâches de discrimination, elles montrent que les patients NSU commettent significativement plus d'erreurs sur le côté gauche que les deux autres groupes en modalité visuelle alors que ce n'est pas le cas en modalité auditive. Par conséquent, elles permettent de montrer que les patients NSU de notre échantillon, ne présentent pas de signes de négligence auditive par rapport aux stimulations sonores utilisées puisqu'ils sont capables de localiser les stimuli auditifs du côté gauche dans la même mesure que les sujets contrôles. Par conséquent, nous concluons que l'absence d'apprentissage en modalité auditive ne peut pas être expliquée par l'incapacité des patients à percevoir correctement les indices. Pareillement, malgré le fait que nous n'avons pas évalué l'audition de nos participants, il semble que l'absence d'effet d'apprentissage à la tâche auditive ne puisse pas être justifiée par des troubles auditifs liés à l'âge puisqu'en réalité, les sujets contrôles âgés ne commettent pas plus d'erreurs qu'en modalité visuelle pour la tâche de discrimination auditive.

Cependant, rappelons que des analyses statistiques paramétriques ont été utilisées malgré la violation de la normalité des données et que les analyses sont réalisées sur un petit nombre d'essais puisque chaque tâche ne comporte que 5 essais par côté. Ces résultats devront donc être confirmés à l'avenir.

2. Limites et perspectives de recherche

Nous y avons déjà fait allusion précédemment, une des limites de notre étude concerne la méthodologie utilisée pour tester l'impact de l'apprentissage implicite en modalité auditive sur l'orientation attentionnelle visuelle. Effectivement, comme l'évoquent Barrett et al. (2010), le problème réside dans la présentation des stimuli sonores via un casque. Chaque son apparaît de manière totalement latéralisée, soit dans l'oreille droite, soit dans l'oreille gauche. Dès lors, le son n'est pas traité par les participants comme un indice spatial concret, mais il est plutôt perçu comme un signal abstrait symbolisant la gauche ou la droite (Schürmann et al., 2003). En effet, les sons émis via des écouteurs élicitent difficilement une perception spatiale parce qu'ils ont des différences interaurales infinies et ils ne correspondent à aucune contrepartie visuelle (Barrett et al., 2010). Dans notre étude, ce phénomène se vérifie par le fait que les sujets contrôles ne présentent pas d'effet d'inhibition de retour dans la tâche auditive. De fait, le son tel qu'il est émis n'est pas considéré comme un indice capable d'orienter l'attention de l'individu dans l'espace. Par conséquent, si le son entendu dans une des

oreilles n'est pas perçu comme étant du même côté de l'espace que la cible visuelle, il est évident que le participant ne peut pas se faire une représentation mentale correcte de la relation indice-cible (Schürmann et al., 2003). Une solution peut être la présentation des stimulations auditives via des baffles placés sur les côtés de l'écran aussi près que possible de l'endroit où apparaissent les stimuli visuels (Farah et al., 1989).

Il faut aussi tenir compte du fait que l'apprentissage de régularités statistiques comporte des particularités spécifiques à chacune des modalités sensorielles. Raviv et Arnon (2017), qui étudient les trajectoires développementales des capacités d'apprentissage implicite, ont démontré que durant l'enfance, il y a une amélioration des capacités d'apprentissage statistique en modalité visuelle alors que les capacités d'apprentissage de régularités statistiques auditives stagnent. Ils observent également que dès l'âge de 8 ans, les capacités d'apprentissage implicite en modalité visuelle sont meilleures qu'en modalité auditive (Raviv & Arnon, 2017). Actuellement, aucune étude n'a investigué la manière dont ces capacités évoluent avec le vieillissement normal. Souvent, les capacités d'apprentissage implicite sont considérées comme préservées avec le vieillissement, contrairement aux capacités d'apprentissage explicite dont la détérioration est reconnue chez les personnes âgées (Howard & Howard, 2013). Cependant, Howard et Howard (2013) démontrent, qu'avec l'âge, bien que certains mécanismes implicites tels que les effets de priming soient préservés, il peut y avoir un déclin des capacités d'apprentissage implicite sur des tâches de TR sériels. Toutes les formes d'apprentissage implicite ne sont donc pas préservées tout au long de la vie. En ce qui concerne des tâches d'indigage contextuel, les résultats sont controversés (Merrill, Connors, Roskos, Klinger, & Klinger, 2013). Pour information, le paradigme d'indigage contextuel consiste, dans une tâche de recherche visuelle, à présenter un ensemble de distracteurs dans des positions spatiales répétées afin que l'individu puisse apprendre la relation entre l'apparition de ces distracteurs et l'apparition de la cible dans une localisation spatiale donnée (Merrill et al., 2013). Alors que selon Merrill et al. (2013), l'apprentissage est équivalent chez les enfants, les adultes et les personnes âgées de plus de 60 ans, Smyth et Shanks (2011) mettent en évidence que ce type d'apprentissage est altéré chez les personnes âgées lorsque la tâche est plus complexe. Selon la méthodologie utilisée, il semble donc que les effets de l'âge sur l'apprentissage implicite se marquent différemment (Merrill et al., 2013). À l'heure actuelle, peu d'études existent encore sur le sujet et nous n'avons pas d'information sur la manière dont l'apprentissage implicite évolue avec l'âge sur des tâches semblables à celles que

nous avons utilisées, à la fois en modalité visuelle et auditive. Une thématique qui pourra être investie à l'avenir est la suivante : comment les capacités d'apprentissage implicite auditives et visuelles évoluent-elles avec l'avancée en âge ? Effectivement, notre échantillon est principalement composé de personnes âgées et, si en référence à Raviv et Arnon (2017), les capacités d'apprentissage implicite en modalité visuelle restent supérieures aux capacités d'apprentissage implicite en modalité auditive au cours de la vie, c'est une piste qui permettrait d'expliquer l'absence d'apprentissage en modalité auditive. Quant aux capacités d'apprentissage en modalité visuelle, ce type d'étude permettrait de s'assurer qu'elles sont préservées avec l'âge. Tout l'intérêt réside dans le fait que les patients NSU sont souvent âgés et qu'à terme, l'objectif est d'utiliser ces capacités dans la rééducation de la NSU.

Néanmoins, pour un grand nombre de fonctions cognitives, des doubles dissociations sont établies entre les modalités auditive et visuelle et cela, particulièrement dans le domaine de l'apprentissage et de la mémoire. Citons par exemple la dissociation établie entre boucle phonologique (auditivo-verbale) et calepin visuo-spatial dans le modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974) ou bien encore la séparation entre l'évaluation de la mémoire à long terme auditivo-verbale et visuelle (Desgranges & Eustache, 2003). Par conséquent, il convient de se demander si des dissociations ne peuvent pas exister entre les patients pour l'apprentissage implicite. En effet, alors que certains patients pourraient tirer davantage profit de l'apprentissage implicite en modalité visuelle, il n'est pas exclu que d'autres bénéficient davantage de la modalité auditive. À ce propos, Siegelman et Frost (2015) ont comparé les scores individuels obtenus à quatre tâches d'apprentissage implicite : verbale auditive, non-verbale auditive, verbale visuelle et non-verbale visuelle. Les résultats montrent que les capacités d'apprentissage implicite ne sont pas uniformes au niveau individuel et qu'elles peuvent différer selon la modalité sensorielle et le type de stimuli (Siegelman & Frost, 2015). En ce qui concerne la mémorisation des localisations spatiales, il apparaît que la majorité de la population a un style cognitif visuel plutôt qu'auditif (Delogu & Lilla, 2017). Ainsi, il est possible que l'absence d'effet d'apprentissage en modalité auditive soit due au fait qu'un moins grand nombre de personnes, de par leur style cognitif de prédilection, ait pu tirer profit des stimulations auditives. Toutefois, cela n'empêche pas que certains patients privilégient la modalité auditive. Dans notre échantillon NSU, nous observons, par exemple, le patient « rorbre » qui bénéficie de l'apprentissage implicite en modalité auditive pour

compenser son biais latéral vers le côté négligé alors qu'il n'est pas capable de le faire en modalité visuelle. Dès le bloc 2, il présente un facteur d'apprentissage en modalité auditive de 456.5 ms pour le côté gauche alors qu'en modalité visuelle, le facteur d'apprentissage pour la gauche est de -77.67 ms. À titre exploratoire, il aurait été intéressant, au travers d'une étude de cas unique, d'identifier les caractéristiques cognitives de ce patient. En effet, cela nous aurait permis de distinguer les capacités cognitives qui permettent l'émergence de ce type d'effet. Ceci nous mène à une autre limite de notre étude : ne pas avoir pris en considération le profil cognitif spécifique de chaque patient NSU alors qu'il est reconnu qu'ils sont très hétérogènes entre eux et qu'ils peuvent fréquemment souffrir de déficits cognitifs qui entravent l'apprentissage implicite. Nous pensons par exemple à la mémoire de travail (Wansard et al., 2016), aux troubles représentationnels (Bisiach & Luzzatti, 1978 ; Shaqiri et al., 2013), ou encore à l'attention soutenue (Samuelsson et al., 1998). Dans une perspective de rééducation, il sera indispensable de tenir compte du profil individuel de chaque patient.

