

Suivez mon regard : vers une utilisation de l'oculométrie en pratique clinique courante dans l'évaluation de la négligence spatiale unilatérale

Grégoire Wauquiez¹, M. Sc., Florine Billebeau¹, M. Sc., Jean-Marie Casillas^{1,2,3}, Ph. D., Davy Laroche^{2,3}, Ph. D. et Mathieu Gueugnon², Ph. D.

¹Pôle de Rééducation et de Réadaptation, CHU Dijon Bourgogne, France

²Centre d'investigation clinique, module plurithématique, plateforme d'investigation technologique, CHU Dijon-Bourgogne, France

³Unité mixte de recherche, Laboratoire Cognition, Action et Plasticité sensorimotrice (CAPS), Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France

La négligence spatiale unilatérale (NSU) est un trouble de la cognition spatiale fréquent et invalidant à la suite d'une lésion cérébrale. Les épreuves papier-crayon classiquement utilisées pour l'évaluer sont néanmoins critiquées pour leur manque de sensibilité. De récents travaux suggèrent que l'oculométrie pourrait pallier ces limites. Toutefois, sa complexité et son coût en restreignent l'utilisation en pratique clinique. Un protocole simplifié basé sur un matériel d'oculométrie destiné à l'usage individuel avec exploration visuelle libre d'une image a été proposé à dix patients cérébrolésés droits. Un index spatial illustrant un biais attentionnel a été calculé selon la répartition des points de fixation. Les résultats ont montré une bonne faisabilité auprès de patients hétérogènes et une forte concordance entre cette procédure et les épreuves classiques de détection de la NSU. Ces données renforcent l'intérêt de l'utilisation d'un protocole d'oculométrie simplifié basé sur un matériel abordable dans l'évaluation de la NSU en pratique courante.

Mots-clés : négligence spatiale unilatérale, oculométrie, évaluation, faisabilité, pratique clinique

Spatial neglect is a common and disabling spatial cognition disorder after brain lesion. However, paper-and-pencil tasks conventionally used to evaluate those impairments are criticized because of their lack of sensitivity. Recent publications suggest that eye-tracking may overcome part of their limitations. Nevertheless, the complexity of eye-tracking and its cost make it difficult to use in routine clinical practice. Thus, a simplified protocol based on an individual eye tracking device with free visual exploration of an image was proposed to ten right brain-injured patients. A spatial index was computed to assess their attentional bias according to the fixation distributions. Results show a good feasibility on heterogeneous patient and a strong agreement between standard tests and this procedure to detect spatial neglect. This result strengthens the interest of a simplified and affordable eye-tracking protocol based on individual device to evaluate spatial neglect in routine clinical practice.

Introduction

Le syndrome de négligence spatiale unilatérale (NSU) est défini comme une incapacité à détecter des stimuli porteurs de signification, à s'orienter vers eux et à leur répondre lorsqu'ils sont présentés dans l'hémiespace contralésionnel (Heilman et al., 2000). Classiquement, les patients qui en sont atteints présentent une déviation du regard du côté ipsilésionnel, ils « regardent leur lésion » (Berger et al., 2006). Ce syndrome s'exprime toutefois sous des formes très hétérogènes, pouvant se manifester dans différentes modalités (c.-à-d., sensorielle, motrice ou

représentationnelle), au sein de différents espaces (c.-à-d., personnel, péripersonnel ou extrapersonnel) et selon différents référentiels (c.-à-d., ego- ou allocentré) (cf. Azouvi, 2014; Verdon et al., 2010). Très fréquente en cas d'atteinte cérébrale hémisphérique droite (Buxbaum et al., 2004), la NSU représente l'un des principaux facteurs susceptibles de générer des répercussions sur l'autonomie dans un grand nombre d'activités de la vie quotidienne telles que la lecture, l'écriture, l'habillage, les soins corporels, la prise des repas ou encore les déplacements (Nijboer et al., 2013). Ces troubles se manifestent de manière prépondérante dans les activités nécessitant les fonctions visuo-attentionnelles, particulièrement impliquées dans les interactions environnementales. La prise en charge de la NSU est ainsi un enjeu capital qui nécessite en premier lieu des outils d'évaluation fiables et accessibles.

La correspondance concernant cet article doit être adressée à /
Correspondence concerning this article should be addressed to:

Grégoire Wauquiez, pôle Rééducation-Réadaptation, CHU Dijon Bourgogne, France.

