

Réduire expérimentalement la négligence spatiale unilatérale : revue de la littérature et implications théoriques

Sylvie Chokron¹ et Paolo Bartolomeo²

Résumé

De récentes recherches ont montré que l'utilisation de certaines stimulations expérimentales mettant en jeu les informations vestibulaires et/ou proprioceptives pouvaient produire une rémission transitoire des signes de négligence. Nous exposons et discutons ici les effets de ces différentes stimulations chez les sujets normaux et les patients cérébrolésés, ainsi que leurs implications théoriques.

Mots clés : négligence spatiale unilatérale, référence égocentrique, rémission, attention.

Key words: unilateral spatial neglect, egocentric reference, remission, attention.

1. Laboratoire de Psychologie Expérimentale, CNRS EP 617, UPMF, Grenoble, et Service de Neurologie, Fondation Ophthalmologique Rothschild, Paris.

Adresse actuelle: Sylvie Chokron, Neuroscience PET Laboratory, Box 1505, The Mount Sinai Medical Center, The Mount Sinai Hospital, Mount Sinai School of Medicine, One Gustave Levy Place, New York, NY, 10029-6574 (e-mail: sylvie@petlab.mssm.edu).

2. INSERM U 324, Paris, et Département de Neurosciences, Hôpital Henri Mondor, Créteil, France.

INTRODUCTION

La Négligence Spatiale Unilatérale (NSU) se caractérise par l'impossibilité du patient de décrire verbalement, de répondre ou de s'orienter aux stimulations contralatérales à la lésion cérébrale. Tout se passe comme si l'hémiespace contralésionnel n'existait plus (Figure 1). La NSU peut toucher l'espace extrapersonnel, personnel, ou encore l'espace représenté (Bartolomeo, D'Erme et Gainotti, 1994 ; Bisiach et Luzzatti, 1978 ; Bisiach, Perani, Vallar et Berti, 1986).

Figure 1. Copie d'une figure par un patient négligent gauche (en haut, modèle ; en bas, production du patient).



Figure 1. Copy of a figure by a patient with left unilateral neglect.

Si le syndrome de négligence spatiale unilatérale a tout d'abord été interprété en termes de déficit sensoriel primaire, il s'est teinté, au fur et à mesure de l'évolution de la neuropsychologie clinique et expérimentale, d'une couleur de plus en plus cognitive. A l'heure actuelle, même si l'on continue à interpréter ce syndrome en termes de déficit attentionnel et/ou représentationnel touchant l'hémiespace contralésionnel, on assiste de plus en plus au développement de nouveaux modèles issus de récents résultats expérimentaux ayant révélé la possibilité de réduire transitoirement les signes de négligence. Ces effets positifs ont été obtenus en appliquant des stimulations : vestibulaire calorique, optocinétique, vibratoire, électrique, et proprioceptive. L'explication la plus courante des effets positifs de ces stimulations est celle d'une action sur la structure de la représentation égocentrique de l'espace.

Nous définirons donc dans les lignes qui suivent la notion de référentiel égocentrique ainsi que le rôle joué par le lobe pariétal droit, le plus souvent lésé dans la NSU, dans la construction de ce référentiel.

Puis, nous décrirons en détail les effets de chaque stimulation expérimentale sur les signes de NSU gauche, avant de les discuter en fonction de différents modèles de la NSU.

NOTION DE RÉFÉRENTIEL ÉGOCENTRIQUE

La relative indépendance des yeux par rapport à la tête, et de la tête par rapport au tronc, impose à l'homme comme à certains autres animaux de transformer les coordonnées purement rétinocentriques d'une cible en coordonnées égocentriques, c'est-à-dire centrées sur le corps du sujet, afin de permettre, d'une part, de diriger des mouvements vers cette cible et, d'autre part, de fournir au sujet une certaine stabilité du monde extérieur en dépit des fréquents mouvements oculaires (Jeannerod, 1988).

La localisation d'un objet dans l'espace, perçue au départ à travers une modalité sensorielle spécifique, devient donc ensuite une donnée spatiale abstraite située dans un système de référence égocentrique, relatif à la position de l'observateur.

La référence égocentrique constituerait l'axe médian de ce système de coordonnées, nous permettant de diviser l'espace en hémispaces gauche et droit (Figure 2), et de diriger nos actions dans l'espace extracorporel (Jeannerod et Biguer, 1987). D'après ces auteurs, le mécanisme qui encoderait la position des axes corporels serait représenté par la synthèse des mécanismes visuels, somato-sensoriels, vestibulaires qui fournissent une représentation interne du corps et, par là-même, une référence égocentrique dont la position subjective correspondrait à l'axe sagittal chez le sujet normal. Cette correspondance entre la position de la référence égocentrique et le milieu sagittal serait assurée par le fonctionnement normalement symétrique des structures impliquées dans la construction de cette référence, à savoir le cortex pariétal postérieur, ainsi que certaines structures sous-corticales telles que le colliculus supérieur, le thalamus, et la formation réticulée mésencéphalique. Brain (1941) avait déjà associé la présence d'un syndrome de négligence à une lésion pariétale de l'hémisphère droit. Depuis, même si l'on a montré que des lésions uniquement frontales pouvaient entraîner un syndrome de négligence (voir pour revue, Vallar et Perani, 1987), il semblerait que celui-ci se manifeste essentiellement à la suite de lésions rétrorolandiques droites. Cette association entre lobe pariétal droit et NSU a donné un certain poids aux hypothèses référentielles, dans la mesure où le cortex pariétal postérieur (CPP) semble largement impliqué dans l'élaboration d'une représentation de l'espace en coordonnées égocentriques (Andersen, 1994 ; Andersen, Essik et Siegel, 1985).

LES HYPOTHÈSES RÉFÉRENTIELLES DE LA NÉGLIGENCE SPATIALE UNILATÉRALE

Depuis quelques années, on assiste au développement d'hypothèses "référentielles" pour expliquer les signes de NSU, issues de travaux neurophysiologiques (Jeannerod, 1988 ; Jeannerod et Biguer, 1987 ; Jeannerod et Biguer, 1989 ; Ventre et Faugier-Grimaud, 1986 ; Ventre, Flandrin et Jeannerod, 1984). Initialement, les auteurs proposèrent que la présence d'une lésion cérébrale pouvait, en produisant une activité cérébrale asymétrique, entraîner un déplacement de la référence égocen-

Figure 2. *Hypothèses référentielles de la négligence spatiale unilatérale.* Le trait plein représente la position de la référence égocentrique à l'état normal, superposée à l'axe sagittal. A la suite d'une lésion cérébrale, cette position serait décalée du côté ipsilésionnel. L'effet supposé des stimulations expérimentales est matérialisé par la flèche : ces stimulations rétabliraient une position sub-normale de la référence égocentrique.

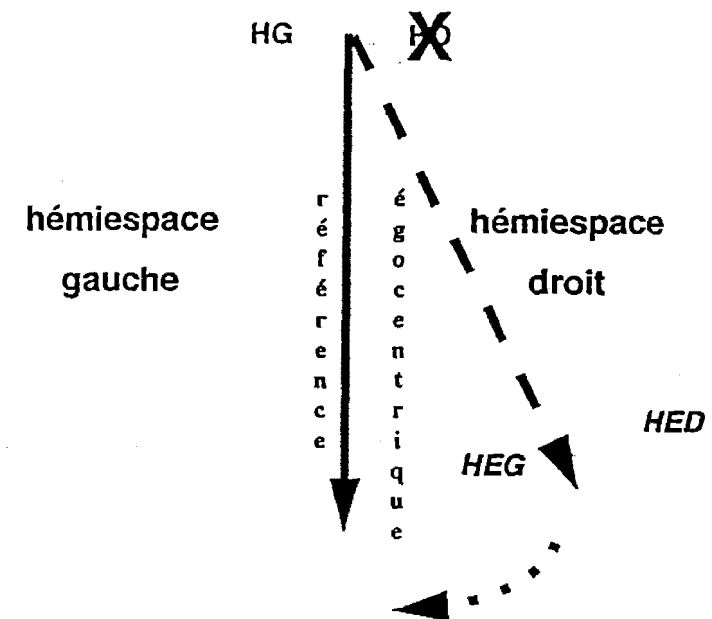


Figure 2. *Schematic illustration of the reference shift hypothesis of unilateral neglect. Full line: normal position of the egocentric reference, superposed to the sagittal axis. Following a brain lesion, this position shifts toward the ipsilesional side. The arrow illustrates the putative effect of experimental stimulations, which would re-establish an (almost) normal position of the egocentric reference.*

céphalique et parfois axiale vers l'hémiespace ipsilésionnel (Chain, Leblanc, Chedru et Lhermitte, 1979 ; Hécaen, 1972 ; Hécaen et al., 1951 ; Heilman et Valenstein, 1979). Le but premier de Rubens était donc de tester dans quelle mesure ce biais postural ipsilésionnel pouvait être tenu pour responsable de la NSU. Si tel était le cas, alors la SVC appliquée de manière à induire un nystagmus avec une phase lente dirigée vers la gauche pourrait venir contrebalancer le biais directionnel vers la droite acquis chez les patients et réduire ainsi les signes de NSU gauche.

Rubens a ainsi testé 18 patients souffrant de NSU gauche dans les deux semaines suivant une lésion cérébrale droite. Tous les tests pratiqués (contrôle du regard, pointer vers, et dénombrer les personnes disposées autour du patient, lire, barrer des lignes) ont été réalisés au lit du malade, avant, pendant et après une SVC.