Une limite supplémentaire de notre étude est qu'elle utilise une forme d'orientation attentionnelle endogène plus implicite en modalité auditive dans le but d'aider les patients NSU à explorer l'espace négligé. Or, à l'heure actuelle, Spence et Driver (1994) ont montré que les deux formes d'orientation attentionnelle, endogène et exogène, existent chez les sujets contrôles en modalité auditive. Suite à cela, Guilbert et al. (2016) ont montré qu'en modalité auditive, les patients NSU présentent des déficits d'orientation exogène semblables à ceux dont ils souffrent en modalité visuelle. Mais aucune étude n'a permis de montrer que l'orientation endogène en modalité auditive est préservée dans la NSU. Selon nous, il s'agit donc d'un élément crucial qui devrait faire l'objet de travaux dans les années à venir.

3. Implications cliniques

Nous vérifions quantitativement que l'amélioration des processus d'alerte décrite précédemment en modalité auditive (Robertson et al., 1998 ; Matthias et al., 2010 ; Van Vleet & Robertson, 2006) s'applique à notre étude. Les moyennes globales des TR et des pourcentages d'omissions sont reprises dans le tableau 8. Le tableau 9 reprend les résultats séparément pour la gauche et pour la droite pour le groupe NSU. Pour les trois groupes, nous observons des TR plus rapides en modalité auditive qu'en modalité visuelle. Les patients NSU sont également plus rapides en modalité auditive qu'en modalité visuelle sur le côté gauche. Dans une certaine mesure, il apparaît donc que les

stimulations auditives, via une amélioration de l’alerte, permettent des TR plus courts sur le côté négligé. En modalité auditive, les patients NSU semblent également omettre moins de cibles sur le côté négligé qu’en modalité visuelle. Peut-être cela est-il relié à l’augmentation de la perception consciente consécutive à un signal sonore décrite par Kusnir et al. (2011). L’utilisation de la modalité auditive pour la rééducation des patients NSU n’est donc pas vaine. Toutefois, nous sommes convaincue que l’évaluation préalable de la NSU en modalité auditive s’avère nécessaire avant la mise en place d’un projet de rééducation basé sur des stimulations auditives puisque les signes de NSU auditive se manifestent de manière très hétérogène entre les patients (Barrett et al., 2010). Pour ce faire, la création d’une batterie d’évaluation de la NSU auditive se révèle essentielle.

Tableau 8. Moyennes globales des TR et du % d’omissions pour chacune des modalités.

	Tâche visuelle	Tâche auditive
TR (ms) groupe contrôle	469.63	429.26
TR (ms) groupe LD	645.00	603.12
TR (ms) groupe NSU	760.37	738.85
Omissions (%) groupe NSU	21.51	17.90

Tableau 9. Moyennes des TR et du % d’omissions pour le groupe NSU séparément pour la gauche et la droite.

	Tâche visuelle		Tâche auditive	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite
TR (ms) groupe NSU	821.48	705.80	790.23	692.05
Omissions (%) groupe NSU	33.79	9.23	28.12	7.68

Dans des perspectives cliniques, nous voulons insister sur la nécessité de susciter la motivation des patients. En effet, notre tâche est peu porteuse de sens pour les patients et globalement, leur investissement n’était pas optimal. Ceci pose problème en regard des études qui montrent que la motivation peut réduire les signes de NSU (Russel, Li, & Malhotra, 2013). Malhotra, Soto, Li, et Russel (2013) ont par exemple montré que, lors d’une tâche de barrage de cibles, les patients NSU entourent davantage de cibles lorsqu’ils sont avertis qu’ils peuvent gagner une récompense financière proportionnelle à leur performance. Toutefois, Malhotra et al. (2013) font deux remarques. Premièrement, les patients sont avertis de la récompense et deuxièmement, ils améliorent leur performance seulement lors de la seconde passation, c’est-à-dire après avoir reçu la récompense une première fois déjà. Il s’agit d’un argument en faveur de l’influence de la motivation sur l’orientation attentionnelle spatiale dans la NSU. Pourquoi la motivation engendre-t-elle des résultats aussi positifs ? Certains pensent qu’elle permet une augmentation du niveau d’alerte qui, à son tour, réduit les signes de NSU (Malhotra et al., 2013). D’autres croient que la motivation permet l’augmentation

de la saillance perceptive des stimuli recherchés (Malhotra et al., 2013). Actuellement, l'impact de la motivation sur l'orientation attentionnelle est donc encore mal compris. En outre, l'anosognosie des patients NSU constitue un frein à la motivation telle qu'elle est utilisée dans l'étude de Malhotra et al. (2013). Afin de contourner cet obstacle, il serait intéressant, à l'avenir, d'étudier les capacités des patients NSU à apprendre implicitement des relations de récompense qui élicitent la motivation. Les patients NSU peuvent-ils, après plusieurs expositions, apprendre implicitement la relation entre un comportement (ex : explorer l'espace gauche) et la récompense obtenue ? Il s'agit d'un vaste thème sur lequel les recherches futures pourront se pencher car peu de travaux existent actuellement. Parmi les rares études publiées sur le sujet, les résultats semblent prometteurs. Tout d'abord, Lecce et al. (2015) ont démontré que les patients NSU sont capables d'apprendre implicitement les contingences présentes dans l'environnement lorsque ces dernières sont reliées à une récompense. La méthodologie utilisée consiste à placer le patient NSU face à un écran sur lequel figurent deux boîtes : une à droite et une à gauche. À l'intérieur d'une des boîtes se trouve une pièce de cinq centimes. À chaque essai, le patient doit choisir une boîte et il est averti que s'il choisit la boîte dans laquelle se trouve la pièce de monnaie, il remporte cette pièce. Il y a deux conditions. Dans la première, la pièce de monnaie se trouve dans la boîte située à gauche, c'est-à-dire du côté négligé, dans 75% des essais. Dans la seconde, c'est l'inverse, la pièce de monnaie se trouve dans la boîte de droite dans 75% des essais. Chaque tâche est composée de 120 essais et les auteurs considèrent que le patient a atteint le critère d'apprentissage lorsqu'il donne une bonne réponse sur 75% des essais. Les résultats montrent que tous les patients NSU, sauf un, apprennent aussi rapidement la règle lorsque la récompense apparaît à droite ou à gauche. Ensuite, Lucas et al. (2013) utilisent une méthodologie quelque peu différente. Les patients NSU voient un ensemble de distracteurs parmi lesquels figurent plusieurs cibles. À chaque essai, il leur est demandé de deviner quelle cible est associée à une récompense. En fonction de la cible qu'il choisit, le patient peut recevoir une récompense de 0, 5, 10 ou 50 points et il reçoit un feedback audio-visuel : la cible clignote en jaune accompagnée d'une mélodie agréable. Le groupe de participants est divisé en deux. Dans le premier groupe, la probabilité d'avoir une récompense est distribuée symétriquement entre la gauche et la droite alors que dans le second groupe, la probabilité d'avoir une récompense est significativement plus élevée pour les cibles situées à gauche. Après avoir réalisé la tâche, les patients remplissent un questionnaire qui permet de savoir s'ils ont conscience

du biais d'asymétrie qui permet d'obtenir une récompense. Alors qu'au début de la tâche, tous les patients NSU tendent à choisir préférentiellement des cibles du côté droit, au fur et à mesure des essais, ils commencent à choisir des cibles à gauche et cela, particulièrement dans la condition contenant des probabilités asymétriques. Cela découle très probablement d'un apprentissage implicite puisque, dans la condition asymétrique, aucun des patients NSU n'a pas pu verbaliser consciemment la probabilité plus élevée d'obtenir une récompense pour les cibles de gauche. Les patients NSU semblent donc capables de compenser leur biais latéral en apprenant, sans en être conscient, des contingences liées aux récompenses (Lucas et al., 2013). Cette composante implicite est un enjeu important dans la rééducation des patients NSU car elle permet de surmonter un des obstacles principaux qui met en échec grand nombre d'interventions chez ces patients, à savoir, l'anosognosie (Shaqiri et al., 2013 ; Wansard et al., 2016). Puisque les stimulations auditives et la motivation permettent toutes deux d'alléger les signes de NSU, les recherches futures pourraient tenter d'allier les deux mécanismes afin d'optimiser les effets bénéfiques sur les signes de NSU.

Par ailleurs, il semble indispensable de créer des dispositifs plus écologiques afin de solliciter davantage l'investissement des patients dans les tâches à réaliser. Pour ce faire, Pedrolì, Serino, Cipresso, Pallavicini, et Riva (2015) démontrent à quel point la réalité virtuelle, plus attractive, peut s'avérer intéressante pour la prise en charge des patients atteints de NSU. De fait, la réalité virtuelle permet de soumettre le patient à des situations proches de celles qu'il est susceptible de rencontrer dans la vie réelle. Ceci n'est pas négligeable compte tenu de l'impact positif de la motivation et des émotions positives sur l'orientation émotionnelle. Cet effet positif a notamment déjà été mis en évidence par l'utilisation de la musique (Chen et al., 2012 ; Soto et al., 2009) qui peut elle aussi constituer un moyen d'augmenter l'investissement motivationnel, d'autant plus que Guilbert et al. (2014) démontrent tout l'intérêt que la musique peut représenter dans la rééducation de la NSU.

