

PERCEPTION DE L'ESPACE DU CORPS ET ACTION

Jacques Honoré¹, Christelle Richard¹ et Franck Mars²

¹Laboratoire de Neurosciences du Comportement, Université de Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

²UMR-CNRS Mouvement et Perception, Faculté des Sciences du Sport, Case postale 910, 163, avenue de Luminy, F-13288 Marseille Cedex 09.

Les notions d'espaces corporel et péricorporel sont centrales en psychologie et en neurologie. Ce chapitre en montre la pertinence à l'aide de données de la psychophysique et de la neuropsychologie humaines, sans prétendre à l'exhaustivité dans un champ d'étude aussi vaste. L'objectif est d'illustrer l'incidence, sur l'action, d'une altération de la perception de ces espaces, à partir d'exemples de situations provoquant chez le sujet sain une désorientation dans l'espace du corps (première partie), ou de pathologies modifiant les caractéristiques des espaces corporel et péricorporel (seconde partie).

1. Désorientation dans l'espace du corps

Avant d'examiner comment un mouvement exécuté en l'absence de vision peut occasionner une désorientation dans l'espace du corps, il est sans doute utile de rappeler avec Gallagher (1986) et Paillard (1987, 1999) que la représentation du corps comporte plusieurs niveaux et que l'usage de la terminologie qui s'y rapporte est parfois confus. Ces deux auteurs renvoient aux définitions de Head et Holmes (1911) et distinguent notamment le schéma corporel de l'image du corps. L'image du corps est une représentation consciente de l'expérience tactile, visuelle et sensorimotrice que nous avons de notre corps; elle possède une composante émotionnelle. Le schéma corporel est un standard auquel sont rapportés les changements de posture, avant qu'ils n'entrent dans le champ de la conscience.

1.1. Désorientation après un mouvement exécuté sans contrôle visuel

Dans l'observation déjà ancienne de Hoff et Schilder (1927), rapportée par Buytendijk (1957, p. 237), le sujet étend les bras à l'horizontale et ferme les yeux. Après une élévation passive d'un bras, d'une soixantaine de centimètres pendant trente secondes, l'expérimentateur demande au sujet de ramener le membre déplacé à la même hauteur que l'autre. On constate alors que le mouvement s'arrête nettement au-dessus du membre resté immobile. L'erreur de positionnement relatif des segments atteint facilement une dizaine de centimètres. Le délai est-il indispensable pour que de tels effets apparaissent ? Autrement dit, est-ce la dégradation de la mémoire du mouvement qui est à l'origine de l'erreur constatée ? Il

ne semble pas que ce soit le cas. Dans l'expérience de Mars et al. (1998), sur laquelle nous reviendrons, les sujets commettent une erreur similaire juste après le déplacement.

Quels enseignements tirer de ce phénomène robuste ? En termes de mouvement, il semble que, dans ces conditions sensorielles appauvries où le sujet ne dispose que d'indices proprioceptifs, le mouvement nécessaire pour atteindre la cible, à savoir la position perçue de l'autre bras, soit sous-estimé. Autrement dit, le déplacement correspondant à une quantité donnée de mouvement est surestimé. L'hypométrie des mouvements réalisés vers une cible, en boucle ouverte (en l'absence d'indices visuels) est compatible avec cette hypothèse (voir Magne et Coello, ce volume).

En termes de positions relatives, il est remarquable qu'une fois le mouvement achevé, le bras immobile soit perçu à la même hauteur que le bras mobile. Tout se passe comme si l'élévation initiale avait entraîné un glissement de l'image proprioceptive de la cible, introduisant un décalage entre sa position perçue et sa position réelle. Que se passerait-il si la tâche ne consistait plus à repositionner le segment déplacé, mais à indiquer la position d'un autre segment resté immobile ? Compte tenu de ce qui précède, l'une des possibilités est que la réponse du sujet soit entachée d'une erreur liée au décalage des positions perçue et réelle. C'est effectivement ce que suggèrent les données de Werner et de ses collaborateurs (1953). Lorsqu'il a les yeux tournés vers la gauche ou vers la droite, les paupières closes, le sujet fait une erreur en indiquant la direction du tronc resté immobile. Cette observation, où la position du tronc est indiquée par un geste de la main (pointage droit-devant le tronc) et où une erreur de sens opposé à la rotation se produit, a été précisée et confirmée à plusieurs reprises (Jeannerod & Biguer 1989 ; Richard et al., 1998). La rotation de la tête produit un effet similaire (Mars et al., 1998 ; Revol, 2000). Ainsi, le changement de position d'un segment du corps paraît retentir sur la perception de l'orientation des autres segments.