Courriel/e-mail: gregoire.wauquiez@chu-dijon.fr

Actuellement, les praticiens utilisent majoritairement des épreuves papier-crayon telles que la bissection de lignes, la copie de figures, le test de lecture ou la recherche de cibles pour évaluer la NSU (cf. Vuilleumier & Saj, 2013). Dans ces épreuves, le sujet porte volontairement son attention sur des aspects spécifiques en fonction d'une consigne. Elles reposent ainsi particulièrement sur la mise en jeu de la composante endogène de l'attention, composante relativement préservée chez les patients présentant une NSU. A contrario, la composante exogène de l'attention (c.-à-d., l'orientation attentionnelle automatique vers un stimulus du champ perceptif), fortement impliquée dans la réalisation des activités de la vie quotidienne, est plus sévèrement atteinte dans la NSU (Bartolomeo & Chokron, 2002). Elle serait mal évaluée par les épreuves classiques, alors qu'elle représenterait l'indicateur le plus sensible de la NSU et de ses répercussions fonctionnelles (Azouvi et al., 2002), limitant de fait leur validité écologique (Azouvi, 2017; Bonato, 2012).

L'oculométrie est une méthode d'enregistrement des mouvements oculaires qui mesure, entre autres, l'amplitude et l'orientation de ces mouvements ainsi que la localisation et la durée des points de fixation sur un support visuel; cela permet notamment d'évaluer la qualité de l'exploration visuo-attentionnelle spontanée (Hoffman & Subramaniam, 1995). La pertinence de cette technique dans l'étude de la NSU a été soulignée par de nombreux travaux (Kortman & Nicholls, 2016; Müri et al., 2009; Pflugshaupt et al., 2004; Sprenger et al., 2002). En effet, l'attention visuelle et l'activité oculomotrice sont largement interdépendantes (Privitera & Stark, 2000; Ouerhani et al., 2004). L'oculométrie apparaît donc particulièrement prometteuse en tant que mesure de l'orientation visuo-attentionnelle exogène/automatique. Toutefois, ces dispositifs sont encore peu utilisés en dehors des laboratoires de recherche, probablement en raison de leur utilisation et interprétation complexes qui sont associées à un coût de fonctionnement important.

Récemment, Delazer, Sojer, Ellmerer, Boehme et Benke (2018) ont proposé un protocole d'évaluation de la NSU par oculométrie applicable en routine clinique. Vingt-deux patients post-AVC droit et 28 sujets sains appariés selon l'âge et le sexe se sont vus proposer une tâche d'exploration visuelle libre regroupant 10 photographies présentées sur un écran d'ordinateur pendant 10 secondes chacune, avec enregistrement de l'activité oculomotrice. L'asymétrie attentionnelle a été mesurée à l'aide d'un index spatial correspondant au ratio entre le nombre de points de fixations effectués dans une région droite versus gauche de l'image, rapporté au nombre total de fixations réalisées durant l'épreuve. Cet index compris entre -1 (c.-à-d., exploration uniquement de la partie

gauche de l'image) et +1 (c.-à-d., exploration uniquement de la partie droite de l'image) permet de quantifier simplement et précisément le biais attentionnel et son intensité en le représentant sous une forme facilement interprétable à l'aide d'une mesure continue. Les performances à la tâche d'oculométrie ont été comparées à des épreuves utilisées dans le dépistage de la NSU (c.-à-d., tâches de recherche de cibles, copie de dessins, bissection de lignes et lecture de chiffres). L'index spatial a présenté une forte sensibilité et spécificité pour discriminer les volontaires sains de ceux présentant une NSU (Delazer et al. 2018). Néanmoins, la procédure proposée, notamment l'outil de mesure, ne semble pas adaptée à une utilisation en pratique courante au regard du coût d'achat et de la complexité d'utilisation en routine clinique.

L'objectif de cette étude est de proposer une épreuve d'oculométrie simplifiée, inspirée par Delazer et al. (2018), sur un matériel abordable destiné à l'usage individuel en pratique courante. Ce projet vise donc à montrer la bonne faisabilité (c.-à-d., réalisation complète de la tâche) d'une telle épreuve auprès d'une population aux profils hétérogènes rencontrée en pratique clinique courante ainsi qu'à évaluer la concordance entre l'index spatial calculé lors de l'oculométrie et la détection de la NSU par les épreuves papier-crayon classiques précédemment citées.

Méthodes

Participants

Dix patients du service de rééducation neurologique du Centre hospitalier universitaire de Dijon ont été inclus consécutivement dans le cadre d'une suspicion de NSU gauche. Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le Tableau 1.