La procédure expérimentale était la suivante : 20 cc d'eau chaude ou froide introduits lentement dans le canal auditif externe pendant une minute. Trente minutes après la stimulation de l'oreille gauche avec de l'eau froide, le patient était stimulé avec de l'eau chaude dans l'oreille droite. Le jour suivant, le patient recevait de l'eau froide dans l'oreille droite puis, 30 minutes après, de l'eau chaude dans l'oreille gauche.

L'analyse des résultats révèle que les SVC froide à l'oreille gauche et chaude à l'oreille droite améliorent, d'une part, la capacité à explorer l'hémiespace gauche et, d'autre part, les performances aux tests de NSU chez les patients présentant un nystagmus dont la phase lente est dirigée vers la gauche. L'amélioration est apparue plus rapidement et de manière plus intense à la suite d'une SVC froide de l'oreille gauche qu'après une SVC chaude de l'oreille droite.

Malheureusement, cinq minutes après la période de stimulation, les patients présentaient à nouveau des signes nets de NSU gauche aux tests ainsi qu'une déviation ipsilésionnelle du regard, comme avant la SVC.

Il faut noter que Rubens a également enregistré des modifications comportementales chez les patients NSU lors de la SVC. Pendant la période ayant précédé toute stimulation, tous les patients négligents commençaient leur exploration à l'extrémité droite, explorant le dispositif de droite à gauche et s'arrêtant à peu de choses près au milieu. Pendant le nystagmus (avec la phase lente dirigée vers la gauche), 14 patients sur

17 ont changé de direction d'exploration visuelle, dirigeant leur regard de gauche à droite, pendant la réalisation de la tâche. Après une stimulation de l'oreille gauche avec de l'eau froide, tous les patients semblaient plus alertes et plus attentifs, semblant réaliser les tâches plus rapidement, et surtout vérifiant leur travail. Interrogés pendant et après la SVC de l'oreille gauche à l'eau froide, seuls cinq patients sur dix-sept ont rapporté une sensation illusoire de mouvement de leur corps ou de l'environnement. Chez les douze autres patients, aucune sensation de vertige, d'oscilloscopie, ou d'autre mouvement n'a été rapportée et ceci même pendant le nystagmus.

Ces résultats pour le moins encourageants ont stimulé les recherches visant à réduire de manière transitoire et expérimentale les signes de négligence gauche.

Les recherches postérieures à Rubens (1985) peuvent être distinguées en fonction du but poursuivi par les auteurs. En effet, on distingue deux approches bien distinctes dans la façon d'utiliser ce type de cadre expérimental.

Le but de certains auteurs a été de répliquer les résultats positifs obtenus par Rubens (1985) avec la SVC, non seulement pour les signes *visuels* de NSU gauche, mais également en ce qui concerne les signes de NSU *personnelle* et *représentationnelle*.

Pour d'autres auteurs, il s'agissait de tester l'effet de la SVC sur des déficits somato-sensoriels afin d'établir leur nature, attentionnelle ou sensorimotrice, l'idée étant que si la SVC était à même de réduire ce type de déficits, alors ceux-ci pouvaient être vus comme des signes de NSU et non comme des déficits primaires.

En utilisant respectivement une SVC de 20 cc et 60 cc d'eau froide dans l'oreille gauche, Cappa et collaborateurs (Cappa, Sterzi, Vallar et Bisiach, 1987) et Rode et al. (1992) furent à même de démontrer que la SVC permettait également de réduire temporairement la négligence personnelle, le délire somatophrénique, et l'anosognosie, en plus de la négligence extrapersonnelle, comme l'avait montré Rubens (1985).

Ces études furent ainsi les premières à montrer que les signes de NSU gauche pouvaient être réduits par la SVC, au cours de tâches non-visuelles, non seulement en phase aiguë comme l'avait montré Rubens (1985), mais également dans le cas de patients atteints depuis déjà une

longue période (Rode et al., 1992). Cet effet positif de la SVC sur les performances de sujets négligents au cours de tâches exemptes de tout contrôle visuel fut confirmé par l'utilisation de tâches purement représentationnelles telles que la description verbale de mémoire de la place du Dôme de Milan (Geminiani et Bottini, 1992) et la restitution de villes situées sur la carte de France (Rode et Perenin, 1994).

La seconde voie expérimentale consistant à établir la nature de certains troubles via leur sensibilité à la SVC a permis à Vallar et collaborateurs (Vallar, Antonucci, Guariglia et Pizzamiglio, 1993 ; Vallar, Bottini, Rusconi et Sterzi, 1993 ; Vallar, Sterzi, Bottini et Rusconi, 1990) de proposer que certains déficits somato-sensoriels, tels que l'hémianesthésie ou l'extinction, pourraient être en réalité des manifestations du syndrome de NSU dans la mesure où ils peuvent être transitoirement réduits grâce à une SVC. Dans le même ordre d'idée, Rode et al. (1992) ont récemment montré que la SVC pouvait améliorer les performances motrices de patients cérébrolésés droits hémiplésiques et négligents. Les auteurs font l'hypothèse que, chez les patients négligents, il existe une composante de négligence motrice dans leur déficit moteur.

ASPECTS NEUROPHYSIOLOGIQUES DE LA SVC

Etudes chez l'animal

Sur la base d'expérimentations chez divers mammifères, différentes aires de projection corticale des afférences vestibulaires ont été proposées, toutes situées dans le lobe pariétal. Par contre, les expériences réalisées par certains auteurs (Penfield et Jasper, 1954 ; Ödkvist, Schwarz, Fredrickson et Hassler, 1974) suggéraient que le lobe temporal contenait une aire dévolue aux sensations vestibulaires chez le singe.

Les projections du nerf vestibulaire ont également été étudiées en mesurant l'activité neuronale de neurones isolés dans le cortex (Buttner et Buettner, 1978) en stimulant électriquement le nerf vestibulaire et en enregistrant les potentiels évoqués corticaux (Fredrickson, Scheid, Figge et Kornhuber, 1966 ; Schwartz et Fredrickson, 1971). Ces études suggè-

rent que, chez le singe, la projection corticale du nerf vestibulaire est située dans l'aire 2 du lobe pariétal.

D'autre part, utilisant les potentiels évoqués, Ödkvist et al. (1974) ont mis en évidence une activation corticale après stimulation du nerf vestibulaire dans l'aire 3 du lobe pariétal.

Certains auteurs ont également proposé l'existence d'une projection vestibulaire vers le cortex rétro-insulaire (PVC : parieto-insular-vestibular-cortex). Ils ont ainsi suggéré que les neurones de l'aire PVC se comportaient comme des unités vestibulaires polymodales (Abkarian, Grusser et Guldin, 1993). Il faut également noter que l'aire vestibulaire primaire, ainsi que le cortex rétro-insulaire, sont supposés jouer un rôle dans l'orientation de la tête dans l'espace (Fredrickson et al., 1966 ; Schwartz et Fredrickson, 1971).

Etudes chez l'homme

Penfield et Jasper (1954) ont pu montrer que la stimulation du gyrus temporal supérieur évoquait une véritable sensation vestibulaire.

Friberg et collaborateurs (Friberg, Olsen, Roland, Paulson et Lassen, 1985) ont mesuré le débit sanguin cérébral régional (rCBF) dans le but d'étudier les modifications d'activité corticale chez le sujet normal soumis à une SVC. Dans cette étude, les auteurs proposent que l'"aire corticale vestibulaire" (VCA) est située un peu au-dessus et en arrière du cortex auditif du côté temporal de l'artère cérébrale moyenne. Postérieurement et supérieurement, la VCA était estimée border le lobe pariétal. Il est intéressant de remarquer que cette aire a été située au même endroit chez tous les individus, indépendamment de l'hémisphère examiné.

Plus récemment, utilisant la Tomographie par Emission de Positons (TEP), Bottini et al. (1994) ont mesuré la perfusion cérébrale régionale au cours de stimulations vestibulaires afin de localiser les projections corticales vestibulaires et proposer ainsi un substrat anatomique pour les syndromes de désorientation spatiale.

Le cortex temporo-pariétal, l'insula, le putamen, ainsi que le cortex cingulaire antérieur ont été proposés comme aires de projection centrale

du système vestibulaire chez l'homme. Il est à noter que la SVC à l'eau froide de l'oreille droite ou de l'oreille gauche active les régions corticales homologues de l'hémisphère droit et gauche.

Bottini et al. (1994) proposent que les parties postérieures et supérieures de l'insula correspondent respectivement au PIVC et à l'aire vestibulaire primaire du primate.

Les effets positifs de la SVC sur les signes de NSU ont encouragé les chercheurs à développer des recherches visant à tester comment les influx visuo-vestibulaires pouvaient induire des modifications dans l'organisation de l'espace égocentrique, le but étant de tester si d'autres structures impliquées dans l'organisation de l'espace égocentrique sont à même de produire des effets similaires à ceux de la SVC sur les biais d'exploration de l'espace.

C'est ainsi que la stimulation opto-cinétique (SOC), la rotation du tronc, la vibration mécanique et électrique des muscles de la nuque et de la surface de la main, ont été appliquées à des sujets souffrant de NSU gauche, afin d'établir leur capacité à réduire les signes de négligence, tout comme la SVC.