S'il ne semble pas nécessaire de différer le test par rapport au moment où le changement de posture intervient pour constater des signes de désorientation dans l'espace corporel, l'introduction d'un délai d'immobilité n'est pas sans conséquence. L'illusion de retour de la tête, décrite à l'époque de Helmholtz et étudiée plus récemment par Gurfinkel et ses collaborateurs (1992), en donne une illustration frappante : lorsque la tête est maintenue en rotation statique dans l'obscurité, sa position perçue change au fur et à mesure que le temps passe. Chez des sujets particulièrement sensibles à ce type de phénomène, le retour illusoire de la tête en position neutre, centrale, s'opère en une dizaine de minutes d'immobilité. A ces délais, une explication en termes d'adaptation vestibulaire est exclue. Ce retour ne semble pas non plus s'expliquer par une adaptation des récepteurs des muscles du cou puisque le maintien de la position requiert une activité tonique. C'est plutôt une dégradation de l'image du corps qu'il faut invoquer. Les auteurs ajoutent qu'au moment où la tête semble revenue en position neutre, un recentrage réel induit la sensation d'une déviation en sens inverse de la rotation initiale (Gurfinkel & Levik, 1991 ; Gurfinkel et al., 1992). Un phénomène semblable de dérive de l'image du corps a été décrit par Wann et Ibrahim (1992). Dans leur travail, la tâche proposée aux participants était d'estimer la position d'un bras maintenu dans une position donnée. Lorsque le membre n'est pas visible, la position perçue se rapproche du corps avec le temps. Selon les auteurs, focaliser l'attention sur le bras augmenterait l'erreur. Par ailleurs, le phénomène est interrompu mais non corrigé à partir du moment où l'on autorise le sujet à voir brièvement son bras (environ 250 ms toutes les 15 s).

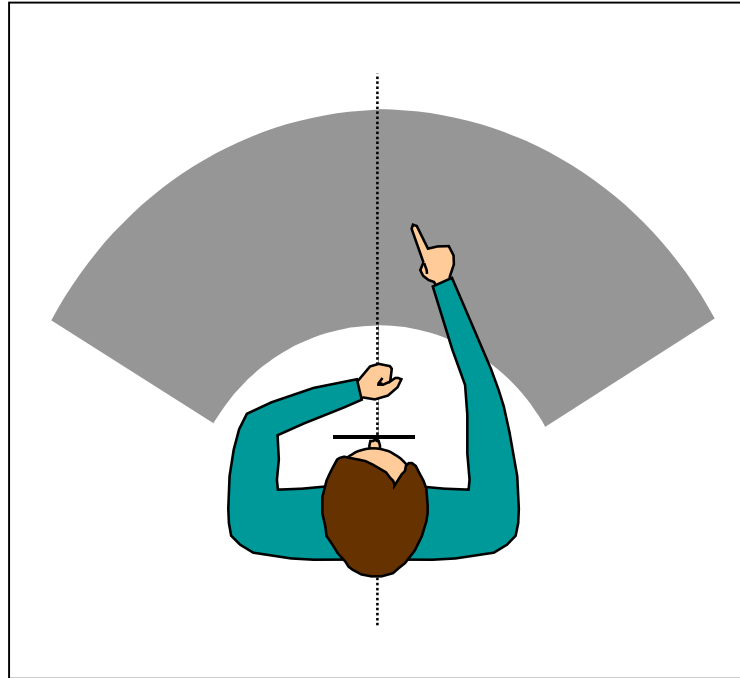


Figure 1 – Schéma du dispositif pour la mesure du pointage droit-devant (Mars et al. 1998 ; Richard et al. 2000). La table en forme de portion de couronne est posée sur des jauges de contraintes. L'ensemble est centré sur le plan sagittal médian du sujet (ligne pointillée), par rapport auquel les erreurs sont mesurées. Un dispositif additionnel (non figuré) permet de maintenir la tête dans la position désirée.

Dans une expérience récente (Mars et al., 1998), nous avons examiné plus avant les effets d'une rotation statique prolongée de la tête sur l'orientation corporelle. La tête tournée à 40° à gauche ou à droite dans l'obscurité, les sujets devaient donner deux indications : la direction droit-devant le tronc par la méthode du pointage manuel (figure 1) et la position de la tête par un procédé analogique tactilo-kinesthésique. Les deux mesures étaient obtenues immédiatement après la rotation, ainsi que 3, 6 et 9 minutes plus tard. Un dernier jeu de mesures était enregistré immédiatement après que la tête ait été ramenée en position centrale. Concernant la position de la tête, on note une surévaluation initiale (de 5°) du changement de position (figure 2). Une illusion de retour se développe ensuite, confirmant les données de Gurfinkel et de ses collaborateurs. L'ampleur de l'illusion, d'une dizaine de degrés, est cependant moindre, vraisemblablement parce que nos sujets n'étaient pas sélectionnés en fonction d'une susceptibilité particulière. Le droit-devant subjectif est décalé du côté opposé à la rotation, et ce décalage diminue avec le temps, à mesure que l'illusion de retour se développe. Lorsque, après 9 minutes, la tête est replacée en position centrale, les sujets la perçoivent tournée à 15° de l'autre côté. A ce moment, la déviation du droit-devant s'inverse, l'amplitude de l'erreur restant proportionnelle à la position subjective de la tête.