Chaque participant a signé un accord écrit autorisant l'utilisation de ses résultats à des fins de recherche. Ces travaux ont été réalisés en conformité avec la Déclaration d'Helsinki.

Matériel et procédures

Les évaluations ont été réalisées au cours d'un bilan neuropsychologique de routine. La NSU a été évaluée par des épreuves papier-crayon classiquement utilisées dans ce cadre (Azouvi, 2014) et correspondant par ailleurs au type d'épreuves utilisées par Delazer et al. (2018), ainsi que par une tâche d'oculométrie inspirée du protocole de Delazer et al. (2018). Leur ordre de passation était aléatoire. La durée totale d'installation, de passation et de cotation de l'ensemble de ces épreuves était inférieure à 30 minutes.

Tableau 1
Caractéristiques principales des patients évalués

Patient N°	Genre	Latéralité	Âge (ans)	Étiologie	Délai post-lésionnel (en jours)	Particularités notables
1	H	D	58	AVC hémorragique pariéto-occipital droit	90	HLH gauche
2	F	D	51	AVC ischémique superficiel de l'ACM droite	19	
3	F	D	77	AVC ischémique profond de l'ACM droite	44	
4	H	D	69	AVC ischémique superficiel de l'ACM droite	5	
5	H	D	71	AVC ischémique total de l'ACM droite	28	HLH gauche
6	H	D	71	AVC ischémique de l'ACP droite	144	HLH gauche
7	H	D	35	Traumatisme crano-encéphalique avec atteinte hémisphérique droite prédominante	660	
8	H	D	42	AVC ischémique de l'ACP droite	206	HLH gauche, NSU motrice
9	H	D	57	AVC ischémique total de l'ACM droite	1541	HLH gauche
10	F	D	69	AVC de l'ACM droite	60	Démence type Alzheimer

Note. AVC = accident vasculaire cérébral; ACM = artère cérébrale moyenne; ACP = artère cérébrale postérieure; HLH = hémianopsie latérale homonyme; NSU = négligence spatiale unilatérale.

Épreuves papier-crayon. Ces épreuves ont été réalisées sur des feuilles de format A4, orientation paysage, centrées vis-à-vis du patient.

Bissection de lignes (Wilson et al., 1987) : le participant doit indiquer le centre de 3 lignes horizontales de 20,4 cm. Une NSU est détectée s'il existe une déviation de 13 mm ou plus par rapport au point médian.

Barrage de cibles-étoiles (Wilson et al., 1987) : le participant doit barrer 54 cibles présentées parmi 75 distracteurs. Un ratio entre le nombre de cibles détectées dans la moitié gauche de la feuille et le nombre total de cibles traitées est calculé. Un ratio compris entre 0 et 0,45 indique la présence d'une NSU.

Copie de dessin (Osterrieth, 1944) : le participant doit reproduire une figure composée de 18 éléments. Une NSU est détectée lorsque plus de deux éléments sont omis dans la partie gauche de la copie (Rapport et al., 1996).

Tâche de lecture de texte inspirée du subtest « lecture » de la Batterie d'évaluation de la négligence unilatérale (Rousseaux et al., 2001) : le participant doit lire à haute voix un texte de 6 lignes, Times New Roman, police 16. La NSU est constatée en cas d'omission d'au moins un mot en début de ligne.

Les données de chaque volontaire étaient cotées manuellement sur la base de leur production écrite ou orale en fonction de la tâche. Les patients étaient classés comme présentant une NSU à l'évaluation classique s'ils obtenaient un résultat en ce sens à au moins une des épreuves papier-crayon. La durée totale dévolue aux épreuves papier-crayon (c.-à-d., installation du patient, passation et correction) était comprise entre 10 et 20 minutes.

Épreuve d'oculométrie. La tâche décrite ici a été adaptée de celle utilisée par Delazer et al. (2018) (cf. Tableau 2). Dans cette étude, nous avons utilisé un matériel d'oculométrie abordable. Ses caractéristiques techniques sont de base au regard du matériel utilisé par Delazer et al. (2018), comme en témoigne par exemple le taux d'échantillonnage dix fois inférieur. Afin de réduire au maximum la durée de passation en vue de permettre à une telle épreuve d'être incluse dans un bilan neuropsychologique standard, une seule image a été proposée plutôt que dix.