EFFET DE LA STIMULATION OPTO-CINÉTIQUE (SOC) SUR LA NSU

La SOC chez les sujets normaux

On sait qu'une SOC, comme l'arrière-fond en mouvement d'une scène visuelle, produit un nystagmus dont la phase lente est de même sens que le mouvement du fond, et la phase rapide de direction opposée (vers le point initial de fixation) (Howard et Ohmi, 1984).

Ce réflexe est destiné à maintenir constante l'image rétinienne lorsque le corps se déplace ou que l'objet fixé visuellement se déplace, ou est présenté sur un fond en mouvement. Il est évoqué par des signaux rétiens continus et non par des signaux labyrinthiques phasiques. Pour cette raison, il ne décroît pas après 20 ou 30 secondes comme le nystagmus induit par la SVC, mais peut être généré pendant une assez longue période.

La SOC chez les sujets cérébrólésés

La première étude visant à tester l'effet de la SOC sur les performances de patients souffrant de NSU gauche a été réalisée par Pizzamiglio et collaborateurs (Pizzamiglio, Frasca, Guariglia, Incoccia et Antonucci, 1990). Le but de ces auteurs était de tester la possibilité d'induire une modification des coordonnées spatiales chez le sujet normal et cérébrólésé droit grâce à la SOC, ainsi qu'une compensation du biais ipsilésionnel chez les patients négligents, au cours d'une tâche de bissection. Cette tâche, déjà utilisée au début du siècle (Wolfe, 1923), consiste à demander au sujet de situer, à l'aide d'une marque, le milieu d'une ligne (en général centrée sur le milieu sagittal du sujet). Appliquée aux sujets héminégligents gauches, cette tâche révèle le plus souvent une déviation massive du milieu subjectif à droite du milieu objectif, comme si une grande partie du côté gauche était perçue comme plus petite que ce qu'elle n'est réellement et/ou comme si la partie droite était perçue comme plus grande que la réalité.

Pizzamiglio et al. (1990) ont donc proposé une tâche de bissection avec ou sans SOC à 10 sujets normaux, 10 patients cérébrólésés droits ne présentant pas de signe de NSU gauche et 33 patients cérébrólésés droits souffrant de NSU gauche.

Les résultats obtenus peuvent être résumés de la façon suivante :

- Un effet de la SOC a été mis en évidence pour tous les groupes de sujets, pour les deux directions de mouvement de l'arrière fond (de gauche à droite et de droite à gauche).
- La présence d'une lésion cérébrale focale ne modifie pas l'effet observé chez les sujets normaux.
- Les patients présentant une NSU gauche semblent plus sensibles que les sujets des autres groupes à la SOC, en particulier lorsque le mouvement du fond est dirigé vers la droite, situation qui majore la déviation à droite. Dans ce groupe, plus la déviation en bissection était grande dans la condition de base sans stimulation et plus la SOC a eu un effet important sur la position du milieu subjectif. Treize des 33 patients de ce groupe ont été retestés une semaine après, et l'effet de la SOC s'est révélé reproductible, la corrélation entre les deux présentations étant respectivement de .85 et de .64 pour les SOC vers la droite et vers la gauche.

Après cette première étude, Vallar et collaborateurs (Vallar et al., 1993 ; Vallar, Guariglia, Magnotti et Pizzamiglio, 1995) ont testé l'effet de la SOC sur la perception du sens positionnel dans les dimensions horizontales et verticales. En effet, le traitement conscient de stimuli somato-sensoriels requiert leur localisation explicite sur le corps, dans un système de coordonnées égocentriques et représenté de manière somatotopique. Cette représentation serait sous la dépendance de structures cérébrales engagées dans le traitement des informations sensorielles provenant des deux moitiés de l'espace et du corps. L'activité symétrique de ces structures assurerait la construction de cette représentation centrée sur la référence égocentrique correspondant, chez le sujet normal, au milieu sagittal. Chez le sujet cérébrolésé, il existerait une asymétrie prenant la forme d'un déplacement ipsilésionnel de la référence égocentrique. D'après Vallar et collaborateurs (Vallar et al., 1993, 1995), ce biais pathologique pourrait se traduire soit par un déficit dans la conscience perceptive des informations somato-sensorielles, soit par une erreur directionnelle dirigée systématiquement du côté ipsilésionnel, c'est-à-dire que, dans le cas d'une lésion cérébrale droite, les stimuli délivrés seraient systématiquement perçus à droite de leur position réelle.

EFFET DE LA ROTATION DU TRONC SUR LA NSU

Karnath et collaborateurs (1991) ont étudié l'effet de la rotation du tronc par rapport à la tête sur les temps de réaction saccadiques chez des patients négligents gauche. Le but de cette expérience était de savoir si la construction de la référence égocentrique était dépendante de la position dans l'espace du tronc ou de la tête. En d'autres termes, la question sous-jacente était de savoir si la partie gauche de l'espace négligée se définissait par rapport au milieu du tronc ou de la tête. Les auteurs ont imposé une rotation de 15° à gauche ou à droite du tronc par rapport à la tête (la tête et les yeux restant centrés à 0°), mais aussi de la tête par rapport au tronc (le tronc restant cette fois-ci à 0°). Les résultats montrent que les temps de réaction les plus élevés apparaissent lorsqu'un patient négligent gauche doit diriger une saccade oculaire vers la gauche

alors que sa tête et son tronc sont alignés à 0°. Seule une rotation du tronc à gauche par rapport à la tête est à même de réduire ces temps de réaction pour diriger une saccade vers la gauche chez ces patients.

EFFET DE LA VIBRATION DES MUSCLES DE LA NUQUE ET DE LA STIMULATION ÉLECTRIQUE TRANSCUTANÉE SUR LA NSU

Les stimulations électriques chez les sujets normaux

A l'état normal le taux de décharge provenant des tendons musculaires indique l'état d'étirement des muscles avec une relative bonne précision. La vibration d'un muscle ou de son tendon induit une augmentation de la décharge afférente qui est interprétée de ce fait comme un étirement du muscle par le système nerveux central. Ainsi, chez les sujets normaux, la vibration des muscles ou des tendons produit des sensations illusoire en ce qui concerne le déplacement, la position et/ou la forme de la partie du corps concernée (Goodwin, McCloskey et Matthews, 1972 ; Lackner, 1988). Lackner (1988) montra ainsi qu'une cible visuelle attachée à un membre sur lequel une vibration était appliquée semblait également bouger. De la même façon, des sujets normaux font l'expérience de déplacements illusoire de cibles visuelles vers la droite lorsqu'on leur applique une vibration des muscles de la nuque du côté gauche (Biguer, Donaldson, Hein et Jeannerod, 1988 ; Taylor et McCloskey, 1991), et subissent un déplacement de la position subjective de leur milieu sagittal (Karnath, Christ et Hartje, 1993).

Les stimulations électriques chez les sujets cérébrolésés droits

Dans la mesure où, comme nous l'avons vu, la vibration électrique des muscles de la nuque peut entraîner un déplacement du milieu sagittal subjectif chez les sujets normaux, une fois de plus plusieurs auteurs ont tenté d'utiliser cette stimulation chez des patients négligents afin de compenser une hypothétique déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique.

Par ailleurs, puisque la vibration des muscles de la nuque du côté gauche entraîne une sensation illusoire de rotation du tronc à gauche par rapport à la nuque, ces deux stimulations devraient avoir le même effet positif chez les patients souffrant de négligence gauche. Karnath et al. (1993), ont testé cette hypothèse chez des patients cérébrolésés droits, négligents gauche, en vibrant les muscles de la nuque du côté gauche (100Hz) grâce à un vibreur utilisé en physiothérapie, pendant une tâche de détection visuelle latéralisée. Les auteurs décrivent une réduction des signes de négligence gauche apparemment indépendante de la sensation illusoire de déplacement visuel, comme dans le cas de la rotation du tronc par rapport à la tête, la vibration des muscles de la nuque du côté droit n'aggravant pas les signes de négligence gauche.

Dans le même ordre d'idée, Vallar et al. (1995) ont testé l'effet de la stimulation électrique transcutanée sur les signes de négligence gauche. Contrairement à la vibration des muscles de la nuque décrite plus haut, cette stimulation induit un input sensoriel qui active les fibres afférentes. L'application clinique principale de cette stimulation a été le traitement de la douleur. De la même façon que la vibration des muscles de la nuque, la stimulation électrique transcutanée a entraîné une rémission des signes de négligence gauche au cours d'une tâche de barrage de lettres, que cette stimulation soit appliquée sur la nuque ou sur la main (Vallar et al., 1995). Dans une étude plus récente, Vallar, Guariglia et Rusconi (1997) ont montré que la stimulation électrique transcutanée était également à même de réduire les troubles somato-sensitifs chez des patients cérébrolésés droits souffrant de négligence gauche. Récemment, Guariglia, Lippolis et Pizzamiglio (1998) ont montré que la stimulation électrique transcutanée permet également une amélioration de la représentation de l'hémiespace gauche.

EFFET DU PORT DE LUNETTES PRISMATIQUES

Chez les sujets normaux

L'exposition à une distorsion du champ visuel produit une désorganisation du comportement visuo-moteur qui peut être corrigée grâce à un

phénomène d'adaptation (Redding et Wallace, 1996). Ce phénomène d'adaptation a été largement utilisé pour démontrer la plasticité des systèmes qui assurent les transformations d'un système de coordonnées spatiales à l'autre, ce qui est nécessaire au bon fonctionnement de la boucle perception-action (Rossetti, Koga et Mano, 1993 ; Sugita, 1996).