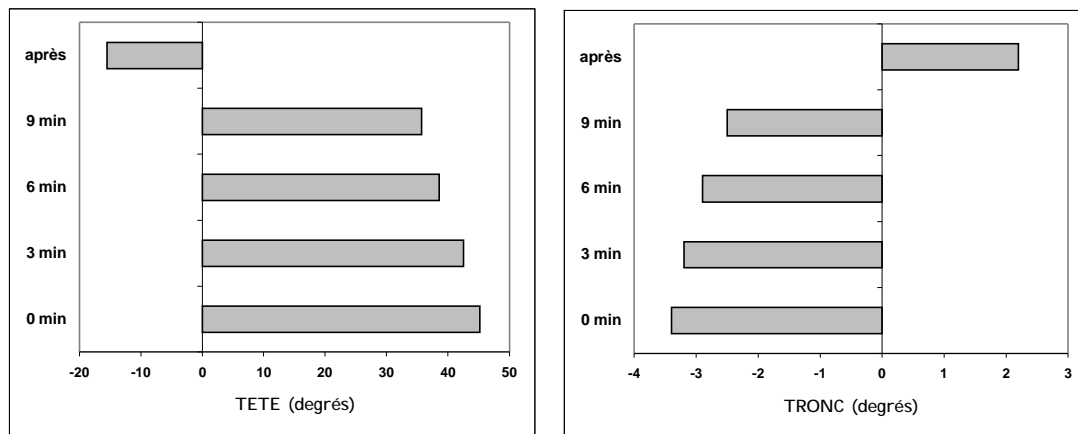


Figure 2 – Perception de l'orientation de la tête et position du pointage droit-devant le tronc du tronc en fonction du délai depuis une déviation passive de la tête (40°). Condition « après » : juste après le recentrage (0°) de la tête. Les valeurs positives correspondent au côté de la rotation initiale. Moyennes sur 8 sujets (d'après Mars et al., 1998)

Ainsi, en l'absence d'information visuelle, le changement de position d'un segment du corps peut être à l'origine d'une désorganisation de la perception de l'espace du corps. De plus, l'immobilité prolongée engendre une dérive de l'image du corps tendant à ramener les segments en position neutre ou proximale.

1.2. Incidence d'une désorientation corporelle sur l'action

Si l'immobilité et l'absence d'indices visuels ont un effet délétère sur l'image du corps, la question se pose de l'incidence de ces phénomènes sur la précision de l'action.

Ce problème a été abordé par Fookson et al. (1994) dans une expérience où la tâche proposée aux participants consistait à pointer vers une cible visuelle mémorisée. A chaque essai, un robot présentait une cible ponctuelle à une position parmi cinq possibles, pendant 1500 ms. A l'extinction de la cible, le sujet fermait les yeux et tournait la tête le plus possible d'un côté. Au signal sonore survenant 1500 ms après l'extinction, il devait pointer vers l'emplacement mémorisé, tout en maintenant la déviation de la tête. Dans ces conditions, une erreur systématique de sens opposé à la rotation de la tête est commise, ce qui est compatible avec l'idée que le changement de position de la tête a engendré un décalage entre les positions réelles et représentées du corps et des cibles. Les auteurs ont vérifié que le simple fait de fermer les yeux n'engendre pas d'erreur notable. Dans une condition contrôle, les sujets maintenaient tout au long de la session un angle tête-tronc de 70° à 75° : les erreurs se révèlent similaires à celles obtenues avec une rotation à chaque essai. Ceci permet d'écartier un effet dynamique, d'origine vestibulaire par exemple.

Cette observation, pour intéressante qu'elle soit, ne nous dit cependant rien sur ce qu'aurait été la précision du geste, dans ces conditions de désorientation corporelle, si la cible était restée visible. Dans une expérience réalisée par Revol, Honoré et Perenin (Revol, 2000), une désorientation était provoquée grâce à une stimulation optocinétique, en l'occurrence des points lumineux se déplaçant horizontalement en continu. Soumis à une telle stimulation, les sujets ont une illusion de rotation du corps dans le sens du mouvement des points. La première tâche proposée, à savoir pointer droit-devant le milieu du tronc, a permis de

constater que le droit-devant subjectif est décalé dans le sens de cette illusion. La seconde tâche consistait à pointer à l'aplomb (indiquer l'azimut) d'une cible visuelle, sans voir la main. L'erreur est alors d'amplitude similaire, mais de sens contraire. Dans la troisième et dernière tâche, les sujets devaient, toujours pendant la stimulation optocinétique, pointer directement sur des cibles visuelles, sans voir leur main. Dans ce cas, les erreurs sont négligeables. Cette expérience montre que dans des conditions de désorientation corporelle, attestée par l'erreur dans la tâche de pointage droit-devant, les sujets ne peuvent diriger correctement leurs mouvements dans une direction calculée (à l'aplomb d'une cible), mais les mouvements directement dirigés vers les objets sont préservés.