Dans la présente étude, chaque patient était assis face à une tablette de 32 cm de diagonale, équipée du dispositif d'oculométrie Tobii PCEye Mini (Tobii Dynavox®, Danderyd, Suède) constitué d'une barrette munie d'un émetteur/récepteur infrarouge, fixé par un aimant en dessous de l'écran et connecté à la tablette via un port USB. L'écran était centré par rapport au patient et situé à environ 55 cm (cf. Figure 1).

Tableau 2
Comparatif des caractéristiques principales des matériels et procédures utilisées dans la tâche d'exploration visuelle libre présentées dans l'article original de Delazer et al. (2018) et lors de cette étude.

	Procédure originale de Delazer et al.	Procédure utilisée dans cette étude
Matériel oculométrie	Tobii TX300	Tobii PCEye Mini
Logiciel oculométrie	Tobii pro Studio	Tobii Gaze Viewer
Taux d'échantillonnage	300 Hz	30Hz
Nombre d'images	10	1
Durée de passation	10s/image	10s/image
Mesure	Index spatial	Index spatial
Coût matériel et logiciel	≈ 40 000€	≈ 1 100€

Figure 1
Installation du patient devant la tablette équipée du dispositif d'oculométrie



La calibration du matériel a été réalisée pour chaque patient avant chaque test. Ensuite, une photographie cible représentant les 23 joueurs de l'équipe de France de football et leurs quatre entraîneurs posant pour la photographie officielle de 2018 (résolution 1000x625 pixels; Journois, 2018) leur était présentée durant 10 secondes. La consigne était la suivante : « Décrivez ce que vous voyez ».

Le nombre et l'emplacement des points de fixation du regard sur l'image ont ensuite été recueillis manuellement pour chaque volontaire à l'aide de la

fonction Gaze Plot du logiciel Tobii Gaze Viewer. Les points de fixation ont été comptabilisés dans deux zones spécifiques de la photographie (cf. Figure 2) : une région d'intérêt gauche et une droite (RIG et RID; bandes verticales extérieures de 313 pixels de l'image; Delazer et al., 2018).

Figure 2
Représentation des performances d'un patient à l'épreuve d'oculométrie via la fonction Gaze Plot du logiciel Gaze Viewer



Note. Les chiffres traduisent l'ordre et l'emplacement des points de fixation sur l'image présentée. Les lignes verticales ont été ajoutées a posteriori pour représenter la délimitation des RIG et RID. Dans cet exemple, sur les 24 fixations, aucune n'a été réalisée dans la RIG et 18 fixations ont été effectuées dans la RID, ce qui donne un index spatial à +1.

L'index spatial (IS; Delazer et al., 2018) a été calculé pour quantifier l'asymétrie de l'orientation attentionnelle (cf. Équation 1).

Équation 1
Index spatial

$$IS = \frac{\text{Nombre de fixations RID} - \text{Nombre de fixations RIG}}{\text{Nombre de fixations RID} + \text{Nombre de fixations RIG}}$$

Plus l'IS s'éloigne de 0, plus une asymétrie de l'orientation attentionnelle est marquée. Une valeur de -1 ou +1 indique que le patient a respectivement exploré uniquement la RIG ou la RID de la photographie. À partir de leur étude, Delazer et al. (2018) ont déterminé, puis utilisé un score seuil de l'IS à +0,18, correspondant au centile 95 des performances du groupe contrôle. Ce score seuil leur a permis de distinguer les patients présentant ou non une NSU. Nous avons proposé d'utiliser ce même score seuil pour classer nos patients comme présentant ou non une NSU à l'épreuve d'oculométrie si leur IS dépassait +0,18.

La durée totale accordée à l'épreuve d'oculométrie (c-à-d., installation du patient, calibration de l'outil, passation et calcul de l'IS) était d'environ cinq minutes.

Analyses statistiques

Une analyse descriptive des scores obtenus aux épreuves a été effectuée en relevant pour chaque volontaire si une NSU était détectée aux épreuves papier-crayon ainsi qu'à la tâche d'oculométrie. Le nombre de volontaires ayant réalisé la calibration en moins de trois essais et pu compléter la tâche d'oculométrie a été recueilli afin d'évaluer la faisabilité de cette tâche. De plus, afin de mesurer l'accord entre deux techniques de classification sur des données qualitatives non normales, une analyse de concordance à l'aide du Kappa de Cohen (κ) a ensuite été conduite entre :

- La classification obtenue par les épreuves papier-crayon (c.-à-d., présence de NSU ou non, respectivement cotée 1 ou 0). Une note de 1 était attribuée dès lors qu'un sujet avait échoué à au moins un des quatre tests classiques.
- La classification obtenue par l'épreuve d'oculométrie (c.-à-d., présence de NSU ou non, respectivement cotée 1 ou 0). Une note de 1 était attribuée dès lors qu'un sujet présentait un IS supérieur à 0.18.