Si l'on demande à des sujets normaux de pointer droit devant dans l'obscurité alors qu'ils portent des prismes depuis peu, on constate un déplacement du pointage du même côté que celui imposé par les prismes (Redding et Wallace, 1996). Après adaptation, au contraire, le pointage est dévié du côté opposé à la déviation imposée par les prismes, indiquant, d'après les auteurs, que les représentations internes visuelles et proprioceptives ont été réalignées.

Chez les patients négligents

Rossetti et al. (1998) ont récemment soumis des patients cérébrolésés droits, souffrant ou non de négligence spatiale unilatérale, au port de lunettes primastiques afin de tester, d'une part, la possibilité d'une adaptation à la distorsion imposée et, d'autre part, l'effet de cette adaptation sur les signes de négligence.

Les résultats montrent que les patients cérébrolésés tout comme les sujets normaux s'adaptent à la déviation vers la droite imposée par les prismes, comme en témoignent leurs performances à une tâche de pointage droit devant. En effet, lors du post-test, après que les lunettes prismatiques ont été ôtées, ils ont tendance à pointer du côté opposé à la déviation prismatique (c'est-à-dire à gauche) (Redding et Wallace, 1996). Par ailleurs, cette adaptation qui pousse les patients à s'orienter vers la gauche permet d'observer une réduction des signes de négligence au cours de tâches comme la bissection visuo-motrice, les tâches de barrage de cibles, la copie, ou encore la lecture.

EFFET DE L'ADDITION DE PLUSIEURS STIMULATIONS

Karnath (1994c) a appliqué conjointement une stimulation vestibulaire calorique ainsi qu'une vibration des muscles de la nuque à des patients négligents ainsi qu'à des sujets normaux afin d'étudier la contribution respective des informations vestibulaires et proprioceptives à la construction de la référence égocentrique.

Le sujet devait stopper le déplacement d'un point lumineux à l'intersection avec son milieu sagittal subjectif. La procédure utilisée pour les stimulations consistait, comme dans les études antérieures, à appliquer une vibration sur les muscles postérieurs de la nuque (100 Hz) ainsi que 30 ml d'eau froide dans l'oreille gauche pendant une minute pour la SVC. Appliquées isolément, les deux stimulations utilisées eurent les effets positifs attendus sur les signes de NSU, alors qu'appliquées conjointement les effets positifs eurent tendance à s'additionner, le pointage droit devant étant d'autant plus dévié à gauche dans cette condition. Au contraire, lorsque la vibration fut appliquée à droite et la SVC à gauche, les effets ont eu tendance à se neutraliser.

INTERPRÉTATION DE L'EFFET POSITIF DES STIMULATIONS SUR LA NSU

Depuis de nombreuses années, plusieurs techniques visant à réduire les signes de NSU ont été proposées (Chokron, 1998 pour revue). Ceci tient sans doute au fait que ce trouble est, d'une part, fréquent lors de lésion hémisphériques droites et, d'autre part, qu'il est très invalidant et que même après des années de rééducation, même si l'orientation volontaire de l'attention vers ou dans l'hémiespace contralésionnel s'améliore, il persiste chez les patients négligents un trouble de l'orientation automatique de l'attention qui les empêche de véritablement récupérer. C'est sans doute pour cette raison qu'un grand intérêt est porté aux moyens de réduire expérimentalement les signes de négligence. Jamais en effet auparavant on avait entrevu la possibilité de réduire, même transitoirement, aussi rapidement les signes de négligence grâce à l'application d'une stimulation. Néanmoins, comme nous allons le voir, il reste

difficile d'analyser l'effet de ces stimulations et surtout de définir à quel niveau elles interviennent. De la même façon que les modèles explicatifs de la négligence se sont teintés au fur et à mesure d'une couleur de plus en plus cognitive, ces stimulations ont tout d'abord été interprétées à l'origine en termes d'effets périphériques et ont peu à peu atteint des niveaux cognitifs plus complexes, puisqu'à l'heure actuelle les auteurs leurs attribuent un effet sur les processus d'orientation de l'attention ou encore de représentation de l'espace. Il est intéressant de remarquer que, finalement, l'effet de ces stimulations peut venir confirmer quasiment tous les modèles théoriques existants. Après les avoir présentés, nous discuterons ces différents niveaux interprétatifs et en particulier le lien entre hypothèses référentielles et stimulations à même de réduire la NSU.

La stimulation vestibulaire calorique comme moyen de réduire la déviation latérale du regard et l'hypokinésie directionnelle chez les patients négligents

Comme nous l'avons vu précédemment, la première description véritable d'un effet positif de la SVC sur les signes de NSU gauche fut reportée par Rubens (1985). La rémission transitoire des signes de négligence extra-personnelle après une stimulation froide dans l'oreille gauche, ou chaude dans l'oreille droite, le conduisit à proposer qu'une grande partie de cette amélioration sinon la totalité provenait du rétablissement d'une exploration visuelle vers la gauche permise par le nystagmus. Il fit ainsi l'hypothèse que des mécanismes vestibulo-oculaires et vestibulo-spinaux étaient à l'origine de cette rémission transitoire.

Les études ultérieures à celle de Rubens (1985) ayant testé les effets positifs de la SVC sur les signes de négligence se sont attachées à montrer qu'il était possible, grâce à cette stimulation, de réduire les signes de négligence gauche non seulement pour l'espace extrapersonnel mais également pour l'espace personnel et représenté (Rode et Perenin, 1994 ; Rode, Perenin et Boisson, 1996), c'est-à-dire dans des conditions ne nécessitant pas de contrôle visuel. D'autre part, le fait que des stimulations ne produisant pas de nystagmus, comme la rotation du tronc ou la

vibration des muscles de la nuque, induisent également une rémission transitoire de la NSU, a conduit la plupart des auteurs à réfuter l'hypothèse d'un effet positif de la SVC sur les signes de NSU via l'effet du nystagmus. Pourtant, comme nous le verrons plus loin, l'exploration visuelle vers la gauche permise par le nystagmus pourrait modifier le comportement d'orientation de l'attention vers l'hémiespace négligé, affectant donc également les performances à des tâches ne sollicitant pas la vision.

Les stimulations expérimentales comme moyen d'améliorer le niveau "d'éveil" chez les patients négligents

Mise à part son interprétation "oculomotrice", Rubens (1985) suggéra également une action de la SVC sur l'hypokinésie directionnelle et le niveau "d'éveil". D'après Heilman, Watson et Valenstein (1993), le système cortico-limbique est impliqué dans la maintenance d'un niveau d'éveil hémisphérique et d'un système d'alerte permettant de répondre aux stimuli apparaissant dans l'hémiespace contralatéral. La destruction de ce système entraînerait une hypokinésie directionnelle ainsi qu'un trouble dans l'orientation de l'attention dans l'hémiespace contralésionnel. Dans cette perspective, Rubens (1985) proposa que la stimulation du système vestibulaire pouvait, de par ses nombreuses connexions avec le système réticulaire, avoir stimulé le niveau "global" d'attention et diminué l'hypokinésie directionnelle gauche.

Cette hypothèse, abandonnée pendant des années, a récemment été confirmée par des données d'imagerie cérébrale montrant que la SVC (sous forme d'eau froide dans l'oreille gauche) entraîne une rémission de la négligence gauche ainsi qu'une augmentation de l'activité métabolique significativement plus importante dans l'hémisphère droit que dans l'hémisphère gauche (Storrie-Baker, Segalowitz, Black, McLean et Sullivan, 1997).

Les stimulations expérimentales comme moyen de rétablir des capacités d'orientation automatique de l'attention chez les patients négligents

Ni Rubens (1985), ni les auteurs qui ont tenté de répliquer et d'étendre ces recherches n'ont interprété la rémission de la NSU grâce à la SVC uniquement en termes d'un rétablissement de l'exploration visuelle de l'hémiespace gauche, permis par la présence de la phase lente du nystagmus dirigée vers la gauche. Néanmoins, d'après Gainotti (1993), le mécanisme général à travers lequel la SVC réduit la négligence personnelle (Rode et al., 1992), extra-personnelle (Rubens, 1985), l'anosognosie (Rode et al., 1992), et l'hémianesthésie (Vallar et al., 1990) consiste à augmenter le niveau d'attention sélective alloué aux différentes parties du corps et de l'espace extra-personnel. Gainotti propose ainsi que la facilitation des mouvements oculaires vers l'hémiespace négligé entraîne une rémission de la négligence et des troubles apparentés, non seulement parce qu'elle permet une meilleure exploration visuelle vers la gauche, mais également parce qu'elle oriente automatiquement l'attention de ce côté. L'hypothèse de Gainotti trouve confirmation dans différentes études sur des sujets normaux et des patients cérébrolésés montrant que les mouvements oculaires dans une certaine direction s'accompagnent d'une orientation de l'attention du même côté. Ceci a été mis en évidence dans différentes tâches qui ne sont pas directement sous le contrôle de la vision, comme l'écoute dichotique de matériel verbal (Gopher, 1973), ou non verbal (Larmande, Blanchard, Sintès, Belin et Autret, 1984 ; Larmande, Elghozi, Sintès, Bigot et Autret, 1983), et la détection de stimuli tactiles (Honoré, 1982). Dans ces expériences, la direction des mouvements oculaires vers la partie de l'espace stimulée était à même d'améliorer les performances et les temps de réaction des sujets, confirmant ainsi l'hypothèse d'un lien entre direction du regard et allocation de l'attention dans l'espace. En comparant les performances de sujets ayant des habitudes de lecture opposées (de gauche à droite ou de droite à gauche), nous avons également pu confirmer que le sens de l'exploration visuelle semble tout à fait à même de déterminer la façon dont un sujet normal oriente son attention dans l'espace au cours de tâches visuo-spatiales (Chokron, Bartolomeo, Perenin, Helft et Imbert,