Puisque les aspects motivationnels ne sont pas sans lien avec les aspects émotionnels, les études à venir pourraient également s'attarder sur l'impact des aspects émotionnels des stimulations sonores sur l'orientation de l'attention dans l'espace. Au-delà du fait que l'émotion positive induite, par exemple par la musique, améliore l'orientation attentionnelle de manière globale (Soto et al., 2009), il semble que les stimuli auditifs puissent également engendrer des modifications au sein même de

l'orientation attentionnelle (Harrison & Davies, 2013). En effet, Harrison et Davies (2013) utilisent un paradigme d'indication spatial semblable au paradigme de Posner (Posner, 1980) dans lequel le participant doit indiquer si la cible visuelle apparaît à gauche ou à droite. Avant l'apparition de cette cible, le participant entend un son spatialement non-prédictif de la localisation d'apparition de la cible, autrement dit le son peut être spatialement valide ou non valide dans des proportions égales. Ce son peut être plaisant, neutre ou désagréable sur le plan émotionnel. Les résultats mettent en évidence une diminution de l'effet de validité lors des essais où le son est désagréable comparativement aux essais avec un son neutre ou plaisant. Cette diminution de l'effet de validité pour les essais désagréables peut être expliquée par le fait que le participant, suite à la présentation d'un son désagréable en provenance d'un côté de l'espace, se désengage plus rapidement de ce côté de l'espace pour réengager son attention à un autre endroit (Harrison & Davies, 2013). Dans notre étude, les sons utilisés sont neutres, nous n'avons a priori pas de raison de penser que ce genre de variable ait pu influencer les résultats. Néanmoins, il aurait été intéressant de vérifier cette présupposition puisque certains patients ont rapporté que les sons utilisés leur rappelaient le bruit de l'électrocardiogramme. Cela n'induit-il pas une composante émotionnelle ? Les stimulations auditives peuvent-elles être dénuées de caractéristiques émotionnelles ? Dans le champ de recherche consacré à l'utilisation des stimulations auditives pour réduire les signes de NSU, l'investigation des relations entre orientation spatiale de l'attention et émotions semble donc pertinente.

Conclusion

Notre étude s'inscrit dans la continuité des travaux de Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015) qui étudient la capacité des patients NSU à orienter leur attention vers l'espace négligé grâce à l'utilisation de connaissances implicites à propos de régularités présentes dans l'environnement. Nous pensons répliquer leurs résultats pour l'apprentissage implicite visuel et nous supposons que l'apprentissage implicite auditif permettrait d'obtenir de meilleurs résultats chez les patients atteints de NSU. Cependant, nos résultats ne sont pas totalement en harmonie avec nos hypothèses. Malgré le fait que les sujets contrôles apprennent la relation indice-cible (indice invalide dans 80% des essais) et soient capables d'utiliser cette connaissance, sans en être conscients ou en tout cas sans pouvoir la verbaliser, pour orienter plus facilement leur attention dans l'espace, les résultats que nous obtenons pour les patients atteints de NSU

semblent plus mitigés que ceux obtenus par Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden, et al. (2015) puisque les signes d'apprentissage ne sont que discrets et ne permettent pas aux patients de réduire leur biais spatial. À la différence de Wansard, Bartolomeo, Vanderaspolden, et al. (2015), nous incluons un groupe de participants présentant une lésion cérébrale dans l'hémisphère droit sans NSU. L'incapacité de ces derniers à extraire implicitement les contingences spatiales visuelles pour orienter leur attention de manière plus efficace remet en question la nature réellement préservée de ces processus chez les patients souffrant d'une lésion hémisphérique droite. Par conséquent, nous sommes sceptiques quant à l'utilisation de ce processus chez les patients NSU. Mais, par le passé, plusieurs études ont exposé des capacités implicites préservées chez les patients (Geng & Berhmann, 2002 ; Shaqiri et al., 2013), il ne faut donc pas tirer de conclusion hâtive et il convient plutôt, pour les études futures, de mettre au point un dispositif qui permettra d'utiliser les capacités résiduelles d'orientation endogène implicite de manière optimale. Nous présumons que l'apprentissage en modalité auditive, permettrait, en contournant les difficultés visuo-spatiales des patients, d'obtenir des résultats plus concluants. Les résultats nous démontrent l'inverse : l'apprentissage statistique en modalité auditive est moins avantageux que l'apprentissage implicite en modalité visuelle. Même le groupe contrôle n'a pas été capable d'extraire la relation entre l'indice spatial auditif et la localisation d'apparition de la cible. Malgré nos résultats peu convaincants, nous discutons les limites méthodologiques de notre tâche auditive qui ont empêché l'extraction des régularités et donc la formation d'une connaissance implicite. Nous préconisons de ne pas arrêter trop précocement les recherches dans ce domaine et émettons des pistes sur la manière d'adapter le dispositif. En effet, l'utilisation des mécanismes implicites semble adéquate pour faire face à l'anosognosie des patients NSU. Nous estimons également que l'utilisation de la modalité auditive dans la rééducation de la NSU reste pertinente (Guilbert et al., 2014). Elle présente certains avantages tels que l'amélioration du niveau d'alerte (Roberston et al., 1998) et de la perception consciente (Kusnir et al., 2011) qui allègent les signes de NSU. Enfin, nous conseillons la création d'outils qui permettraient d'augmenter la motivation du patient. Au vu de la relation étroite entre motivation, émotions et attention, les stimulations auditives, souvent connotées émotionnellement, nous paraissent incontournables.

Bibliographie

- Albert, M. L. (1973). A simple test of visual neglect. *Neurology*, *23*, 658-664.
- Anderson, B., Danckert, J., Burnett, L., & Shaqiri, A. (n.d.). *Statistical learning impairments as a consequence of stroke*. Unpublished document. University of Waterloo, Canada.
- Azouvi, P., Samuel, C., & Louis-Dreyfus, A. (2000). L'évaluation de la négligence unilatérale. In Seron, X., & Van der Linden, M. (Eds.), *Traité de neuropsychologie clinique : Tome 1* (pp.251-274). Marseille, France : Solal.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *The Psychology of learning and motivation* (pp. 47-89). New-York: Academic Press.
- Barrett, D. J. K., Edmondson-Jones, A. M., & Hall, D. A. (2010). Attention in neglect and extinction: Assessing the degree of correspondence between visual and auditory impairments using matched tasks. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *32*, 71-80. doi:10.1080/13803390902838058
- Bartolomeo, P., & Chokron, S. (2002). Orienting of attention on left unilateral neglect. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, *26*, 217-234.
- Bartolomeo, P., Decaix, C., & Siéoff, E. (2007). The phenomenology of endogenous orienting. *Consciousness and Cognition*, *16*, 144-161. doi:10.1016/j.concog.2005.09.002
- Bartolomeo, P., Siéoff, E., Chokron, S., & Decaix, C. (2001). Variability of response times as a marker of diverted attention. *Neuropsychologia*, *39*(3), 58-363.
- Bartolomeo, P., Siéoff, E., Decaix, C., & Chokron, S. (2001). Modulating the attentional bias in unilateral neglect: The effects of the strategic set. *Experimental Brain Research*, *137*, 432-444. doi:10.1007/s002210000642
- Bartolomeo, P., Thiebaut de Schotten, M., & Doricchi, F. (2007). Left unilateral neglect as a disconnection syndrome. *Cerebral Cortex*, *17*, 2479-2490. doi:10.1093/cercor/bhl181
- Bernardi, N. F., Cioffi, M. C., Ronchi, R., Maravita, A., Bricolo, E., Zigiotta, L.,...Vallar, G. (2015). Improving left spatial neglect through music scale playing. *Journal of Neuropsychology*. doi:10.1111/jnp.12078
- Bisiach, E., & Luzzatti, C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, *14*, 129-133. doi:10.1016/S0010-9452(78)80016-1
- Chen, M. C., Tsai, P. L., Huang, Y. T., & Lin, K. (2012). Pleasant music improves visual attention in patients with unilateral neglect after stroke. *Brain Injury*, *27*, 1. doi:10.3109/02699052.2012.722255
- Chica, A. B., Bartolomeo, P., & Lupiáñez, J. (2013). Two cognitive and neural systems for endogenous and exogenous spatial attention. *Behavioral Brain Research*, *237*, 107-123. doi:10.1016/j.bbr.2012.09.027
- Chica, A. B., Thiebaut de Schotten, M., Toba, M., Malhotra, P., Lupiáñez, J., & Bartolomeo, P. (2012). Attention networks and their interactions after right-hemisphere damage. *Cortex*, *48*, 654-663. doi:10.1016/j.cortex.2011.01.009
- Chica, A. B., Lasaponara, S., Chanes, L., Valero-Cabré, A., Doricchi, F., Lupiáñez, J., & Bartolomeo, P. (2011). Spatial attention and conscious perception: The role of endogenous and exogenous orienting. *Attention, Perception and Psychophysics*, *73*, 1065-1081. doi : 10.3758/s13414-010-0082-6
- Ciaraffa, F., Castelli, G., Parati, E. A., Bartolomeo, P., & Bizzi, A. (2013). Visual neglect as a disconnection syndrome ? A confirmatory case report. *Neurocase*, *19*, 4. doi:10.1080/13554794.2012.667130
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: News from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, *2*, 10.
- Cogné, M., Knebel, J.-F., Klinger, E., Bindschäedler, C., Rapin, P.-A., Joseph, P.-A., & Clarke, S. (2018). The effect of contextual auditory stimuli on virtual spatial navigation in patients with focal hemispheric lesions. *Neuropsychological Rehabilitation*, *28*, 1-16. doi:10.1080/09602011.2015.1127260
- Delogu, F., & Lilla, C. C. (2017). Do you remember where sounds, pictures and words came from ? The role of the stimulus format in object location memory. *Memory*, *25*, 1340-1346. doi:10.1080/09658211.2017.13.00668