Un κ compris entre 0 et 0.20 indique un accord très faible; entre 0.21 et 0.40 un accord faible; entre 0.41 et 0.60 un accord modéré; entre 0.61 et 0.80 un accord fort et entre 0.81 et 1 un accord presque parfait (Landis & Koch, 1977).

Résultats

Caractéristiques de la population

On observe une importante hétérogénéité dans les étiologies, l'âge (c.-à-d., entre 35 et 77 ans) et le délai post-lésionnel (c.-à-d., entre 5 et 1 541 jours), comme en témoigne le profil des dix patients évalués (cf. Tableau 1).

Évaluations de la NSU

Le détail des évaluations est présenté au Tableau 3. La classification (c.-à-d., présence ou non de la NSU) par les épreuves classiques et par oculométrie est résumée au Tableau 4.

Tous les patients ont pu compléter l'ensemble des épreuves papier-crayon et réaliser la procédure d'oculométrie dans sa totalité avec une calibration en moins de 3 essais.

Concernant les résultats aux épreuves NSU classiques, trois patients sur dix obtiennent des résultats normaux et sept présentent des performances signant la présence d'une NSU à au moins trois de ces épreuves. Par ailleurs, deux patients sur dix présentent un IS proche de zéro (c.-à-d., - 0.13 et + 0.08) à l'épreuve d'oculométrie et huit ont un IS supérieur à + 0.8, nettement supérieur au score seuil de + 0.18 proposé par Delazer et al. (2018) pour détecter la présence d'une NSU. Ainsi, huit patients ont un IS indiquant une présence de NSU. Ces données sont résumées sous la forme d'un tableau de contingence

Tableau 3

Performances des patients aux épreuves proposées, avec index spatial calculé à partir de la tâche d'oculométrie et présence d'une NSU détectée aux épreuves classiques

Patient n°	Index spatial oculométrie (de -1 à +1)	Nombre d'épreuves papier-crayon échouées	Détail des résultats aux épreuves classiques NSU			
			Bissection de lignes	Recherche de cibles visuelles	Copie de figures complexes	Lecture de textes
1	+1	3	-	+	-	-
2	+1	0	+	+	+	+
3	+0.82	3	-	-	-	+
4	-0.13	0	+	+	+	+
5	+1	3	+	-	-	-
6	+1	4	-	-	-	-
7	+1	3	-	-	-	+
8	+0.08	0	+	+	+	+
9	+1	3	-	+	-	-
10	+1	4	-	-	-	-

Note. Un signe « + » aux épreuves classiques indique des performances normales; un « - » indique des performances reflétant la présence d'une NSU.

(cf. Tableau 4) permettant le calcul du Kappa de Cohen.

Tableau 4

Tableau de contingence présentant la classification des performances des patients via les épreuves classiques versus via la procédure d'oculométrie

		Détection NSU via oculométrie		Total
		NSU absente	NSU présente	
Détection NSU via épreuves classiques	NSU absente	2	1	3
	NSU présente	0	7	7
Total		2	8	10

Note. NSU : négligence spatiale unilatérale.

L'observation des accords entre les deux méthodes d'évaluation montre un taux de 90 % de classifications identiques (c.-à-d., présence ou absence de NSU). La probabilité de détection d'une NSU aux deux méthodes était de 56 % et la probabilité de non-détection d'une NSU à ces deux méthodes était de 6 %, pour une probabilité globale d'accord de 62 %. L'analyse de la concordance entre les capacités de détection d'une NSU par les épreuves classiques via les scores et par l'épreuve d'oculométrie via l'IS a montré un accord fort entre ces deux méthodes ($\kappa = 0.74$; $p < .01$).

Discussion

L'objectif de ce travail était de proposer une épreuve d'oculométrie simplifiée inspirée par Delazer et al. (2018), sur un matériel abordable destiné à l'usage individuel en pratique courante. Nos résultats suggèrent une bonne faisabilité de ce protocole dans un contexte clinique auprès d'une population de patients aux profils hétérogènes. La forte concordance trouvée entre les outils classiques et le test d'oculométrie suggère que l'index spatial calculé lors de cette épreuve pourrait être un indicateur pertinent afin de distinguer la présence ou non d'une NSU.