1998 ; Chokron, Bernard et Imbert, 1997 ; Chokron et De Agostini, 1995 ; Chokron, Perenin et Imbert, 1993). En ce qui concerne les patients cérébrolésés, Larmande et Cambier (1981) ont montré que l'extinction tactile gauche pouvait être réduite en dirigeant le regard vers l'hémiespace gauche, alors qu'au contraire la direction du regard du côté droit majorait l'extinction. Par ailleurs, deux patients présentant une déviation pathologique du regard vers la droite ont été soumis à une tâche d'écoute dichotique non verbale (Belin, Perrier, Cambier et Larmande, 1988) où, contrairement aux sujets normaux, ils semblaient avoir un avantage de l'oreille droite, comme si leur déviation pathologique du regard à droite avait entraîné leur attention du même côté. Concernant les patients souffrant de négligence gauche, Meador, Loring, Bowers et Heilman (1987) ont également montré une amélioration des capacités à rappeler de mémoire des items situés dans l'hémiespace gauche lorsque le regard était dirigé du même côté.

L'hypothèse d'une allocation de l'attention dépendante de la direction du regard, et donc d'un effet positif de la SVC sur les signes de négligence gauche grâce au nystagmus (Gainotti, 1994), a été confirmée récemment par Mattingley, Bradshaw et Bradshaw (1994) et nous-mêmes (Chokron et al., 1998). Ces deux études montrent que l'on peut inverser le biais observé en bissection chez des sujets normaux et des patients négligents simplement en changeant la direction de l'exploration visuelle (de gauche à droite, ou de droite à gauche).

Comme on le voit, la question du lien entre direction du regard et allocation de l'attention pose clairement la question du rôle du nystagmus dans la réduction des signes de négligence pour la SVC et la SOC. Mais le problème est le même pour la rotation du tronc et la vibration des muscles de la nuque (qui n'est autre qu'une rotation illusoire du tronc). On peut ainsi faire l'hypothèse que la rotation du tronc constitue un indice d'orientation explicite de l'attention, induisant donc une rémission de la négligence par le biais d'une orientation attentionnelle.

Les stimulations expérimentales comme moyen de restaurer une représentation sub-normale de l'espace chez les patients négligents

Après l'expérience princeps de Rubens (1985), la majorité des auteurs ayant testé l'effet des stimulations expérimentales ont proposé un modèle explicatif issu des hypothèses référentielles proposées initialement par Jeannerod et collaborateurs (Jeannerod et Biguer, 1987, 1989 ; Ventre et Faugier-Grimaud, 1986 ; Ventre et al., 1984). Comme nous l'avons vu plus haut, sur la base de travaux chez le chat, Ventre et al. (1984) firent l'hypothèse qu'une représentation de l'espace centrée sur le milieu du corps était nécessaire pour fournir une position du corps dans l'espace, se représenter cet espace et pouvoir y agir. Le maintien de la position de cette référence au niveau du milieu sagittal serait assuré par le fonctionnement symétrique des deux hémisphères, une lésion unilatérale produisant au contraire une activité asymétrique induisant un déplacement des coordonnées égocentriques vers une nouvelle position située dans l'hémiespace ipsilésionnel, ainsi qu'un biais spatial prenant la forme d'une négligence pour l'hémiespace contralésionnel (Figure 2). Ainsi, pour la plupart des auteurs ayant utilisé les stimulations expérimentales dans le but de réduire la NSU, ces stimulations, délivrant des informations visuelles et/ou vestibulaires et/ou proprioceptives, agiraient sur la construction de la référence égocentrique et modifieraient sa position. Les stimulations du côté gauche¹ déplaceraient donc la référence égocentrique du côté gauche, venant ainsi restaurer la correspondance entre la position de la référence égocentrique et la représentation somatotopique du milieu sagittal et corriger la déviation ipsilésionnelle de cette référence à la suite de la lésion pariétale droite (Figure 2). C'est donc par un rétablissement transitoire de la position de la référence égocentrique que l'on observerait une rémission temporaire de la NSU.

Cette interprétation se base sur trois présupposés : premièrement, il faut considérer qu'il existe systématiquement, à la suite d'une lésion

1. Eau froide dans l'oreille gauche, fond visuel en mouvement se déplaçant du côté gauche, rotation du tronc, vibration des muscles de la nuque du côté gauche.

pariétale droite, une déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique ; deuxièmement, cette déviation est censée être la cause de la NSU ; troisièmement, la stimulation est vue comme agissant directement sur la position de la référence égocentrique. Mais, comme nous allons le voir, plusieurs recherches ne confirment pas ces assertions.

STIMULATIONS EXPÉRIMENTALES ET POSITION DE LA RÉFÉRENCE ÉGOCENTRIQUE

Si les différentes stimulations à même de réduire la négligence présentent un intérêt indéniable non seulement pour la prise en charge clinique des patients mais également à un niveau heuristique, il n'en reste pas moins que, comme nous venons de le voir, les mécanismes par lesquels elles entraînent cette rémission transitoire ne sont pas clairement élucidés. L'hypothèse d'une correction de la position de la référence égocentrique par l'application d'une stimulation proprioceptive et/ou vestibulaire est la plus répandue actuellement (Karnath, 1997 ; Vallar et al., 1997, voir Chokron, 1998, pour revue). Cette hypothèse sous-tend que la NSU est due à une déviation de la référence égocentrique et est donc étroitement liée aux hypothèses référentielles comme nous l'avons vu. Mais, comme nous l'exposons ici, un certain nombre d'arguments expérimentaux viennent infirmer ce type d'interprétation, remettant ainsi en question, d'une part, un lien de cause à effet entre position de la référence égocentrique et NSU et, d'autre part, une action des stimulations uniquement en termes de déplacement de la référence égocentrique.

La déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique n'est pas systématique chez les patients négligents

Tout d'abord, même si certaines études ont rapporté une déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique chez les patients négligents gauches (Chokron et Imbert, 1995 ; Heilman, Bowers et Watson, 1983 ; Karnath, 1994a, 1994c), il est important de noter que de récentes études ont montré que l'association entre déviation ipsilésionnelle de la référence et signes de négligence gauche est loin d'être systématique. La

position de cette référence semble en effet pouvoir être déviée à droite du milieu sagittal objectif mais également à gauche de celui-ci, ou encore ne pas être déviée chez les patients cérébrólésés droits souffrant de NSU gauche, démontrant ainsi l'absence de corrélation significative entre la position de la référence égocentrique et les signes de NSU (Bartolomeo et Chokron, 1999 ; Chokron et Bartolomeo, 1997, 1998 ; Farne, Ponti et Ladavas, 1998 ; Hasselbach et Butter, 1997 ; Perenin, 1997).

La déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique n'est pas corrélée à la sévérité de la NSU

Comme nous venons de le voir, il n'existe pas d'association systématique entre une déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique et les signes de NSU gauche, comme le proposent les hypothèses référentielles. Cela va même plus loin puisqu'il semblerait que, dès que l'on augmente le nombre de patients testés, on observe une double dissociation entre position de la référence égocentrique et NSU chez les patients cérébrólésés droits². Si tel est le cas, loin d'être interprétée comme une cause de la NSU, la déviation de la référence égocentrique doit donc être considérée comme un signe de négligence pouvant n'apparaître que chez certains patients, tout comme le biais que l'on peut observer en bissection, ou lors d'autres tâches spatiales.

La déviation de la référence égocentrique n'est pas spécifique de la NSU

Le fait qu'il puisse exister une déviation de la référence égocentrique significative sans aucun signe de négligence remet sérieusement en question l'hypothèse d'un lien de cause à effet entre ces deux éléments.

2. Heilman et al. (1983, N = 5) ; Karnath et al. (1994, N = 3) ; Chokron et Imbert (1995, N = 1), Chokron et Bartolomeo (1997, N = 6) ; Chokron et Bartolomeo (1999, N = 12) ; Bartolomeo et Chokron (1999, N = 25).

Rappelons en effet que la position de la référence égocentrique peut être déviée en l'absence de signe de NSU chez des patients ataxiques (Perenin, 1997), chez des patients hémianopsiques (Fuchs, 1920 ; Kerkhoff, 1993), chez des patients vestibulo-lésés (Hörnstein, 1979) ainsi que chez des patients cérébrolésés droits, souffrant d'un déficit moteur gauche (Chokron et Bartolomeo, 1997, 1998).

Pour prendre en compte ces phénomènes, deux approches sont possibles. La première consiste à rejoindre l'hypothèse princeps de Jeannerod et Biguer (1987), proposant que la déviation de la référence égocentrique est un signe non spécifique du à la présence d'un déséquilibre d'activation des structures qui contribuent à la construction de la référence égocentrique. Dans ce cadre précis, la position de la référence égocentrique est vue comme une conséquence et non une cause de la NSU.