- Desgranges, B., & Eustache, F. (2003). L'évaluation classique de la mémoire épisodique. In T. Meulemans, B. Desgranges, S. Adam, F. Eustache (Eds.). *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques* (pp. 123-140). Marseille, France : Solal.
- Driver, J., & Spence, C. (1998). Crossmodal attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 245-253. doi:10.1016/S0959-4388(98)80147-5
- Farah, M. J., Wong, A. B., Monheit, M. A., & Morrow, L. A. (1989). Parietal lobe mechanisms of spatial attention: Modality-specific or supramodal? *Neuropsychologia*, 27, 461-470. doi:10.1016/0028-3932(89)90051-1
- Frassinetti, F., Pavani, F., & Làdavas, E. (2002). Acoustical vision of neglected stimuli: Interaction among spatially converging audiovisual inputs in neglect patients. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 1.
- Gainotti, G. (2010). The role of automatic orienting of attention towards ipsilesional stimuli in non-visual (tactile and auditory) neglect: A critical review. *Cortex*, 46, 150-160. doi:10.1016/j.cortex.2009.04.006
- Gainotti, G., Messlerli, P., & Tissot, R. (1972). Qualitative analysis of unilateral spatial neglect in relation to laterality of cerebral lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 35, 545-550.
- Geng, J. J., & Behrmann, M. (2002). Probability cuing of target location facilitates visual search implicitly in normal participants and patients with hemispatial neglect. *Psychological Science*, 12, 6.
- Golay, L., Hauert, C. A., Greber, C., Schnider, A., & Ptak, R. (2005). Dynamic modulation of visual detection by auditory cues in spatial neglect. *Neuropsychologia*, 43, 1258-1265. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.006
- Guilbert, A. (2016). *Evaluation et prise en charge du syndrome de négligence spatiale unilatérale : Apports de la modalité auditive et de la musique*. (Thèse de doctorat en psychologie non publiée). Université Lille 3, Charles de Gaulle, France.
- Guilbert, A., Clément, S., Martin, Y., Feuillet, A., & Moroni, C. (2016). Exogenous orienting of attention in hearing: A virtual reality paradigm to assess auditory attention in neglect patients. *Experimental Brain Research*, 234, 2893-2903. doi: 10.1007/s00221-016-4691-8
- Guilbert, A., Clément, S., & Moroni, C. (2014). Hearing and music in unilateral spatial neglect neuro-rehabilitation. *Frontiers in Psychology*, 5, 1503. doi:10.3389/fpsyg.2014.01503
- Harrison, N. R., & Davies, S. J. (2013). Modulation of spatial attention to visual targets by emotional environmental sounds. *Psychology and Neuroscience*, 6, 247-251. doi:10.3922/j.psns.2013.3.02
- Heilman, K. M., & Valenstein, E. (1979). Mechanisms underlying hemispatial neglect. *Annals of neurology*, 5, 166-170. doi:10.1002/ana.410050210
- Heilman, K. M., Watson, R. T., and Valenstein, E. (2011). Neglect and related disorders. In K. M. Heilman & E. Valenstein (Eds). *Clinical Neuropsychology* (pp. 296-348). Oxford: Oxford University Press.
- Howard, J. H., & Howard, D. V. (2013). Aging mind and brain: Implicit learning spared in healthy aging? *Frontiers in Psychology*, 4, 817. doi:10.3389/fpsyg.2013.00817
- Husain, M., Mannan, S., Hodgson, T., Wojciulik, E., Driver, J., & Kennard, C. (2001). Impaired spatial working memory across saccades contributes to abnormal search in parietal neglect. *Brain*, 124, 941-952.
- Husain, M., & Rorden, C. (2003). Non-spatially lateralized mechanisms in hemispatial neglect. *Nature Reviews Neuroscience*, 4. doi:10.1038/nrn1005
- Jabar, S. B., & Anderson, B. (2017). Not all probabilities are equivalent: Evidence from orientation versus spatial probability learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43, 853-867. doi:10.1037/xhp0000354
- Jewell, G., & McCourt, M. E. (2000). Pseudoneglect: A review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, 38, 93-110.
- Jiménez, L., & Méndez, C. (1999). Which attention is needed for implicit sequence learning? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(1), 236-259. doi: 10.1037//0278-7393.25.1.236
- Kinsbourne, M. (1987). Mechanisms of unilateral neglect. *Avances in Pyschology*, 45, 69-86. doi:10.1016/S0166-4115(08)61709-4
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in cognitive sciences*, 4, 138-147. doi:10.1016/S1364-6613(00)01452-2

- Kusnir, F., Chica, A. B., Mitsumasu, M. A., & Bartolomeo, P. (2011). Phasic auditory alerting improves visual conscious perception. *Consciousness and Cognition*, 20, 1201-1210. doi:10.1016/j.concog.2011.01.012
- Làdavas, E., Carletti, M., & Gori, G. (1994). Automatic and voluntary orienting of attention in patients with visual neglect : Horizontal and vertical dimensions. *Neuropsychologia*, 32, 10. doi: 0028-3932/94
- Lecce, F., Rotondaro, F., Bonni, S., Carlesimo, A., Thiebaut de Schotten, M., Tomaiuolo, F., & Doricchi, F. (2015). Cingulate neglect in humans : Disruption of contralesional reward learning in right brain damage. *Cortex*, 62, 73-88. doi:10.1016/j.cortex.2014.08.008
- Lucas, N., Schwartz, S., Leroy, R., Pavin, S., Diserens, K., & Vuilleumier, P. (2013). Gambling against neglect: Unconscious spatial biases induced by reward reinforcement in healthy people and brain-damaged patients. *Cortex*, 49, 2616-2627. doi:10.1016/j.cortex.2013.06.004
- Malhotra, P. A., Parton, A. D., Greenwood, R., & Husain, M. (2006). Noradrenergic modulation of space exploration in visual neglect. *Annals of Neurology*, 59, 186-190. doi:10.1002/ana.20701
- Malhotra, P. A., Soto, D., Li, K., & Russel, C. (2013). Reward modulates spatial neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 84, 366-369. doi:10.1136/jnnp-2012-303169
- Marshall, J. C., & Halligan, P. W. (1988). Blindsight and insight in visuospatial neglect. *Nature*, 336, 766-767. doi:10.1038/336766a0
- Matthias, E., Bublak, P., Müller, H. J., Schneider, W. X., Krummenacher, J., & Finke, K. (2010). The influence of alertness on spatial and nonspatial components of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 38-56. doi:10.1037/a0017602
- Merrill, E. C., Conners, F. A., Roskos, B., Klinger, M. R., & Klinger, L. G. (2013). Contextual cueing effects across the lifespan. *The Journal of Genetic Psychology*, 174, 387-402. doi:10.1080/00221325.2012.694919
- Mesulam, M. (1985). *Principles of Behavioral Neurology*. Philadelphia, PA: F.A. Davis.
- Pavani, F., Husain, M., Làdavas, E., & Driver, J. (2004). Auditory deficits in visuospatial neglect patients. *Cortex*, 40, 347-365.
- Pavani, F., Làdavas, E., & Driver, J. (2003). Auditory and multisensory aspects of visuospatial neglect. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 9. doi:10.1016/S1364-6613(03)00189-X
- Pedroli, E., Serino, S., Cipresso, P., Pallavicini, F., & Riva, G. (2015). Assessment and rehabilitation of neglect using virtual reality: A systematic review. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 226. doi:10.3389/fnbeh.2015.00226
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance*, 32, 531-556.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *The Journal of Neuroscience*, 4, 7.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Raviv, L., & Arnon, I. (2017). The developmental trajectory of children's auditory and visual statistical learning abilities: Modality-based differences in the effect of age. *Developmental Science*, 584, 16. doi:10.1111/desc.12593
- Ricci, R., Salatino, A., Garbarini, F., Ronga, I., Genero, R., Berti, A., & Neppi-Mòdona, M. (2016). Effects of attentional and cognitive variables on unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia*, 92, 158-166. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2016.05.004
- Risko, A. F., & Stolz, J. A. (2010). The proportion valid effect in covert orienting: Strategic control or implicit learning ? *Consciousness and Cognition*, 19, 432-442. doi:10.1016/j.concog.2009.07.13
- Robertson, I. H., Mattingley, J. B., Rorden, C., & Driver, J. (1998). Phasic alerting of neglect patients overcomes their spatial deficit in visual awareness. *Nature*, 395.
- Roser, M. E., Fiser, J., Aslin, R. N., & Gazzaniga, M. S. (2011). Right hemisphere dominance in visual statistical learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 1088-1099. doi:10.1162/jocn.2010.21508
- Russel, C., Li, K., & Malhotra, P. A. (2013). Harnessing motivation to alleviate neglect. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. doi:10.3389/fnhum.2013.00230