Ainsi, lorsque l'image du corps est perturbée par le déplacement d'un segment dans l'obscurité ou par une stimulation optocinétique, un schéma postural intact reste disponible pour l'action immédiate et directe sur l'objet. En revanche, la précision des actions différées (cible mémorisée) ou nécessitant un calcul spatial (aplomb d'une cible) est affectée par la distorsion de l'image du corps.

2. Distorsion des limites des espaces corporel et péricorporel

La géométrie du corps et ses possibilités motrices conduisent à distinguer clairement deux limites séparant trois parties de l'espace : l'espace du corps proprement dit, délimité par le revêtement cutané, l'espace proche (péricorporel), dont la limite est donnée par les points que l'organisme peut atteindre sans activité locomotrice, et l'espace lointain (extracorporel), hors d'atteinte sans activité locomotrice. Des lésions cérébrales peuvent provoquer une altération sélective de la perception de ces espaces, ce qui n'est pas sans incidence sur les capacités d'action de l'individu.

Les données de la neuropsychologie montrent en effet combien les conséquences d'une amputation de la représentation de l'espace du corps peuvent être dramatiques en termes d'action sur le corps ou sur les objets. La négligence spatiale, qui concerne le plus souvent la partie gauche de l'espace, est un exemple abondamment étudié ces dernières décennies (pour des synthèses, voir par exemple : Jeannerod, 1987 ; Pérennou et al., 1998 ; Thier & Karnath, 1997). Elle survient plutôt à la suite d'une lésion cérébrale droite intéressant un réseau de structures où le cortex pariétal semble jouer un rôle privilégié. Les déficits concernent autant la détection des événements se produisant à gauche que la réponse à ces événements où l'orientation vers leur source (Heilman et al., 1985b). On dit souvent, de façon caricaturale, que le patient souffrant de négligence gauche se comporte comme si la partie gauche de l'espace n'existait plus. Par exemple, tel patient négligent qui ne réagit pas aux questions d'une personne placée à sa gauche, lui répondra immédiatement si elle se place à droite. Les troubles ne s'expliquent pas par des déficits primaires : certains patients omettent les mets situés dans la partie gauche de leur assiette, ce qui ne pourrait se produire chez un patient hémianopsique, lequel compenserait son déficit visuel par des mouvements des yeux et de la tête.

Des désordres de la connaissance de l'espace du corps accompagnent fréquemment la négligence ou les lésions droites. Un certain nombre de ces signes, pour lesquels Bonnier (1905) avait forgé le nom d'aschématie, pour bien signifier l'atteinte de la représentation du corps, sont mentionnés de longue date dans la littérature neurologique. Ainsi, des patients minimisent la gravité des troubles (anosodiaphorie), voire n'en ont pas conscience (anosognosie). Certains ne reconnaissent plus leur membre gauche déficitaire (hémiasomatognosie). Parfois même, un délire somatoparaphrénique s'installe, le patient attribuant son bras malade à une autre personne. Au plan moteur, une sous-utilisation des

membres situés du côté négligé a été décrite (Laplane & Degos, 1983 ; Rode et al., 1998), ainsi qu'une difficulté dans les mouvements du bras sain lorsqu'ils sont dirigés vers la partie négligée de l'espace (Heilman et al., 1985a). Il est évident que, chez de tels patients, qui ne se lavent plus ou ne se rasent plus du côté négligé du corps, l'action sur ou avec la partie méconnue du corps est difficile. Ce qui d'ailleurs compromet gravement le travail de rééducation des déficits fréquemment associés, en particulier l'hémiplégie.

Une observation de Berlucchi et Aglioti (1997) montre que la méconnaissance d'une partie du corps peut retentir sur la connaissance d'objets personnels et donc sur leur usage. Après une lésion droite étendue, une patiente de 73 ans ne montrant aucun signe de démence, avait complètement perdu la conscience de son bras gauche paralysé, qu'elle affirmait appartenir à quelqu'un d'autre. Cette dame était capable de décrire avec précision les bagues qu'elle portait depuis des années, et encore au moment de l'examen, mais elle en niait fermement la propriété. Elle reconnaissait sans problème la propriété d'autres objets personnels (peigne), même posés sur la main gauche. Dès que les bagues eurent été ôtées de ses doigts, elle les reconnut comme siennes et raconta leur histoire. Ainsi, comme le notent Berlucchi et Aglioti, « le déni d'appartenance était lié non seulement à ce que les bagues étaient vues sur le membre méconnu, mais aussi à l'existence d'une association antérieure systématique entre elles et ce membre ». Pour les auteurs, les bagues étaient, avant la lésion, devenues partie intégrante d'une représentation corporelle étendue, essentiellement visuelle. Cette observation illustre de façon originale cette notion d'incorporation d'objets à la représentation du corps et semble constituer la première description d'une incorporation permanente.