La deuxième approche consiste à postuler l'existence d'au moins deux troubles pour qu'un patient présente des signes de NSU : une déviation de la référence plus un trouble attentionnel, touchant essentiellement la composante d'orientation automatique de l'attention (Karnath, 1997).

Dans un cas comme dans l'autre, on accepte donc l'idée qu'une déviation de la référence à elle seule ne peut générer une NSU.

La NSU peut intéresser différents cadres de référence

Les signes de NSU peuvent s'observer dans différents cadres de référence centrés sur l'observateur (rétinocentrique, céphalocentrique, égocentrique), sur l'environnement, ou sur l'objet (Bisiach et al., 1986 ; Gainotti, Messerli et Tissot, 1972 ; Humphreys et Riddoch, 1994 ; Ladavas, 1987), et peuvent intéresser la dimension horizontale ou verticale (Rapcsak, Cimino et Heilman, 1988 ; Shelton, Bowers et Heilman, 1990), l'espace proche ou lointain (Covey, Small et Ellis, 1994 ; Halligan et Marshall, 1991). Toutes ces dissociations sont difficilement compatibles avec une explication en termes d'atteinte du seul cadre de référence égocentrique. D'autant que, pour certains patients, la négligence ne s'exprime pas dans le référentiel égocentrique, ou ne s'accompagne pas de déviation de la référence égocentrique (Bartolomeo et Chokron, 1999 ; Chokron et Bartolomeo, 1997).

Rémission transitoire et position de la référence égocentrique

De la même manière que la déviation de la référence n'est pas spécifique de la NSU, comme nous l'avons vu, toutes les études montrent que les stimulations expérimentales ne semblent pas jouer uniquement sur le référentiel égocentrique. Déjà Rubens, en 1985, décrivait les patients négligents après SVC comme plus alertes, plus attentifs, semblant réaliser les tâches plus rapidement, et surtout vérifiant leur travail. Par ailleurs, on sait que la SVC et la SOC agissent aussi sur la conscience des troubles et le délire somatophrénique (Rode et al., 1992 ; Vallar, Bottini, Sterzi, Passerini et Rusconi, 1991), l'hémianopsie latérale homonyme (Marshall et Maynard, 1983), l'hémianesthésie (Vallar et al., 1990, 1991, 1993), le déficit du sens positionnel (Vallar et al., 1993, 1995).

Ainsi, même si ces stimulations agissent sur la position de la référence égocentrique, elles ont indéniablement un effet plus large qui semble améliorer l'alerte, l'orientation attentionnelle, le contrôle, et même la conscience des troubles. De ce fait, on ne peut utiliser l'effet de ces stimulations comme un moyen de confirmer les hypothèses référentielles.

Les stimulations modifient le biais observé chez les patients négligents sans forcément réduire les signes de négligence

Bisiach, Pizzamiglio, Nico et Antonucci (1996) ont montré qu'il était possible de mettre en évidence, au cours d'une tâche d'estimation du milieu subjectif d'une ligne, une modification du comportement négligent de cérébrolésés droits pendant une SOC sans toutefois que cette stimulation n'entraîne de véritable amélioration. En effet, les auteurs notent pendant la SOC l'apparition chez les patients négligents gauche d'une déviation significative à gauche, au lieu de la classique déviation à droite, mais en aucun cas on n'assiste à une disparition transitoire du comportement asymétrique de ces patients. Ceci pose donc la question de la nature des effets produits par les stimulations. Il se peut que, loin d'avoir un effet "correcteur", elles entraînent en fait un autre biais qui vient, dans certains cas, contrebalancer le biais pré-existant des patients

mais qui, dans d'autres conditions expérimentales comme celles de Bisiach et al., affecte les performances. Ceci repose alors la question du niveau auquel interviennent ces stimulations : attentionnel ou référentiel ?

Autres moyens de réduire la NSU et référence égocentrique

Depuis plusieurs dizaines d'années de nombreuses méthodes ont été testées pour réduire les signes de NSU gauche. Ces méthodes ont visé à rétablir une exploration visuelle et motrice de l'hémiespace gauche négligé, à diminuer le degré d'activation de l'hémisphère gauche afin de réduire le déséquilibre d'activation inter-hémisphérique, à orienter explicitement et/ou implicitement l'attention vers l'hémiespace négligé, à restaurer les capacités de représentation de l'hémiespace gauche (voir pour revue, Chokron, 1998). Plusieurs de ces méthodes, comme l'indilage visuel (Riddoch et Humphreys, 1983), et spatio-moteur (Robertson et North, 1992, 1993), ou la manipulation du sens de l'exploration visuelle et motrice (Chokron et Bartolomeo, 1997, 1998 ; Chokron et al., 1997, 1998 ; Chokron et Imbert, 1995 ; Mattingley et al., 1994 ; Reuter-Lorenz et Posner, 1990), se sont avérées efficaces pour aider les patients négligents à prendre en compte l'hémiespace contralésionnel négligé. Ceci confirme donc que l'on peut obtenir une régression des signes de négligence gauche sans forcément intervenir sur la structure du référentiel égocentrique.

Difficultés à créer des signes de NSU expérimentalement chez des sujets normaux, et absence d'aggravation des signes de NSU à la suite d'une stimulation du côté droit

Enfin, le dernier point qui va à l'encontre d'un lien de cause à effet entre position de la référence égocentrique et NSU concerne l'impossibilité de créer des signes de négligence chez les sujets normaux. Même si l'on peut expérimentalement dévier la position de la référence chez les sujets normaux grâce à la SVC (Karnath, 1994c ; Morant, 1959), la

rotation du tronc (Chokron et Imbert, 1995), la vibration des muscles de la nuque (Lackner et Levine, 1979), la stimulation optocinétique (Brecher, Brecher, Kommerell, Sauter et Sellerbeck, 1972), le port de prismes (Rossetti et al., 1998), la fixation d'une cible visuelle (Chokron et Imbert, 1993 ; Jeannerod et Biguer, 1989), aucun signe de négligence n'a pour l'instant été mis en évidence chez les sujets normaux après ces stimulations.

On est donc forcé d'en déduire, une fois de plus, que si la négligence affecte la structure du référentiel égocentrique, cette perturbation ne suffit pas en revanche à créer des signes de négligence. Il faut faire l'hypothèse d'un autre trouble ou d'un ensemble d'autres troubles responsables du comportement caractéristique des patients négligents.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette courte revue de la littérature était destinée à exposer et à discuter l'effet positif des stimulations expérimentales sur la NSU. L'interprétation de ces effets s'est essentiellement faite dans le cadre des hypothèses référentielles. En effet, les hypothèses référentielles proposent une déviation de la référence égocentrique et ont utilisé l'effet des stimulations pour montrer que, si l'on rétablissait la position de la référence, on pouvait obtenir une rémission de la négligence. Par ailleurs, puisque l'on sait que ces stimulations mettent en jeu les informations vestibulaires et proprioceptives, il semblait évident d'interpréter leur effet uniquement en termes d'une modification de la structure des référentiels spatiaux. Nous avons essayé de mettre l'accent sur la difficulté à mettre en relation l'atteinte du référentiel égocentrique et les signes de NSU. Il semble prématuré, comme nous l'avons montré, de raisonner en termes de relation de cause à effet. Avant de faire de la déviation ipsilésionnelle de la référence égocentrique la cause de la NSU, il faudrait pouvoir en affirmer la systématisme et la spécificité dans la NSU, ce qui est loin d'être le cas, comme nous l'avons vu. Pour cette raison, il nous semble plus raisonnable d'imaginer que cette distorsion est une manifestation du comportement négligent, au même titre que la déviation du milieu subjectif en bissection. De ce fait, si l'on conçoit que les stimulations expé-

rimentales présentées ici n'agissent pas uniquement sur la structure du référentiel égocentrique, il est indispensable d'élucider si leur effet peut être interprété en termes attentionnels. Le développement de ces recherches semble nécessaire non seulement pour compléter nos connaissances sur le lien entre la façon dont l'espace est représenté, et la façon dont l'attention y est orientée tant à l'état normal qu'à la suite d'une lésion cérébrale, mais également à des fins thérapeutiques puisque la NSU reste un trouble sévèrement invalidant chez les patients cérébrolésés droits.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a bénéficié du soutien de la Région Rhone-Alpes (Contrats Arrash et Thematique).

ABSTRACT

We present in this paper the positive effects of some experimental stimulations using vestibular and/or proprioceptive inputs on neglect signs. The theoretical implications for the understanding of the neglect syndrome are discussed.

RÉFÉRENCES

- Abkarian, S., Grusser, O. J., & Guldin, W. O. (1993). Corticofugal projections to the vestibular nuclei in squirrel monkey: further evidence of multiple cortical vestibular fields. *Journal of Comparative Neurology*, *332*, 89-104.
- Andersen, R. A. (1994). Coordinate transformation and motor planning in posterior parietal cortex. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 519-532). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Andersen, R. A., Essik, G. K., & Siegel, R. M. (1985). Encoding of spatial location by posterior parietal neurons. *Science*, *230*, 456-458.