- Samuelsson, H., Hjelmquist, E., Jensen, C., Ekholm, S., & Blomstrand, C. (1998). Nonlateralized attentional deficits: An important component behind persisting visuospatial neglect? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *20*, 73-88. doi:10.1076/jcen.20.1.73.1481
- Saevarsson, S., Jóelsdóttir, S., Hjaltason, H., & Kristjánsson, A. (2008). Repetition of distractor sets improves visual search performance in hemispatial neglect. *Neuropsychologia*, *46*, 1161-1169. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.020
- Schmitz, R., & Peigneux, P. (2011). Age-related changes in visual pseudoneglect. *Brain and Cognition*, *76*, 382-389. doi:10.1016/j.bandc.2011.04.002
- Schürmann, M., Grumbt, M., Heide, W., & Verleger, R. (2003). Effects of same- and different-modality cues in a Posner task: Extinction-type, spatial, and non-spatial deficits after right-hemispheric stroke. *Cognitive Brain Research*, *16*, 348-358. doi:10.1016/S0926-6410(02)00303-8
- Shaqiri, A., & Anderson, B. (2012). Spatial probability cuing and right hemisphere damage. *Brain and Cognition*, *80*, 352-360. doi:10.1016/j.bandc.2012.08.006
- Shaqiri, A., Anderson, B., & Danckert, J. (2013). Statistical learning as a tool for rehabilitation in spatial neglect. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 224.
- Siéoff, E., Decaix, C., Chokron, S., & Bartolomeo, P. (2007). Impaired orienting of attention in left unilateral neglect: A componential analysis. *Neuropsychology*, *21*, 1. doi:10.1037/0894-4105.21.1.94
- Siegelman, N., & Frost, R. (2015). Statistical learning as an individual ability: Theoretical perspectives and empirical evidence. *Journal of Memory and Language*, *81*, 105-120. doi:10.1016/j.jml.2015.02.001
- Smania, N., Martini, M. C., Gambina, G., Tomelleri, G., Palamara, A., Natale, E., & Marzi, C. A. (1998). The spatial distribution of visual attention in hemineglect and extinction patients. *Brain*, *121*, 1759-1770.
- Smyth, A. C., & Shanks, D. R. (2011). Aging and implicit learning: Explorations in contextual cuing. *Psychology and Aging*, *26*, 127-132. doi:10.1037/a0022014
- Soto, D., Funes, M. J., Guzman-Garcia, A., Warbrick, T., Rotshtein, P., & Hyumphreys, G. W. (2009). Pleasant music overcomes the loss of awareness in patients with visual neglect. *PNAS*, *106*, 14. doi:10.1073/pnas.0811681106
- Spence, C., & Driver, J. (1994). Covert spatial orienting in audition: Exogenous and endogenous mechanisms facilitate sound localization. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*(3), 555-574. doi:10.1037/0096-1523.20.3.555
- Toba, M. N., Rabuffetti, M., Duret, C., Pradat-Diehl, P., Gainotti, G., & Bartolomeo, P. (2018). Component deficits of visual neglect: "Magnetic" attraction of attention vs. impaired spatial working memory. *Neuropsychologia*, *109*, 52-62. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2017.11.034
- Tsai, P. L., Chen, M. C., Huang, Y. T., Lin, K. C., Chen, K. L., & Hsu, Y. W. (2013). Listening to classical music ameliorates unilateral neglect after stroke. *American Journal of Occupational Therapy*, *67*, 328-335. doi:10.5014/ajot.2013.006312
- Vallar, G. (2001). Visual unilateral spatial neglect and its neuroanatomy. *Neuroimage*, *14*, 52-58. doi:10.1006/nimg.2001.0822
- Van Vleet, T. M., & Robertson, L. C. (2006). Cross-modal interactions in time and space auditory influence on visual attention in hemispatial neglect. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*, 1368-1379.
- Wansard, M., Bartolomeo, P., Bastin, C., Segovia, F., Gillet, S., Duret, C., & Meulemans, T. (2015). Support for distinct subcomponents of spatial working memory: A double dissociation between spatial-simultaneous and spatial-sequential performance in unilateral neglect. *Cognitive Neuropsychology*, *32*, 1. doi:10.1080/02643294.2014.995075
- Wansard, M., Bartolomeo, P., Vanderaspoilden, V., Geurten, M., & Meulemans, T. (2015). Can the exploration of left space be induced implicitly in unilateral neglect? *Consciousness and Cognition*, *31*, 115-123. doi:10.1016/j.concog.2014.11.004
- Wansard, M., Geurten, M., Colson, C., & Meulemans, T. (2016). Implicit learning: A way to improve visual search in spatial neglect? *Consciousness and Cognition*, *43*, 102-112. doi:10.1016/j.concog.2016.05.011

Annexes

Tables des matières : Annexes

<i>Tableaux</i>	III
Tableau A1. Données démographiques et neurologiques des patients NSU.	III
Tableau A2. Données démographiques et neurologiques des patients LD.....	IV
Tableau A3. Résultats aux tests d'évaluation de la négligence des patients NSU.	V
Tableau A4. Résultats aux tests d'évaluation de la négligence des patients LD.....	VI
Tableau A5. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner visuel chez les sujets contrôles.	VII
Tableau A6. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner auditif chez les sujets contrôles.....	VII
Tableau A7. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner visuel chez les patients NSU.....	VII
Tableau A8. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Côté pour le Posner visuel chez les patients NSU.	VIII
Tableau A9. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Validité*Côté pour le Posner visuel chez les patients NSU.....	VIII
Tableau A10. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner auditif chez les patients NSU.....	VIII
Tableau A11. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Côté pour le Posner auditif chez les patients NSU.....	IX
Tableau A12. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Validité*Côté pour le Posner auditif chez les patients NSU.....	IX
Tableau A13. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner visuel chez les patients LD.	IX
Tableau A14. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner auditif chez les patients LD.	X
<i>Figures</i>	XI
Figure A1. Questionnaire post-expérience – Version A.....	XI
Figure A2. Questionnaire post-expérience – Version B.....	XII
Figure A3. Groupe NSU verbalisateurs : graphiques représentant l'évolution des TR à travers les blocs selon le côté et la validité de l'indice.	XIII
Figure A4. Groupe LD verbalisateurs : graphiques représentant l'évolution des TR à travers les blocs selon le côté et la validité de l'indice.	XIV
Figure A5. Sujets contrôles verbalisateurs : graphiques représentant l'évolution des TR à travers les blocs selon le côté et la validité de l'indice.	XV

Tableaux

Tableau A1. Données démographiques et neurologiques des patients NSU.

Code	Latéralité	Sexe	Niveau éducation	Age	Jours écoulés lésion /passation	HLH	Etiologie	Localisation lésionnelle IRM
ninin	D	M	9	54	2517	Non	AVC isch. SD	ND
mertz	D	F	15	76	108	Non	AVC hémorragique S D	P-O et I
dgyr	D	M	16	85	9	Non	AVC isch. SD	P postérieures
math	D	F	15	26	34	Non	AVC isch. SD	S postérieures
rorbre	D	M	12	57	53	Non	AVC isch. SD (2011)+ hématome avec contusion FD (2017)	F et S
bovens	D	M	10	87	198	Non	AVC isch. SD	ND
paulf	D	M	6	78	55	Non	AVC isch. SD	P-T postérieures
mmich	D	M	10	73	21	Non	AVC isch. SD	S
jacque	G	F	8	77	68	Non	AVC isch. SD	ND
burlou	D	F	10	77	40	Non	AVC isch. SD	S
bussy	D	F	17	38	75	Non	AVC isch. SD	ND
debrul	D	M	10	57	306	Non	AVC isch. SD	S
syman	D	F	13	51	39	Non	AVC isch. SD	ND
danlac	D	F	11	62	10	Non	AVC bras postérieur de carotide interne D	C
pidolph	D	M	12	68	52	Non	AVC isch. SD + phénomènes hémorragiques sans effet de masse	S postérieures
lideck	D	F	13	62	51	Non	AVC hémorragique T-P D	T-P
schmima	D	M	7	71	6	Non	AVC isch. SD	T supérieures et postérieures + A
agnes	G	M	12	59	13	Non	AVC isch. SD	Cortico-sous-corticales F
stevens	D	F	12	57	1599	Non	AVC isch. SD	ND
nzamra	D	M	12	46	631	Non	AVC isch. T-P D + maladie Moya-Moya	S et L
gilgil	D	M	15	69	456	Non	AVC isch. SD	ND

P : pariétal ; O : occipital ; I : insulaire ; S : sylvien ; F : frontal ; T : temporal ; C : capsulaire ; L : lenticulaire ; A : angulaire ; ND : information non disponible.

Tableau A2. Données démographiques et neurologiques des patients LD.

Code	Latéralité	Sexe	Niveau éducation	Age	Jours écoulés lésion /passation	HLH	Etiologie	Localisation lésionnelle IRM
aussem	D	M	16	51	2	Non	Hématome sous-dural D	ND
hambuckers	D	F	6	65	1747	Non	AVC isch. S D	ND
thornwill	G	M	11	54	328	Non	Rupture anévrisme artère antérieure D	PrF
bayin	G	F	9	31	1410	Non	Malformation artéro-veineuse F + hémorragie cérébrale D	PrF
watudo	D	F	9	85	109	Non	AVC isch. S D	C Th
tombeur	D	M	9	67	57	Non	AVC isch. S D	ND
hierf	D	F	17	53	1652	Non	Hémorragie R D	R et cortico-sous-corticale F-P
cabaj	D	M	16	57	3682	Non	TC modéré lésions de contrecoup D	Pôles antéro-latéraux F et T
fozber	D	M	6	49	39	Non	AVC isch. S D	ND
jeadem	D	F	8	58	1128	Non	AVC isch. S D	ND
swifre	D	M	18	49	12	Non	AVC antérieur D	F
dovill	D	M	17	66	3	Non	AVC isch. S D	F-I

TC : traumatisme crânien ; PrF : préfrontal ; Th : thalamique ; R : rolandique ; P : pariétal ; O : occipital ; I : insulaire ; S : sylvien ; F : frontal ; T : temporal ; C : capsulaire ; ND : information non disponible.

Tableau A3. Résultats aux tests d'évaluation de la négligence des patients NSU.