La distinction entre un espace proche, lieu des points accessibles sans déplacer l'ensemble du corps, et un espace éloigné a reçu une confirmation en pathologie, notamment grâce aux données recueillies chez les patients négligents. En effet, certains patients présentent une négligence dans l'espace péricorporel (Halligan & Mashall, 1991), alors que d'autres négligent la partie gauche de l'espace extracorporel (Cowey et al., 1994). Par ailleurs, les limites de l'espace proche, d'action immédiate, ne sont pas fixes, en ce sens que l'usage d'un outil peut les repousser : le schéma corporel est alors étendu à l'outil utilisé (Head et Holmes, 1911), qui est intégré à la représentation de la main (Paillard, 1993). Des données récentes de la pathologie jettent un éclairage nouveau sur cette question.

La patiente PP, décrite par Berti et Frassinetti (2000), présente une négligence gauche consécutive à un accident vasculaire cérébral droit. Des éléments de négligence corporelle sont présents et les tests visuo-spatiaux réalisés dans l'espace proche révèlent une négligence des stimulus présentés à gauche. La patiente a été testée dans une tâche de bissection de lignes, consistant à indiquer le milieu de lignes horizontales présentées une à une dans l'espace proche (à 50 cm) ou dans l'espace extracorporel (100 cm). Dans chaque cas, la longueur des lignes était ajustée de manière à couvrir le même angle visuel. En moyenne, une déviation vers la droite est enregistrée, ce qui est attendu. Mais la performance s'avère dépendre de façon étonnante des conditions d'exécution. Lorsque le milieu doit être indiqué avec un pointeur laser que la patiente tient près du corps, l'erreur est importante (27%) à la distance de 50 cm, mais faible (9%) à 100 cm. En revanche, lorsque le milieu est indiqué avec le doigt (à 50 cm) ou avec un bâton (à 100 cm), l'erreur est importante (27% en moyenne) et ne diffère pas selon la distance. L'interprétation que donnent Berti et Frassinetti est que la patiente PP a une négligence limitée à l'espace proche. Lors de l'utilisation du bâton, les limites de cet espace d'action immédiate sont repoussées et avec elles les limites de l'espace négligé.

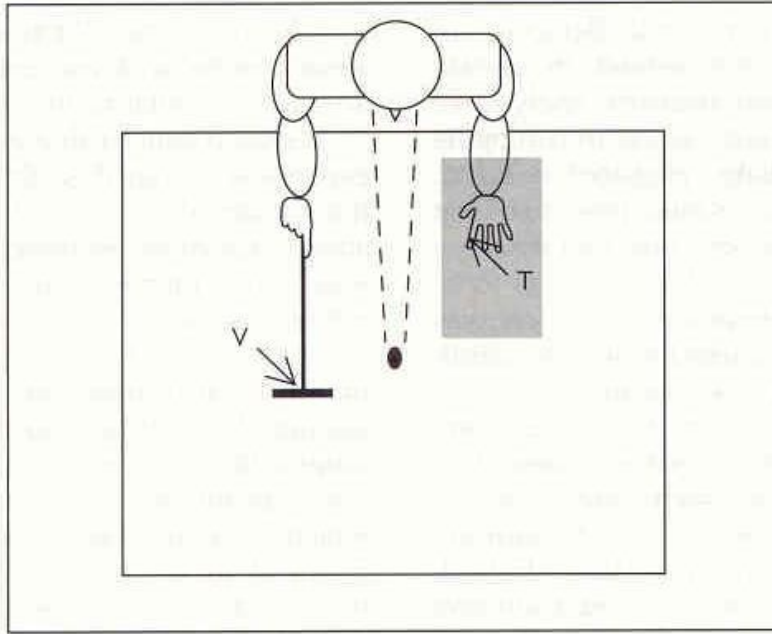


Figure 3 - Dispositif pour l'étude de la modification de l'extinction visuo-tactile en fonction de l'extension de la représentation corporelle (Farnè et Làdavas, 2000). Les stimulations tactile (T) et visuelle (V) surviennent simultanément, sur la main gauche et à proximité de l'extrémité de l'outil, respectivement.