- Bartolomeo, P., & Chokron, S. (1999). Egocentric frame of reference: its role in spatial bias after right hemisphere lesions. *Neuropsychologia*, *37*, 881-894.
- Bartolomeo, P., D'Erme, P., & Gainotti, G. (1994). The relationship between visuospatial and representational neglect. *Neurology*, *44*, 1710-1714.
- Belin, C., Perrier, D., Cambier, J., & Larmande, P. (1988). Influence de la déviation pathologique du regard par lésion du tronc cérébral sur l'équilibre inter-hémisphérique. *Neuropsychologia*, *19*, 753-758.
- Biguer, B., Donaldson, I. M. L., Hein, A., & Jeannerod, M. (1988). Neck muscle vibration modifies the representation of visual motion and direction in man. *Brain*, *111*, 1405-1424.
- Bisiach, E., & Luzzatti, C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, *14*, 129-133.
- Bisiach, E., Perani, D., Vallar, G., & Berti, A. (1986). Unilateral neglect: personal and extrapersonal. *Neuropsychologia*, *24*, 759-767.
- Bisiach, E., Pizzamiglio, L., Nico, D., & Antonucci, G. (1996). Beyond unilateral neglect. *Brain*, *119*, 851-857.
- Bottini, G., Sterzi, R., Paulesu, E., Vallar, G., Cappa, S. F., Erminio, F., Passingham, R. E., Frith, C. D., & Frackowiack, R. S. (1994). Identification of the central vestibular projections in man: a positron emission tomography activation study. *Experimental Brain Research*, *99*, 164-169.
- Brain, R. W. (1941). Visual disorientation with special reference to lesion of the right brain hemisphere. *Brain*, *64*, 244-272.
- Brecher, G. A., Brecher, M. H., Kommerell, G., Sauter, F. A., & Sallerbeck, J. (1972). Relation of optical and labyrinthine orientation. *Opt. Acta*, *19*, 467-471.
- Buttner, U., & Buettner, U. W. (1978). Parietal cortex (2V) neuronal activity in the alert monkey during vestibular and optokinetic stimulation. *Brain Research*, *22*, 392-397.
- Cappa, S. F., Sterzi, R., Vallar, G., & Bisiach, E. (1987). Remission of hemineglect and anosognosia during vestibular stimulation. *Neuropsychologia*, *25*, 775-782.
- Chain, F., Leblanc, M., Chedru, F., & Lhermitte, F. (1979). Négligence visuelle dans les lésions postérieures de l'hémisphère gauche. *Revue Neurologique*, *135*, 105-126.
- Chokron, S. (1998). Prise en charge neuropsychologique des troubles neurovisuels d'origine centrale. In C. Belin, M. Boucart, & M. A. Henaff (Eds.), *La vision : aspects perceptifs et cognitifs*. Marseille: Solal.
- Chokron, S., & Bartolomeo, P. (1997). Patterns of dissociation between left hemineglect and deviation of the egocentric reference. *Neuropsychologia*, *35*, 1503-1508.

- Chokron, S., & Bartolomeo, P. (1998). Position of the egocentric reference and directional arms movements in right-brain damaged patients. *Brain and Cognition*, *37*, 405-418.
- Chokron, S., & Bartolomeo, P. (1999). Pointing straight ahead: Reversed patterns of performance in right-brain damaged patients with or without extensive parietal lesion. *Brain and Cognition*, *40*, 79-84.
- Chokron, S., Bartolomeo, P., Perenin, M. T., Helft, G., & Imbert, M. (1998). Scanning direction and line bisection: a study of normal subjects and unilateral neglect patients with opposite reading habits. *Cognitive Brain Research*, *7*, 174-178.
- Chokron, S., Bernard, J. M., & Imbert, M. (1997). Length representation in normal and neglect subjects with opposite reading habits studied through a line extension task. *Cortex*, *33*, 47-64.
- Chokron, S., & De Agostini, M. (1995). Reading habits and line bisection: a developmental approach. *Cognitive Brain Research*, *3* (1), 51-58.
- Chokron, S., & Imbert, M. (1993). Egocentric reference and asymmetric perception of space. *Neuropsychologia*, *31*, 775-782.
- Chokron, S., & Imbert, M. (1995). Variations of the egocentric reference among normal subjects and a patient with unilateral neglect. *Neuropsychologia*, *33*, 703-711.
- Chokron, S., Perenin, M. T., & Imbert, M. (1993). Scanning direction and line bisection. *Perception*, *22*, 120.
- Cowey, A., Small, M., & Ellis, S. (1994). Left visuo-spatial neglect can be worse in far than in near space. *Neuropsychologia*, *32*, 1059-1066.
- Farne, A., Ponti, F., & Ladavas, E. (1998). In search for biased egocentric reference frames in neglect. *Neuropsychologia*, *36*, 611-623.
- Fredrickson, J. M., Scheid, P., Figge, U., & Kornhuber, H. H. (1966). Vestibular nerve projection to the cerebral cortex of the rhesus monkey. *Experimental Brain Research*, *2*, 318-327.
- Friberg, L., Olsen, T. S., Roland, P. E., Paulson, O. B., & Lassen, N. A. (1985). Focal increase of blood flow in the cerebral cortex of man during vestibular stimulation. *Brain*, *108*, 609-623.
- Fuchs, W. (1920). Untersuchung über das sehen der Hemianopiker und Hemiamblyopiker. *Zeitschrift für Psychologie, Physiologie Sinnersorg.*, *84*, 67-169.
- Gainotti, G. (1993). The role of spontaneous eye movements in orienting attention and in unilateral neglect. In I. H. Robertson & J. C. Marshall (Eds.), *Unilateral neglect: Clinical and experimental studies* (pp. 107-122). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gainotti, G. (1994). The dilemma of unilateral spatial neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, *4* (2), 127-132.

- Gainotti, G., Messerli, P., & Tissot, R. (1972). Qualitative analysis of unilateral spatial neglect in relation to the laterality of cerebral lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, *35*, 545-550.
- Geminiani, G., & Bottini, G. (1992). Mental representation and temporary recovery from unilateral neglect after vestibular stimulation [letter]. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, *55*, 332-333.
- Goodwin, G. M., McCloskey, D. I., & Matthews, P. B. C. (1972). Proprioceptive illusions induced by muscle vibration: contribution by muscle spindles to perception? *Science*, *175*, 1382-1384.
- Gopher, D. (1973). Eye movements patterns in selective listening tasks of focused attention. *Perceptual Psychophysics*, *14*, 259-264.
- Guariglia, C., Lippolis, G., & Pizzamiglio, L. (1998). Somatosensory stimulation improves imagery disorders in neglect. *Cortex*, *34*, 233-241.
- Halligan, P. W., & Marshall, J. C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. *Nature*, *350*, 498-500.
- Hasselbach, M., & Butter, C. M. (1997). Ipsilesional displacement of egocentric midline in neglect patients with, but not in those without, extensive right parietal damage. In P. Thier & H.-O. Karnath (Eds.), *Parietal lobe contributions to orientation in 3D space* (Vol. 120, pp. 217-228). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hécaen, H. (1972). Clinical symptomatology in right and left hemispheric lesions. In V. B. Mountcastle (Ed.), *Interhemispheric relations and cerebral dominance* (pp. 215-243). Baltimore, MD: John Hopkins Press.
- Hécaen, H., Ajuriaguerra, J., & Massonet, J. (1951). Les troubles visuo-constructifs par lésion pariéto-occipitale droite. Rôle des perturbations vestibulaires. *L'Encéphale*, *40*, 122-179.
- Heilman, K., & Valenstein, E. (1979). Mechanisms underlying hemispatial neglect. *Annals of Neurology*, *5*, 166-170.
- Heilman, K. M., Bowers, D., & Watson, R. T. (1983). Performance on hemispatial pointing task by patients with neglect syndrome. *Neurology*, *33*, 661-664.
- Heilman, K. M., Watson, R. T., & Valenstein, E. (1993). Neglect and related disorders. In K. M. Heilman & E. Valenstein (Eds.), *Clinical neuropsychology* (3rd ed., pp. 279-336). New York: Oxford University Press.
- Honoré, J. (1982). Posture oculaire et attention sélective à des stimuli cutanés. *Neuropsychologia*, *20*, 727-730.
- Hörnstein, G. (1979). Constant error of visual egocentric orientation in patients with acute vestibular disorder. *Brain*, *102*, 685-700.
- Howard, I. P., & Ohmi, M. (1984). The efficiency of the central and peripheral retina in driving human optokinetic nystagmus. *Vision Research*, *24*, 969-976.