Code	Test des Cloches (BEN)			Horloge (BEN)			Bissection de lignes (BEN)			Ecriture (BEN)		Barrage de lignes (Albert, 1973)		Barrage de lettres (Mésulam, 1985)		Figure de Gainotti (Gainotti et al., 1972)
	Omissions G	Omissions D	Omissions G-D	Tps (s)	Colonne 1 ^{ère} cloche	Score	Tps (s)	Lignes 5 cm (écart en mm)	Lignes 20 cm (écart en mm)	Marge (cm)	Tps (s)	Omissions G-D	Omissions G-D	Omissions G-D	Eléments corrects	
nmin ¹	0	5	-5	170	1	0	42	2*	-4	1.8	44	0	0	-2	6	
mertz	9	5	4	309*	5*	0	90*	-3*	9*	8.5*	70	0	0	13*	2*	
dgry	1	0	1	490*	5*	1*	182*	1	7.5*	6	58	5*	2	2	6	
math	8	2	6*	123	2	0	36	1	5.5	2.3	52	2*	2*	5*	6	
rotberecht	1	1	0	324*	2	0	33	-1	5.5	1.6	66	2*	2*	4*	6	
bovens	6	1	5*	291*	4	1*	57	2*	14.5*	8.3*	175*	4*	4*	22*	4*	
paulf	15	5	10*	413*	6*	1*	248*	1.5	64*	14.2*	2565*	15*	15*	22*	2*	
mmich	8	2	6*	ND	6*	2*	ND	2.5*	8*	4.4	ND	1	1	9*	3*	
jacque	15	1	14*	483*	7*	1*	11	-3.5*	7.5*	ND	ND	24*	6*	6*	3*	
burjou	12	3	9*	337*	7*	1*	114*	3*	13*	4.2	85	8*	8*	16*	1*	
bussy	9	6	3*	57	7*	1*	15	1.5	-8.5*	3.5	48	8*	8*	13*	4*	
debrul	3	1	2	215*	2	1*	42	0.5	6	4.9	44	1	1	12*	3*	
synan	2	0	2	248*	7*	0	53	-1.5	1	1.1	37	0	0	4*	6	
daniac	9	8	1	212*	2	1*	74*	1.5	2	3.4	71	0	0	0	4*	
pidolph	2	2	0	131	2	0	28	5*	30.5*	4.8	48	3*	3*	7*	6	
lideck	4	3	1	242*	7*	0	31	2*	0.5	2.3	36	1	1	5*	6	
schminna	3	0	3*	260*	7*	0	41	0	-0.5	6.1	53	0	0	2*	6	
agnes	4	1	3*	391*	4	0	52	1	1	ND	ND	0	0	2*	6	
stevenus ²	1	0	1	140	1	0	28	0	3.5	0.8	45	0	0	0	6	
uzamra ³	1	2	-1	156	1	0	103*	0	9*	2	38	0	0	-1	6	
gilgil ⁴	2	2	0	113	1	0	22	1	8*	3	52	-1	-1	2	6	

* : score déficitaire ; ND : donnée non disponible

¹ Patient considéré comme NSU sur base de son score de 8/30 à l'échelle de Catherine Bergego le 24 janvier 2018.

² Patient ayant suivi une rééducation de la NSU pendant plusieurs années.

³ Patient ayant présenté des signes légers de NSU au test des cloches et au test de bissection de ligne de la BEN lors du bilan neuropsychologique du 23 mars 2017, encore en rééducation actuellement.

⁴ Patient ayant présenté des signes de NSU au test de négligence de la TEA, au test des champs visuels de la TEA et au test des cloches de la BEN en février 2017, encore suivi de manière ponctuelle.

Tableau A4. Résultats aux tests d'évaluation de la négligence des patients LD.

Code	Test des Cloches (BEN)			Horloge (BEN)			Bissection de lignes (BEN)			Ecriture (BEN)		Barrage de lignes (Albert, 1973)	Barrage de lettres (Mésulam, 1985)	Figure de Gainotti (Gainotti et al., 1972)
	Omissions G	Omissions D	Omissions G-D	Tps (s)	Colonne 1 ^{ère} cloche	Score	Tps (s)	Lignes 5 cm (écart en mm)	Lignes 20 cm (écart en mm)	Marge (cm)	Tps (s)	Omissions G-D	Omissions G-D	Eléments corrects
aussem	0	0	0	222*	1	0	35	0	2	3	51	0	0	6
hambuckers	0	1	-1	290*	1	1*	57	-0.5	0	2.5	80	0	1	6
thomwill	1	0	1	202*	1	0	50	0.5	-9*	2.5	58	0	-3*	6
bayin	0	0	0	131	1	0	29	0	-5.5	0.9	44	0	0	6
watudo	1	1	0	245*	7*	0	45	-0.5	4.5	1.7	72	0	1	6
tombeur	5	4	1	120	4	0	19	-1	2.5	3	56	0	7*	6
hierf	0	1	-1	221*	2	0	70*	2*	-2.5	3.5	51	0	0	6
cabaj	1	0	1	107	1	0	15	-0.5	-7	2.5	44	0	0	6
fozber	0	0	0	147	7*	0	31	-1.5	0	4.6	46	0	0	6
jeadem	2	0	2	203*	2	0	40	-1	-2	1.9	53	0	-1	6
swifre	0	0	0	119	1	0	15	0.5	2.5	3.3	41	0	0	6
dovill	3	0	3*	74	2	0	55	0	-5	0.9	52	0	0	6

* : score déficitaire ; ND : donnée non disponible

Tableau A5. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner visuel chez les sujets contrôles.

Bloc	Validité	1	1	2	2	3	3	4	4
		Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide
1	Valide		0,088411	0,000669*	0,000117*	0,969248	0,000117*	0,981148	0,000127*
1	Invalide			0,777843	0,000387*	0,593288	0,023473*	0,535382	0,217032
2	Valide				0,056428	0,020646*	0,622006	0,015878*	0,983315
2	Invalide					0,000117*	0,917054	0,000117*	0,408774
3	Valide						0,000137*	1,000000	0,000952*
3	Invalide							0,000130*	0,987704
4	Valide								0,000713*
4	Invalide								

* p < .05

Tableau A6. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner auditif chez les sujets contrôles.

Bloc	Validité	1	1	2	2	3	3	4	4
		Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide
1	Valide		0,988628	0,063777	0,000703*	0,233606	0,092970	0,246897	0,436588
1	Invalide			0,400813	0,013055*	0,765461	0,496325	0,781635	0,927131
2	Valide				0,851598	0,999291	1,000000	0,999024	0,983531
2	Invalide					0,507698	0,775226	0,488771	0,286787
3	Valide						0,999910	1,000000	0,999963
3	Invalide							0,999860	0,994195
4	Valide								0,999979
4	Invalide								

* p < .05

Tableau A7. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner visuel chez les patients NSU.

Bloc	Validité	1	1	2	2	3	3	4	4
		Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide
1	Valide		0,978817	0,988522	1,000000	1,000000	0,999994	0,229929	1,000000
1	Invalide			1,000000	0,963175	0,983900	0,997124	0,026810*	0,993547
2	Valide				0,978256	0,991673	0,998927	0,034340*	0,997159
2	Invalide					1,000000	0,999950	0,275412	0,999993
3	Valide						0,999998	0,211369	1,000000
3	Invalide							0,134916	1,000000
4	Valide								0,164083
4	Invalide								

* p < .05

Tableau A8. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Côté pour le Posner visuel chez les patients NSU.

Bloc		1	1	2	2	3	3	4	4
	Côté	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
1	Gauche		0,000191*	0,848928	0,007601*	0,990765	0,003830*	1,000000	0,062305
1	Droite			0,004906*	0,770098	0,000944*	0,885976	0,000161*	0,285917
2	Gauche				0,226672	0,998951	0,141052	0,754680	0,692896
2	Droite					0,065634	0,999997	0,004542*	0,992143
3	Gauche						0,036428*	0,971244	0,331449
3	Droite							0,002283*	0,964870
4	Gauche								0,040053*
4	Droite								

* p < .05

Tableau A9. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Validité*Côté pour le Posner visuel chez les patients NSU.

Validité		Valide	Valide	Invalide	Invalide
	Côté	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Valide	Gauche		0,000212*	0,365710	0,000205*
Valide	Droite			0,000613*	0,990377
Invalide	Gauche				0,000443*
Invalide	Droite				

* p < .05

Tableau A10. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner auditif chez les patients NSU.

Bloc		1	1	2	2	3	3	4	4
	Validité	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide
1	Valide		0,999990	0,999999	0,999168	0,999995	0,999970	0,260760	1,000000
1	Invalide			0,999681	0,988344	0,999271	0,998159	0,420184	0,999840
2	Valide				0,999952	1,000000	1,000000	0,179402	1,000000
2	Invalide					0,999987	0,999999	0,080120	0,999890
3	Valide						1,000000	0,156848	1,000000
3	Invalide							0,131731	0,999999
4	Valide								0,197400
4	Invalide								

* p < .05

Tableau A11. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Côté pour le Posner auditif chez les patients NSU.

Bloc	Côté	1	1	2	2	3	3	4	4
		Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
1	Gauche		0,001132*	0,990672	0,000767*	0,911597	0,003987*	0,999953	0,062710
1	Droite			0,012740*	1,000000	0,040083*	0,999869	0,000421*	0,838270
2	Gauche				0,008589*	0,999876	0,040448*	0,929316	0,342021
2	Droite					0,027954*	0,999151	0,000313*	0,765681
3	Gauche						0,111986	0,735967	0,606819
3	Droite							0,001349*	0,971831
4	Gauche								0,024397*
4	Droite								

* p < .05

Tableau A12. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Validité*Côté pour le Posner auditif chez les patients NSU.