Le problème de la plasticité des limites de l'espace péricorporel a été abordé également par Farnè et Làdavas (2000) dans une étude montrant des modifications de la perception consécutives à l'utilisation d'un outil. Le phénomène perceptif sur lequel l'expérience est basée est l'extinction, signe clinique fréquent après lésion droite. Il consiste en un défaut de détection d'une stimulation gauche lorsqu'une autre est présentée simultanément à droite. La présence d'un stimulus à droite « éteint » le stimulus de gauche, mieux perçu quand il est présenté seul. Typiquement, lorsque la tâche consiste à dire si l'investigateur a touché la main gauche seule, la main droite seule ou les deux en même temps, les trois sortes d'essais survenant dans un ordre aléatoire, le patient souffrant d'extinction tactile répond fréquemment « droite » pour les contacts simultanés.

Des cas d'extinction visuo-tactile, un stimulus visuel « éteignant » un stimulus tactile, avec d'autant plus d'efficacité qu'il est plus proche de la main droite, ont été décrits récemment (Làdavas et al., 1998 ; Mattingley et al., 1997). Farnè et Làdavas se sont demandé dans quelle mesure l'utilisation d'un outil pouvait moduler ce type d'extinction. En pratique, des stimulus tactiles étaient appliqués à la main gauche posée sur une table, sous un cache empêchant de voir la stimulation (figure 3). Les stimulus visuels étaient donnés près de l'extrémité d'une sorte de petit râteau (long de 38 cm) tenu par la main droite. L'extinction visuo-tactile était mesurée avant, juste après, et 5 à 10 minutes après utilisation de l'outil. Dans la phase d'utilisation de l'outil, les patients devaient ramasser des jetons placés à gauche ou à droite sur la table, à une distance de 85 cm. Dans une condition contrôle, la phase d'utilisation de l'outil était remplacée par une phase de pointage manuel vers les mêmes jetons placés aux mêmes endroits. En moyenne, les 7 patients détectent 69% des stimulations tactiles avant utilisation de l'outil et seulement 53% juste après. Cinq à dix minutes plus tard, la performance revient à son niveau initial. L'activité de pointage (condition contrôle) n'a pas d'incidence sur la performance, ce qui indique que l'effet n'est pas imputable à la seule

activité motrice déployée pendant la phase d'utilisation. L'augmentation temporaire de l'extinction provient donc bien de l'utilisation de l'outil, laquelle induit son intégration à la représentation de la main. Tenir simplement l'outil ne suffit pas, puisque quelques minutes après l'utilisation, alors que les patients ont encore l'outil à la main, l'effet disparaît. En résumé, le trouble de la perception qu'est l'extinction se trouve modifié par une activité motrice provoquant une extension du schéma corporel.

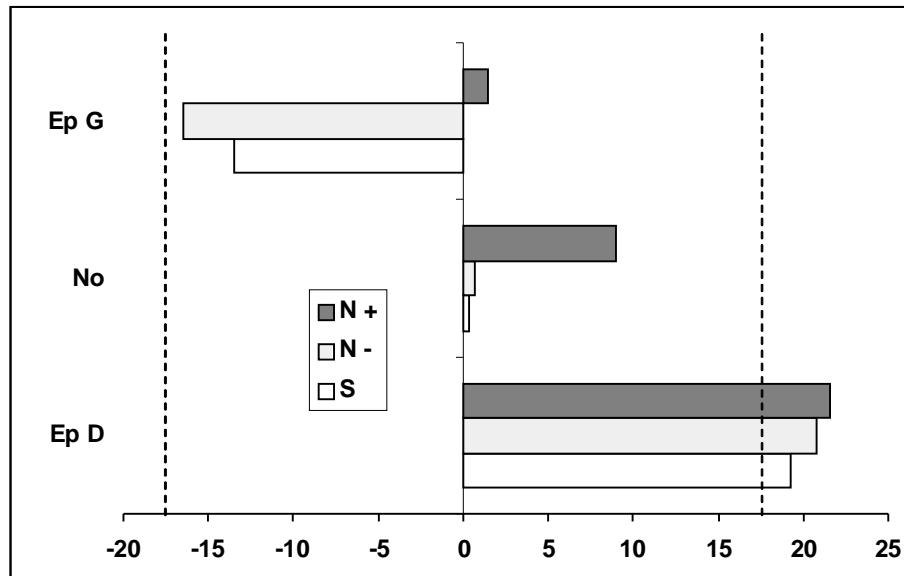


Figure 4 - Position (en cm) des pointages droit-devant l'épaule gauche (Ep G), le nombril (No) et l'épaule droite (Ep D). Moyennes des données recueillies chez 3 patients négligents (N+), 6 patients non négligents (N-) et 12 sujets sains (S). La valeur 0 cm correspond au plan sagittal contenant le nombril et les valeurs négatives à des positions à gauche de ce plan. Les traits discontinus figurent les positions réelles des épaules.