Faisabilité

Le protocole simplifié de l'épreuve d'oculométrie de Delazer et al. (2018) proposé dans cette étude semble applicable dans le cadre d'une utilisation en pratique courante. En effet, cette version procure une évaluation rapide (c.-à-d., moins de cinq minutes comparativement à plus de 10 minutes pour les tests classiques) qui peut ainsi être aisément intégrée au bilan neuropsychologique standard. Elle donne une mesure facilement interprétable (c.-à-d., l'IS) permettant de quantifier la présence d'un éventuel

biais attentionnel. De plus, l'ensemble des patients inclus ont pu effectuer la tâche d'oculométrie (c.-à-d., calibration et passation), montrant la bonne faisabilité de cette épreuve au sein d'une population aux profils hétérogènes (c.-à-d., étiologies, comorbidités, âges et délai post-lésion variés). D'une part, l'accomplissement de la passation n'a pas semblé être limité par la présence de comorbidités impactant la sphère cognitive. Notamment, la patiente N°10, atteinte d'une démence de type Alzheimer à un stade modéré avec un score de 16/30 au Mini Mental State Examination (Kalafat et al., 2003) a réalisé la tâche sans difficulté notable. D'autre part, la présence d'une hémianopsie latérale homonyme (patients N°1, 5, 6, 8 et 9) n'a pas paru altérer les capacités de détection du test (c.-à-d., présence d'une NSU ou non), en accord avec les résultats présentés par Delazer et al. (2018).

Concordance

Dans cette étude, l'utilisation de l'IS issu de l'oculométrie a montré une concordance forte avec les épreuves papier-crayon dans les capacités de détection de la NSU. En effet, l'ensemble des patients qui montraient des résultats en faveur d'une NSU à l'évaluation classique obtenaient également des performances en ce sens en oculométrie. Seul le volontaire N°2 a présenté des résultats contradictoires avec une absence de détection d'une NSU aux épreuves classiques, mais avec la présence d'un IS supérieur au score seuil en oculométrie. L'analyse rétrospective des productions de ce patient aux tests papier-crayon montre qu'il a démarré les épreuves de copie de dessin et de recherche de cibles depuis la partie droite de la feuille, indice qualitatif considéré comme susceptible d'indiquer la présence d'un biais attentionnel associé à une NSU (Azouvi, 2014). Les épreuves informatisées étant considérées comme plus sensibles que les tests papier-crayon dans la détection d'une NSU (Bonato & Deouell, 2013), une évaluation complémentaire à l'aide du subtest « Négligence » de la TAP 2.3 (Zimmermann & Fimm, 2010) lui a également été proposée. Celle-ci a montré une discrète majoration des temps de réaction (TR) et de la variabilité des performances dans l'hémichamp gauche (TR médian = 439 ms [centile 30], É.-T. = 146, aucune cible omise) versus droit (TR médian = 407 ms [centile 50], É.-T. = 90, aucune cible omise). Les résultats de ce volontaire sont par ailleurs en accord avec les résultats obtenus par Delazer et al. (2018), dont la majorité des patients cérébrolésés droits (c.-à-d., neuf patients sur onze) obtenaient des résultats normaux aux épreuves papier-crayon et présentaient néanmoins un IS supérieur au score seuil fixé pour détecter une NSU. L'hypothèse proposée par ces auteurs est que cette épreuve d'oculométrie procurerait une évaluation de l'exploration visuelle spontanée, reflet de l'orientation automatique de

l'attention, indicateur considéré comme présentant une meilleure validité écologique que les épreuves classiques (Azouvi et al., 2002). De façon pragmatique, on peut supposer que l'IS obtenu par le patient N°2 pourrait traduire la présence d'un biais attentionnel non détecté dans les données quantitatives issues des épreuves papier-crayon classiques.