Validité	Côté	Valide	Valide	Invalide	Invalide
		Gauche	Droite	Gauche	Droite
Valide	Gauche		0,000187*	0,190543	0,000186*
Valide	Droite			0,000306*	0,992776
Invalide	Gauche				0,000257*
Invalide	Droite				

* p < .05

Tableau A13. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner visuel chez les patients LD.

Bloc	Validité	1	1	2	2	3	3	4	4
		Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide
1	Valide		0,999999	0,594239	0,439008	0,944023	0,974051	0,558158	0,925200
1	Invalide			0,462240	0,321866	0,981216	0,929068	0,690417	0,972105
2	Valide				0,999997	0,088135	0,987224	0,013988*	0,075824
2	Invalide					0,050453	0,949332	0,007335*	0,042959*
3	Valide						0,425869	0,993711	1,000000
3	Invalide							0,108620	0,386059
4	Valide								0,996460
4	Invalide								

* p < .05

Tableau A14. Résultats du test HSD de Tukey pour l'interaction Bloc*Validité pour le Posner auditif chez les patients LD.

Bloc	Validité	1		2		3		4	
		Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide	Valide	Invalide
1	Valide		0,999441	0,620257	0,235256	0,999885	0,999958	0,999990	0,997465
1	Invalide			0,900040	0,521123	1,000000	1,000000	0,999998	0,928740
2	Valide				0,996980	0,854660	0,827866	0,794064	0,242976
2	Invalide					0,451416	0,417215	0,378945	0,060159
3	Valide						1,000000	1,000000	0,956770
3	Invalide							1,000000	0,967617
4	Valide								0,977579
4	Invalide								

* p < .05

Figure A1. Questionnaire post-expérience – Version A.

Questionnaire post-expérience – Version A

1. Avez-vous remarqué quelque chose durant les tâches qui vous ont été proposées ?
 - Oui
 - Non

Si **oui**, décrivez :

Visuel :

Auditif :
2. Durant l'expérience, vous avez vu le cadre d'un des rectangles s'épaissir. Avez-vous noté une relation entre l'épaississement du rectangle et l'apparition de l'astérisque ?
 - Oui
 - Non

Si **oui**, décrivez cette relation :
3. Durant l'expérience, vous avez entendu des sons. Avez-vous noté une relation entre l'apparition du son et l'apparition de l'astérisque ?
 - Oui
 - Non

Si **oui**, décrivez cette relation :
4. Voici quelques affirmations. Laquelle considérez-vous comme correcte ?

Visuel :

 - Il n'y a pas de relation entre l'épaississement du rectangle et l'apparition de l'astérisque.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle dont le cadre a été épaissi.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle dont le cadre n'a pas été épaissi.

Auditif :

 - Il n'y a pas de relation entre le son et l'apparition de l'astérisque.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle du même côté que le son.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle opposé au côté d'apparition du son.
5. Indiquez votre degré de confiance à propos de la relation que vous venez de décrire (peut varier en fonction de la nature – auditive vs visuelle – de la tâche).
 - Je n'ai pas du tout confiance en ma réponse
 - J'ai moyennement confiance en ma réponse
 - J'ai tout à fait confiance en ma réponse
6. Indiquez le moment, dans le déroulement de la tâche, où cette relation vous est apparue :
 - Début
 - Moitié
 - Fin
7. Estimation de la relation indice-cible (%) :

Visuel : J'estime que l'astérisque apparaît dans le rectangle dont le cadre n'a pas été épaissi dans % des cas.

Auditif : J'estime que l'astérisque apparaît dans le rectangle opposé au côté d'apparition du son dans % des cas.

Figure A2. Questionnaire post-expérience – Version B.

Questionnaire post-expérience Version B

1. Avez-vous remarqué quelque chose durant les tâches qui vous ont été proposées ?
 - Oui
 - Non

Si oui, décrivez :

Auditif :

Visuel :

2. Durant l'expérience, vous avez entendu des sons. Avez-vous noté une relation entre l'apparition du son et l'apparition de l'astérisque ?
 - Oui
 - Non

Si oui, décrivez cette relation :

3. Durant l'expérience, vous avez vu le cadre d'un des rectangles s'épaissir. Avez-vous noté une relation entre l'épaississement du rectangle et l'apparition de l'astérisque ?
 - Oui
 - Non

Si oui, décrivez cette relation :

4. Voici quelques affirmations. Laquelle considérez-vous comme correcte ?

Auditif :

 - Il n'y a pas de relation entre le son et l'apparition de l'astérisque.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle du même côté que le son.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle opposé au côté d'apparition du son.

Visuel :

 - Il n'y a pas de relation entre l'épaississement du rectangle et l'apparition de l'astérisque.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle dont le cadre a été épaissi.
 - L'astérisque apparaît plus souvent dans le rectangle dont le cadre n'a pas été épaissi.

5. Indiquez votre degré de confiance à propos de la relation que vous venez de décrire (peut varier en fonction de la nature – auditive vs visuelle – de la tâche).
 - Je n'ai pas du tout confiance en ma réponse
 - J'ai moyennement confiance en ma réponse
 - J'ai tout à fait confiance en ma réponse

6. Indiquez le moment, dans le déroulement de la tâche, où cette relation vous est apparue :
 - Début
 - Moitié
 - Fin

7. Estimation de la relation indice-cible (%) :

Auditif : J'estime que l'astérisque apparaît dans le rectangle opposé au côté d'apparition du son dans % des cas.

Visuel : J'estime que l'astérisque apparaît dans le rectangle dont le cadre n'a pas été épaissi dans % des cas.

Figure A3. Groupe NSU verbalisateurs : graphiques représentant l'évolution des TR à travers les blocs selon le côté et la validité de l'indice.

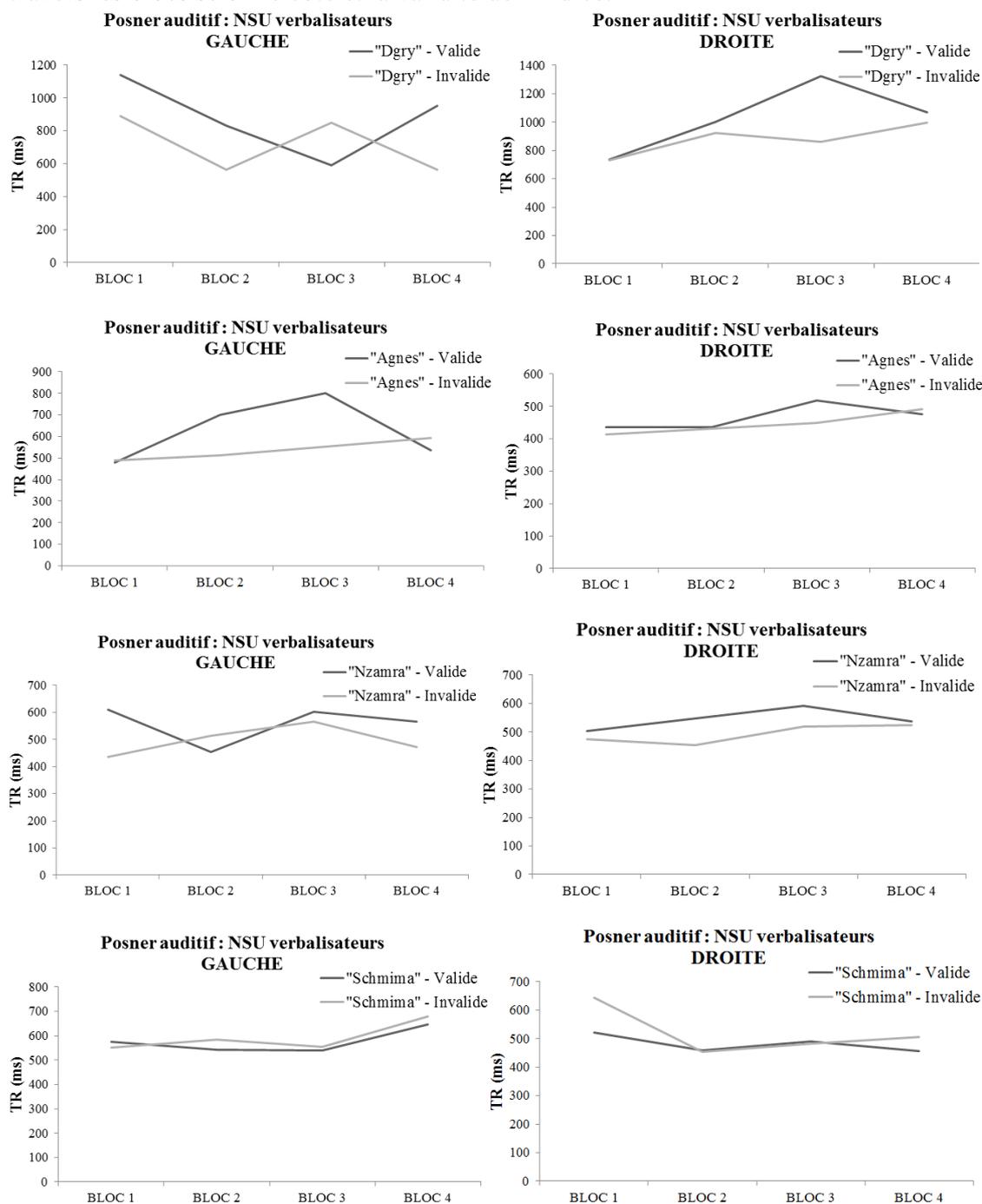


Figure A4. Groupe LD verbalisateurs : graphiques représentant l'évolution des TR à travers les blocs selon le côté et la validité de l'indice.