Concernant les patients négligents, une approche récente (Richard et al., 2000) suggère que la désorganisation de l'espace du corps peut être d'une autre nature que la méconnaissance. Elle pourrait aussi concerner la métrique de la projection du corps dans l'espace. Pour étudier cette question, nous avons demandé à des patients cérébrolésés du côté droit, négligents ou non, ainsi qu'à des sujets sans problème neurologique, d'indiquer par un geste de pointage de la main les directions droit-devant l'épaule gauche, l'épaule droite et le nombril. Les participants, droitiers, effectuaient la tâche avec la main droite. Tous les patients étaient capables de toucher directement l'épaule gauche comme l'épaule droite avec la main droite, ce qui suggère l'absence d'hémiasomatognosie. Dans chaque groupe, la largeur objective du tronc (distance inter-acromiale) a été mesurée, et comparée à la largeur subjective calculée à partir des pointages. Les résultats montrent une précision raisonnable des pointages chez les sujets sains comme chez les patients non négligents. Dans ces groupes, les largeurs objective et subjective ne diffèrent pas significativement. En revanche, la projection du corps est, chez les patients négligents, fortement comprimée vers la droite. Leurs pointages devant l'épaule droite sont à peu près corrects, mais lorsqu'ils pointent devant le nombril, l'erreur moyenne est de plus de 8 cm (figure 4). Lorsqu'ils pointent devant l'épaule gauche, l'erreur dépasse 18 cm, la position moyenne du pointage se situant à droite du plan médian. On retrouve dans ce travail le biais d'orientation vers la droite qui caractérise la négligence. Mais, l'observation la plus originale est que la projection du corps est comprimée. Dans la

mesure où tout déplacement requiert une estimation correcte de l'encombrement du corps et de sa position par rapport aux objets, l'ensemble de ces résultats peut être mis en relation avec les problèmes rencontrés par les patients dans ce domaine. Ils éprouvent souvent de la difficulté à tourner à gauche, tendent à dévier leur course vers la droite (Robertson et al., 1994) et heurtent fréquemment les obstacles situés sur leur gauche.

3. Conclusion

Les données présentées dans ce chapitre montrent qu'une représentation correcte du corps est cruciale pour agir de façon adaptée. Lorsque l'information visuelle fait défaut, le simple déplacement d'une partie du corps semble perturber la représentation de l'orientation relative des segments. Les mouvements dirigés vers l'espace des objets sont alors imprécis. Cependant, ce sont les mouvements vers des cibles mémorisées ou calculées, nécessitant davantage d'élaboration cognitive, qui semblent affectés. Au contraire, les mouvements directs et immédiats vers une cible présente paraissent préservés. Une telle distinction entre contrôle sensori-moteur et contrôle cognitif évoque la complémentarité des concepts de schéma corporel et d'image du corps, et renvoie à une littérature abondante et à des débats loin d'être épuisés (voir Bridgeman et al., 1997 ; Paillard, 1987 ; Perenin, 1997).

Les conséquences sévères de la perte partielle de la connaissance de l'espace du corps ou de celle de l'espace proche ont été stigmatisées à partir de données récentes de la neuropsychologie. Celles-ci montrent de façon frappante, que dans certains cas, la pathologie (négligence, extinction), mais aussi ses répercussions sur la perception et l'action, respectent les limites de ces espaces et en suivent les transformations (extension à l'outil). Enfin, la dernière étude mentionnée a permis de poser la question des conséquences, pour l'action, d'une altération de la métrique des représentations corporelles (compression).

Parmi les nombreuses autres études qui auraient eu leur place dans ce chapitre, citons pour terminer l'approche originale de Sekiyama et de ses collaborateurs (2000). Les 4 sujets de cette expérience ont porté pendant plus d'un mois des prismes inversant la droite et la gauche. Vers le 25^e jour, ils ont déclaré disposer de deux représentations de leurs mains : une « ancienne » et une autre incluant les nouvelles relations entre les indices tactiles et les indices visuels. Un examen en imagerie fonctionnelle (IRMf) au cours d'une tâche de jugement d'orientation de mains dessinées a alors révélé une activation spécifique de la « nouvelle » représentation (partie inférieure du cortex frontal postérieur gauche, sillon intrapariétal et cortex préfrontal). A cette date, les sujets s'étaient adaptés aux prismes et leur performance dans des tâches de pointage ou de localisation d'objets était correcte. Les auteurs soulignent que l'apparition d'une nouvelle représentation corporelle, objectivée par une activation cérébrale spécifique, s'accompagne de la réapparition d'une action adaptée sur l'environnement.