- Humphreys, G. W., & Riddoch, J. A. (1994). Attention to within-object and between-object spatial representations: multiples sites for visual selection. *Cognitive Neuropsychology*, *11*, 207-241.
- Jeannerod, M. (1988). *The neural and behavioral organization of goal-directed movements*. Oxford: Oxford University Press.
- Jeannerod, M., & Biguer, B. (1987). The directional coding of reaching movements. A visuomotor conception of visuospatial neglect. In M. Jeannerod (Ed.), *Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect* (Vol. 45, pp. 87-113). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Jeannerod, M., & Biguer, B. (1989). Référence égocentrique et espace représenté. *Revue Neurologique*, *145*, 365-369.
- Karnath, H.-O. (1994a). Disturbed coordinate transformation in the neural representation of space as the crucial mechanism leading to neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, *4* (2), 147-150.
- Karnath, H.-O. (1994b). Spatial limitation of eye movements during ocular exploration of simple line drawings in neglect syndrome. *Cortex*, *30*, 319-330.
- Karnath, H.-O. (1994c). Subjective body orientation in neglect and the interactive contribution of neck muscle proprioception and vestibular stimulation. *Brain*, *117*, 1001-1012.
- Karnath, H.-O. (1997). Neural encoding of space in egocentric coordinates? Evidence for and limits of a hypothesis derived from patients with parietal lesions and neglect. In P. Thier & H.-O. Karnath (Eds.), *Parietal lobe contributions to orientation in 3D space* (pp. 497-520). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Karnath, H.-O., Christ, K., & Hartje, W. (1993). Decrease of contralateral neglect by neck muscle vibration and spatial orientation of trunk midline. *Brain*, *116*, 383-396.
- Karnath, H.-O., & Fetter, M. (1995). Ocular space exploration in the dark and its relation to subjective and objective body orientation in neglect patients with parietal lesions. *Neuropsychologia*, *33*, 371-377.
- Karnath, H.-O., Schenkel, P., & Fischer, B. (1991). Trunk orientation as the determining factor of the contralateral deficit in the neglect syndrome and as the physical anchor of the internal representation of body orientation in space. *Brain*, *114*, 1997-2014.
- Kerkhoff, G. (1993). Displacement of the egocentric visual midline in altitudinal postchiasmatic scotomata. *Neuropsychologia*, *31*, 261-265.
- Lackner, J. R. (1988). Some proprioceptive influences on the perceptual representation of body shape and orientation. *Brain*, *111*, 281-297.
- Lackner, J. R., & Levine, M. S. (1979). Changes in apparent body orientation and sensory localization induced by vibration of postural muscles: vibratory

- myesthetic illusions. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, *50*, 346-354.
- Ladavas, E. (1987). Is the hemispacial deficit produced by right parietal lobe damage associated with retinal or gravitational coordinates? *Brain*, *110*, 167-180.
- Larmande, P., Blanchard, F., Sintès, J., Belin, C., & Autret, A. (1984). Test d'écoute dichotique verbal et non verbal chez le sujet normal: influence de l'état d'activation hémisphérique chez les sujets normaux musiciens et non-musiciens. *Revue Neurologique*, *140*, 49-54.
- Larmande, P., & Cambier, J. (1981). Influence de l'état d'activation hémisphérique sur le phénomène d'extinction sensitive chez 10 patients atteints de lésion hémisphérique droite. *Revue Neurologique*, *137*, 285-290.
- Larmande, P., Elghozi, D., Sintès, J., Bigot, T., & Autret, A. (1983). Test d'écoute dichotique verbal et non verbal chez le sujet normal: influence de l'état d'activation hémisphérique. *Revue Neurologique*, *139*, 65-69.
- Marshall, C. R., & Maynard, R. M. (1983). Vestibular stimulation for supranuclear gaze palsy: case report. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *64*, 134-146.
- Mattingley, J. B., Bradshaw, J. L., & Bradshaw, J. A. (1994). Horizontal visual motion modulates focal attention in left unilateral spatial neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, *57*, 1228-1235.
- Meador, K. J., Loring, D. W., Bowers, D., & Heilman, K. M. (1987). Remote memory and neglect syndrome. *Neurology*, *37*, 522-526.
- Morant, R. B. (1959). The visual perception of median plane as influenced by labyrinthian stimulation. *Journal of Psychology*, *101*, 140-146.
- Ödkvist, L. M., Schwarz, D. W. F., Fredrickson, J. M., & Hassler, R. (1974). Projection of the vestibular nerve to the area 3a arm field in the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). *Experimental Brain Research*, *21*, 97-105.
- Penfield, W., & Jasper, H. (1954). *Epilepsy and the functional anatomy of the brain*. Boston, MA: Brown.
- Perenin, M.-T. (1997). Optic ataxia and unilateral neglect: Clinical evidence for dissociable spatial fonctions in posterior parietal cortex. In P. Thier & H.-O. Karnath (Eds.), *Parietal lobe contributions to orientation in 3D-space* (pp. 289-308). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Pizzamiglio, L., Frasca, R., Guariglia, C., Incoccia, C., & Antonucci, G. (1990). Effect of optokinetic stimulation in patients with visual neglect. *Cortex*, *26*, 535-540.
- Rapsak, S. Z., Cimino, C. R., & Heilman, K. M. (1988). Altitudinal neglect. *Neurology*, *38*, 277-281.

- Redding, G. M., & Wallace, B. (1996). Adaptive spatial alignment and strategic perceptual-motor control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 379-394.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Posner, M. I. (1990). Components of neglect from right-hemisphere damage: An analysis of line bisection. *Neuropsychologia*, 28 (4), 327-333.
- Riddoch, J. A., & Humphreys, G. W. (1983). The effect of cueing on unilateral neglect. *Neuropsychologia*, 21, 589-599.
- Robertson, I. H., & North, N. (1992). Spatio-motor cueing in unilateral left neglect: the role of hemispace, hand and motor activation. *Neuropsychologia*, 30, 553-563.
- Robertson, I. H., & North, N. (1993). Active and passive activation of left limbs: Influence on visual and sensory neglect. *Neuropsychologia*, 31, 293-300.
- Rode, G., Charles, N., Perenin, M. T., Vighetto, A., Trillet, M., & Aymard, G. (1992). Partial remission of hemiplegia and somatoparaphrenia through vestibular stimulation in a case of unilateral neglect. *Cortex*, 28, 203-208.
- Rode, G., & Perenin, M.-T. (1994). Temporary remission of representational hemineglect through vestibular stimulation. *NeuroReport*, 5, 869-872.
- Rode, G., Perenin, M. T., & Boisson, D. (1996). Neglect of the physical space and neglect of the representational space. Consequences for rehabilitation. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 39, 165-169.
- Rossetti, Y., Koga, K., & Mano, T. (1993). Prismatic displacement of vision induces transient changes in the timing of eye-hand coordination. *Perception and Psychophysics*, 54, 355-364.
- Rossetti, Y., Rode, G., Pisella, L., Farne, A., Li, L., Boisson, D., & Perenin, M.-T. (1998). Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect. *Nature*, 395, 166-169.
- Rubens, A. B. (1985). Caloric stimulation and unilateral visual neglect. *Neurology*, 35, 1019-1024.
- Schwartz, D. W., & Fredrickson, J. M. (1971). Rhesus monkey vestibular cortex: a bimodal primary projection field. *Science*, 16, 280-281.
- Shelton, P. A., Bowers, D., & Heilman, K. M. (1990). Peripersonal and vertical neglect. *Brain*, 113, 191-205.
- Silberpfennig, J. (1941). Contributions to the problem of eye movements. III. Disturbances of ocular movements with pseudo hemianopsia in frontal tumors. *Confin. Neurol.*, 4, 1-13.
- Storrie-Baker, H. J., Segalowitz, S. J., Black, S. E., McLean, J. A. G., & Sullivan, N. (1997). Improvement of hemispatial neglect with cold-water calorics: an electrophysiological test of the arousal hypothesis of neglect. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 394-402.

- Sugita, Y. (1996). Global plasticity in adults visual cortex following reversal of visual input. *Nature*, 380, 523-526.
- Taylor, J. L., & McCloskey, D. I. (1991). Illusions of head and visual target displacement induced by vibration of neck muscles. *Brain*, 114, 755-759.
- Vallar, G., Antonucci, G., Guariglia, C., & Pizzamiglio, L. (1993). Deficits of position sense, unilateral neglect and optokinetic stimulation. *Neuropsychologia*, 31, 1191-1200.
- Vallar, G., Bottini, G., Rusconi, M. L., & Sterzi, R. (1993). Exploring somatosensory neglect by vestibular stimulation. *Brain*, 116, 71-86.
- Vallar, G., Bottini, G., Sterzi, R., Passerini, D., & Rusconi, M. L. (1991). Hemianesthesia, sensory neglect by and defective access to conscious experience. *Neurology*, 41, 650-652.
- Vallar, G., Guariglia, C., Magnotti, L., & Pizzamiglio, L. (1995). Optokinetic stimulation affects both vertical and horizontal deficits of position sense in unilateral neglect. *Cortex*, 31, 669-683.
- Vallar, G., Guariglia, C., & Rusconi, M. L. (1997). Modulation of neglect syndrome by sensory stimulation. In P. Thier & H.-O. Karnath (Eds.), *Parietal lobe contributions to orientation in 3D space*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Vallar, G., Rusconi, M. L., Barozzi, S., Bernardini, B., Ovadia, D., Papagno, C., & Cesarini, A. (1995). Improvement of left visuo-spatial hemineglect by left-sided transcutaneous electrical stimulation. *Neuropsychologia*, 33, 73-82.
- Vallar, G., Sterzi, R., Bottini, G., & Rusconi, M. L. (1990). Temporary remission of left hemianesthesia after vestibular stimulation. A sensory neglect phenomenon. *Cortex*, 26, 123-131.
- Ventre, J., & Faugier-Grimaud, S. (1986). Effects of posterior parietal lesions (area 7) on VOR in mokeys. *Experimental Brain Research*, 62, 654-658.
- Ventre, J., Flandrin, J. M., & Jeannerod, M. (1984). In search for the egocentric reference. A neuropsychological hypothesis. *Neuropsychologia*, 22, 797-806.
- Wolfe, H. K. (1923). On the estimation of the middle of the lines. *The American Journal of Psychology*, 34, 313-358.