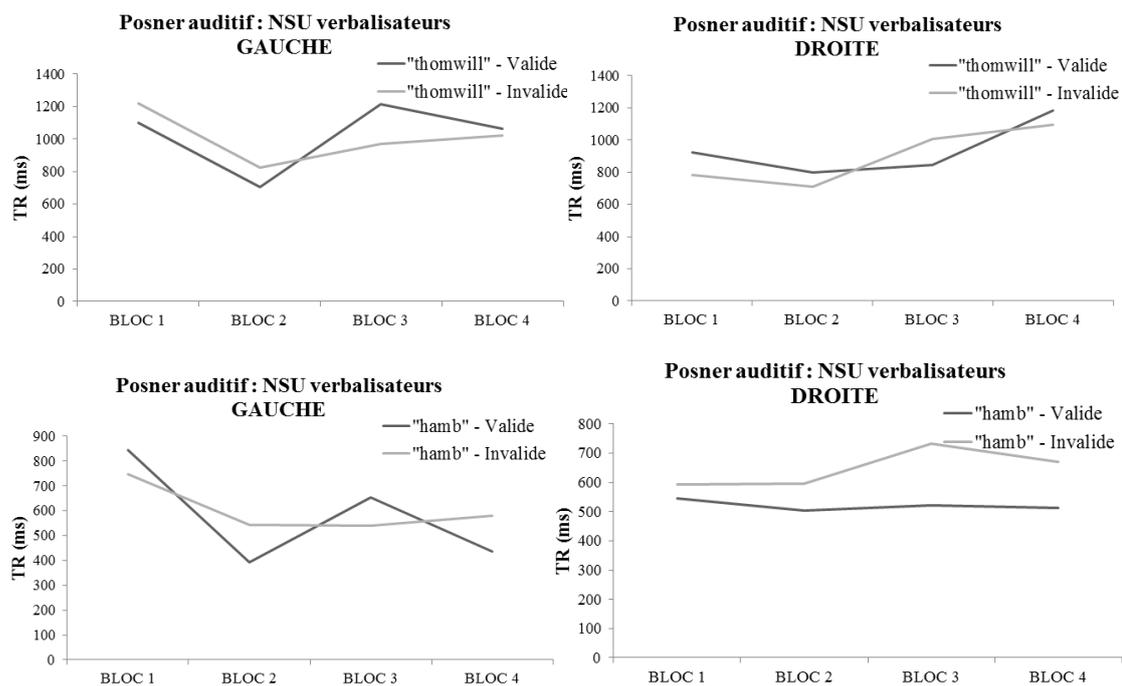
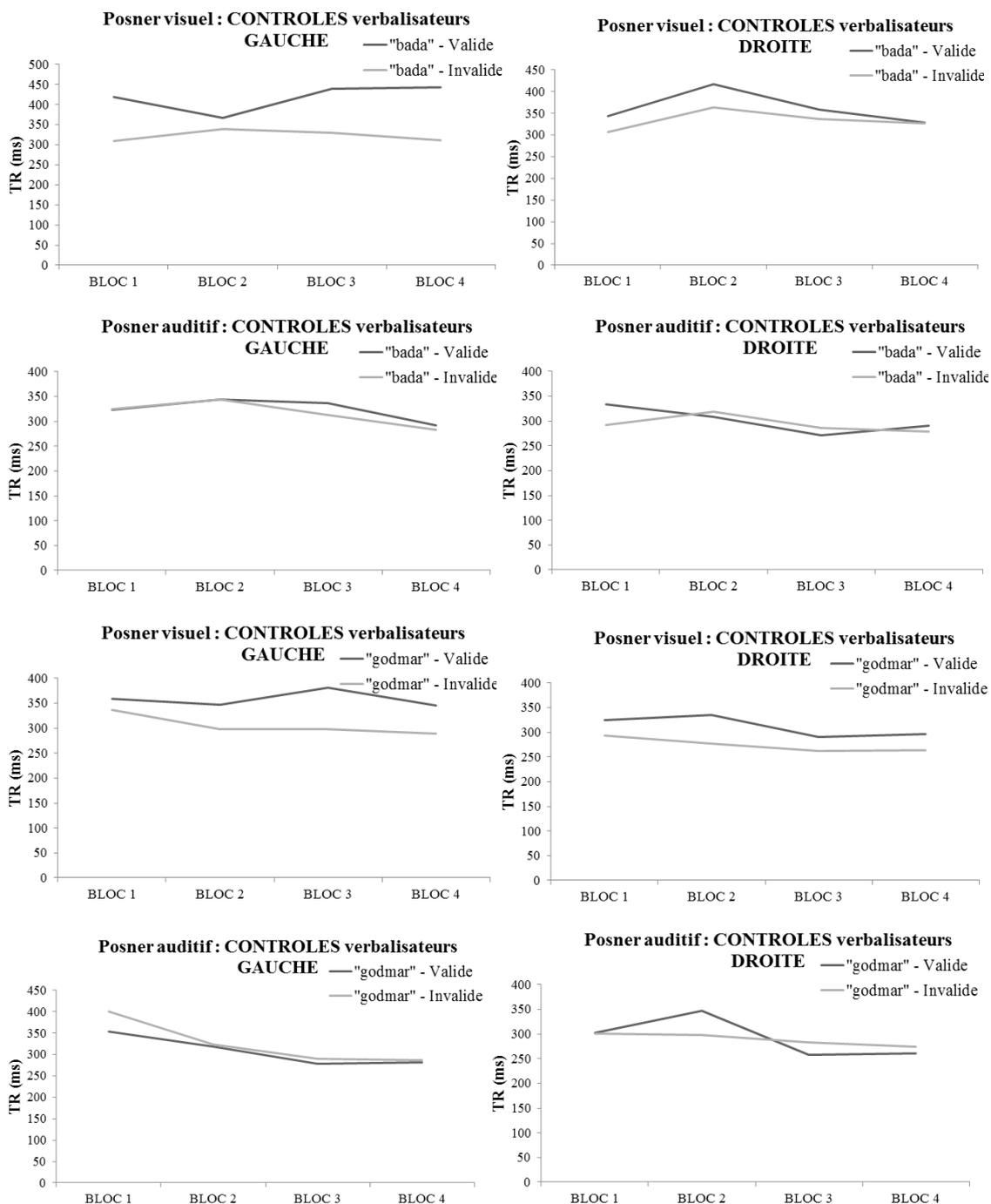


Figure A5. Sujets contrôles verbalisateurs : graphiques représentant l'évolution des TR à travers les blocs selon le côté et la validité de l'indice.



Résumé

La négligence spatiale unilatérale (NSU) est souvent considérée comme un trouble de l'orientation attentionnelle exogène, alors que l'orientation endogène semble préservée (Bartolomeo, Siéoff, Decaix, et al., 2001 ; Smania et al., 1998). Malgré le fait que les éléments de l'espace gauche captent difficilement l'attention des patients NSU, ces derniers sont néanmoins capables d'orienter volontairement leur attention vers l'espace négligé. Mais, comme la plupart des patients sont également anosognosiques (Azouvi et al., 2000), ils ne sont pas capables, au quotidien, d'utiliser leur orientation endogène pour compenser leurs difficultés. Toutefois, certains affirment qu'il existe une orientation endogène plus implicite qui ne nécessite pas l'intervention de processus volontaires et contrôlés (Bartolomeo, Decaix, & Siéoff, 2007 ; Risko & Stolz, 2010). Cette affirmation laisse entrevoir une perspective de prise en charge intéressante pour la NSU : l'utilisation des processus implicites.

Récemment, Wansard, Bartolomeo, Vanderaspoilden, et al. (2015) ont montré que les patients avec une NSU légère à modérée sont non seulement capables d'extraire des contingences spatiales simples, mais également d'utiliser cette connaissance implicite pour réduire leur biais spatial sur une tâche inspirée du paradigme de Posner (Posner, 1980) en modalité visuelle. Dans la continuité de cette étude, notre objectif consiste à comparer la valeur ajoutée d'un paradigme de Posner avec un indiçage spatial auditif, notamment chez les patients atteints de NSU plus sévère. Contrairement à ce que nous avions prévu, en modalité auditive, aucun des trois groupes (lésés droits avec NSU, sans NSU et groupe contrôle) n'est capable d'extraire la relation entre l'indice et la cible. L'absence d'effet résulte probablement d'un obstacle méthodologique : l'utilisation de sons latéralisés qui empêche la formation d'une représentation de la relation indice-cible étant donné que les sons utilisés ne peuvent être localisés dans l'espace.

Puisque les processus implicites sont relativement préservés dans la NSU (Geng & Berhmann, 2002 ; Shaqiri et al., 2013) et qu'ils permettent de contourner l'anosognosie, frein à l'efficacité de certaines techniques de rééducation (Shaqiri et al., 2013), nous pensons que les études futures rendront possible leur utilisation. Parallèlement, l'utilisation de la modalité auditive présente plusieurs avantages tels que l'amélioration de l'alerte (Roberston et al., 1998) ou de la perception consciente (Kusnir et al., 2011). C'est pourquoi nous devons continuer à l'investiguer d'autant plus que son efficacité dans la rééducation de la NSU a été démontrée (Guilbert et al., 2016).