Limites

Ce travail présente toutefois quelques limites. Le faible nombre de patients évalués et l'hétérogénéité de leur profil restreignent la généralisation des résultats. Toutefois, cette hétérogénéité reflète l'activité pratique quotidienne. La photographie utilisée est également une source potentielle de biais en raison de l'attraction probable du regard pour certains joueurs. De plus, l'utilisation d'une seule image sur une durée de dix secondes pourrait être susceptible de favoriser le risque de faux positifs. Par ailleurs, en raison de sa simplicité, le matériel utilisé ne permet pas de mesurer certaines dimensions potentiellement pertinentes à prendre en compte dans l'évaluation de la NSU, telles que les microsaccades. Enfin, cette épreuve ne mesure la NSU qu'en modalité visuo-perceptive et uniquement dans un référentiel péripersonnel. Elle ne saurait ainsi évaluer l'ensemble des composantes concernées par l'expression des symptômes de la NSU. Par exemple, le patient N°8 présentait une absence de NSU détectée lors de l'épreuve d'oculométrie malgré une NSU circonscrite à l'espace personnel se manifestant par une sous-utilisation de l'hémicorps gauche constatée cliniquement et confirmée par la procédure proposée par Bisiach et al. (1986).

Conclusion

Ces résultats tendent à confirmer de nouvelles perspectives prometteuses dans l'évaluation de la NSU par le calcul d'un index spatial à partir d'un matériel d'oculométrie techniquement accessible et financièrement abordable. Cette procédure est rapide et bien tolérée auprès d'une population clinique hétérogène, rendant possible son utilisation dans le cadre d'un bilan neuropsychologique réalisé en pratique courante. La mesure proposée apparaît au moins aussi sensible que les outils de base classiquement utilisés dans ce cadre. Il sera nécessaire de mener de nouvelles études visant à préciser les paramètres optimaux de la procédure, notamment en termes d'image à utiliser et de durée d'exploration. Il conviendra ensuite de préciser les qualités psychométriques d'un protocole d'oculométrie simplifié inspiré de Delazer et al. (2018). La validation d'une épreuve standardisée paraît aussi pertinente qu'envisageable afin de fournir aux thérapeutes un outil leur permettant d'améliorer l'évaluation et par extension la prise en charge de la NSU.

Références

- Azouvi, P., Samuel, C., Louis-Dreyfus, A., Bernati, T., Bartolomeo, P., Beis, J.-M., Chokron, S., Leclercq, M., Marchal, F., Martin, Y., De Montety, G., Olivier, S., Perennou, D., Pradat-Diehl, P., Prairial, C., Rode, G., Siéroff, E., Wiart, L., Rousseaux, M., & French Collaborative Study Group on Assessment of Unilateral Neglect (GEREN/GRECO). (2002). Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *73*, 160-166. <https://doi.org/10.1136/jnnp.73.2.160>
- Azouvi, P. (2014). L'évaluation de la négligence unilatérale et des autres troubles visuo-spatiaux. Dans X. Seron & M. Van der Linden, *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte, tome I : Evaluation* (p. 433-460). Deboeck-Solal.
- Azouvi, P. (2017). The ecological assessment of unilateral neglect. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *60*, 186-190. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.12.005>
- Bartolomeo, P. & Chokron, S. (2002). Orienting of attention in left unilateral neglect. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *26*, 217-234. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00065-3)
- Berger, M. F., Pross, R. D., Ilg, U. J., & Karnath, H. O. (2006). Deviation of eyes and head in acute cerebral stroke. *BioMed Central Neurology*, *6*, 23. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-6-23>
- Bisiach, E., Perani, D., Vallar, G., & Berti, A. (1986). Unilateral neglect: Personal and extra-personal. *Neuropsychologia*, *24*, 759-767. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(86\)90075-8](https://doi.org/10.1016/0028-3932(86)90075-8)
- Bonato, M. (2012). Neglect and extinction depend greatly on task demands: A review. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 195. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00195>
- Bonato, M. & Deouell, L. Y. (2013). Hemispatial neglect: Computer-based testing allows more sensitive quantification of attentional disorders and recovery and might lead to better evaluation of rehabilitation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 162. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00162>
- Buxbaum, L. J., Ferraro, M. K., Veramonti, T., Farne, A., Whyte, J., Ladavas, E., Frassinetti, F., & Coslett, H. B. (2004). Hemispatial neglect: Subtypes, neuroanatomy, and disability. *Neurology*, *62*, 749-756. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000113730.73031.f4>
- Delazer, M., Sojer, M., Ellmerer, P., Boehme, C., & Benke, T. (2018). Eye-tracking provides a sensitive measure of exploration deficits after acute right MCA stroke. *Frontiers in Neurology*, *9*, 359. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00359>
- Heilman, K. M., Valenstein, E., & Watson, R. T. (2000). Neglect and related disorders. *Seminars in*

- in *Neurology*, 20, 463-470. <https://doi.org/10.1055/s-2000-13179>
- Hoffman, J. E. & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 57, 787-795. <https://doi.org/10.3758/bf03206794>
- Journois, A. (2018). *Coupe du monde 2018 : les Bleus prennent la pose en maillot et en costume [image numérique]*. <http://www.leparisien.fr/sports/football/coupe-du-monde/coupe-du-monde-2018-la-photo-officielle-de-l-equipe-de-france-devoilee-30-05-2018-7743663.php>
- Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du Mini Mental State (MMS) version GRECO. *Revue de Neuropsychologie*, 13, 209-236.
- Kortman, B. & Nicholls, K. (2016). Assessing for unilateral spatial neglect using eye-tracking glasses: A feasibility study. *Occupational Therapy in Health Care*, 30, 344-355. <https://doi.org/10.1080/07380577.2016.1208858>
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Müri, R. M., Cazzoli, D., Nyffeler, T., & Pflugshaupt, T. (2009). Visual exploration pattern in hemineglect. *Psychological Research*, 73, 147-157. <https://doi.org/10.1007/s00426-008-0204-0>
- Nijboer, T., van de Port, I., Schepers, V., Post, M., & Visser-Meily, A. (2013). Predicting functional outcome after stroke: The influence of neglect on basic activities in daily living. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 182. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00182>
- Ouerhani, N., Von Wartburg, R., Hugli, H., & Muri, R. (2004). Empirical validation of the saliency-based model of visual attention. *ELCVIA Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 3, 13. <https://doi.org/10.5565/rev/elcvia.66>
- Osterrieth, P. A. (1944). Le test de copie d'une figure complexe; contribution à l'étude de la perception et de la mémoire. *Archives de Psychologie*, 30, 286-356.
- Pflugshaupt, T., Bopp, S. A., Heinemann, D., Mosimann, U. P., von Wartburg, R., Nyffeler, T., Hess, C. W., & Müri, R. M. (2004). Residual oculomotor and exploratory deficits in patients with recovered hemineglect. *Neuropsychologia*, 42, 1203-1211. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.02.002>
- Privitera, C. M. & Stark, L. W. (2000). Algorithms for defining visual regions-of-interest: Comparison with eye fixations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22, 970-982. <https://doi.org/10.1109/34.877520>
- Rapport, L. J., Farchione, T. J., Duua, R. L., Webster, J. S., & Charter, R. A. (1996). Measures of hemi-inattention on the rey figure copy for the lezak-osterrieth scoring method. *The Clinical Neuropsychologist*, 10, 450-454. <https://doi.org/10.1080/13854049608406705>
- Rousseaux, M., Beis, J. M., Pradat-Diehl, P., Martin, Y., Bartolomeo, P., Bernati, T., Chokron, S., Leclercq, M., Louis-Dreyfus, A., Marchal, F., Perennou, D., Prairial, C., Rode, G., Samuel, C., Sieroff, E., Wiart, L., & Azouvi, P. (2001). Présentation d'une batterie de dépistage de la négligence spatiale : normes et effets de l'âge, du niveau d'éducation, du sexe, de la main et de la latéralité [Presenting a battery for assessing spatial neglect: Norms and effects of age, educational level, sex, hand and laterality]. *Revue Neurologique*, 157, 1385-1400. Norms and effects of age, educational level, sex, hand and laterality]. *Revue Neurologique*, 157, 1385-1400.
- Sprenger, A., Kömpf, D., & Heide, W. (2002). Visual search in patients with left visual hemineglect. *Progress in Brain Research*, 140, 395-416. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(02\)40065-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(02)40065-9)
- Verdon, V., Schwartz, S., Lovblad, K. O., Hauert, C. A., & Vuilleumier, P. (2010). Neuroanatomy of hemispatial neglect and its functional components: A study using voxel-based lesion-symptom mapping. *Brain*, 133, 880-894. <https://doi.org/10.1093/brain/awp305>
- Vuilleumier, P. & Saj, A. (2013). Hemispatial neglect. In O. Godefroy (Ed.), *The behavioral and cognitive neurology of stroke*, 126-157. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139058988.013>
- Wilson, B., Cockburn, J., & Halligan, P. (1987). Development of a behavioral test of visuospatial neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68, 98-102.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (2010). Test d'évaluation de l'attention (TAP: "Test of Attentional Performance"), version 2.3. Psytest.

Reçu le 10 janvier 2020
Révision reçue le 8 mai 2020
Accepté le 13 juillet 2021 ■