REFERENCES

- Berlucchi G, Aglioti S (1997). The body in the brain : neural bases of corporeal awareness. *Trends in Neuroscience*, 20 :560-564.
- Berti A, Frassinetti F (2000). When far becomes near : remapping of space by tool use. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 : 415-420.
- Bonnier P (1905). L'aschématie. *Revue Neurologique (Paris)*, 12 : 605-609.

- Bridgeman B, Peery S, Anand S (1997). Interaction of cognitive and sensorimotor maps of visual space. *Perception & Psychophysics*, 59: 456-469.
- Buytendijk FJJ (1957). *Attitudes et mouvements. Etudes fonctionnelles du mouvement humain*. Desclée de Brouwer, 494 p.
- Cowey A, Small M, Ellis S (1994). Left visuo-spatial neglect can be worse in far than in near space. *Neuropsychologia*, 32 : 1059-1066.
- Farnè A, Làdavas E (2000). Dynamic size-change of hand peripersonal space following tool use. *NeuroReport*, 11 : 1645-1649.
- Fookson O, Smetanin B, Berkinblit M, Adamovich S, Feldman G, Poizner H (1994). Azimuth errors in pointing to remembered targets under extreme head rotations. *NeuroReport*, 5 : 885-888.
- Gallagher S (1986). Body image and body schema : a conceptual clarification. *The Journal of Motor Behavior*, 7 : 541-554.
- Gurfinkel VS, Lebedev, MA, Levick YS (1992). What about the so-called neck reflexes in humans ? In : A Berthoz, PP Vidal, W Graf (Eds.), *The head-neck sensory motor system*. Oxford : Oxford University Press, 543-547.
- Gurfinkel VS, Levick YS (1991). Perceptual and automatic aspects of the postural body scheme. In : J. Paillard (Ed.), *Brain and space*. Oxford : Oxford University Press, 147-162.
- Halligan P, Marshall JM (1991). Left neglect for near but not for far space in man. *Nature*, 350 : 498-500.
- Head H, Holmes G (1911). Sensory disturbances from cerebral lesion. *Brain*, 34 : 102-254.
- Heilman KM, Bowers D, Coslett HB, Whelan H, Watson RT (1985a). Directional hypokinesia : prolonged reaction times for leftward movements in patients with right hemisphere lesions and neglect. *Neurology*, 35 : 855-859.
- Heilman KM, Valenstein E, Watson RT (1985b). The neglect syndrome. In : JAM Frederiks (Ed.), *Handbook of Clinical Neurology, vol. 1 : Clinical Neuropsychology*. Amsterdam : Elsevier.
- Hoff H, Schilder P (1927). *Die Lagereflexe des Menschen*. Vienne : Springer.
- Jeannerod M (Ed., 1987). *Neurophysiological and neuropsychological aspects of spatial neglect*. Amsterdam: North-Holland.
- Jeannerod M, Biguer B (1989). Référence égocentrique et espace représenté. *Revue Neurologique (Paris)*, 145 :635-639.
- Làdavas E, di Pellegrino G, Farnè A, Zeloni G (1998). Neuropsychological evidence of an integrated visuotactile representation of peripersonal space in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 : 581-589.
- Laplane D, Degos JD (1983). Motor neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 46 : 152-158.
- Mars F, Honoré J, Richard C, Coquery JM (1998). Effects of an illusory orientation of the head on straight-ahead pointing movements. *Current Psychology of Cognition*, 17 :749-762.
- Mattingley JB, Driver J, Beshin N, Robertson IH (1997). Attentional competition between modalities : extinction between touch and vision after right hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 35 : 867-880.
- Paillard J (1987). Cognitive versus sensori-motor encoding of spatial information. In : P Ellen, C Thinus-Blanc (Eds.). *Cognitive processes and spatial orientation in animal and man*. Vol II, Neurophysiology and developmental aspects. Dordrecht : Martinus Nijhoff, 43-77.

Paillard J (1993). The hand and the tool : the functional architecture of human technical skills. In : A Berthelet, J Chavaillon (Eds.), *The use of tools by human and non-human primates*. New York : Oxford University Press, 36-46.

Paillard J (1999). Body schema and body image. A double dissociation in deafferented patients. In : GN Gantchev, S Mori, J Massion (eds.), *Motor control, today and tomorrow*, 197-213.

Perenin MT (1997). Optic ataxia and unilateral neglect: clinical evidence for dissociable spatial functions in posterior parietal cortex. In : P Thier, HO Karnath (Eds.), *Parietal lobe contribution to orientation in 3D space*. Heidelberg : Springer-Verlag, 289-308.

Pérennou D, Brun V, Pélissier J (Eds., 1998). *Les syndromes de négligence spatiale*. Paris : Masson.

Revol P (2000). *Cadres de référence et mouvements d'orientation spatiale. Approche psychophysique chez des sujets sains et des patients avec lésions pariétales*. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon.

Richard C, Revol P, Coquery JM, Perenin MT, Honoré J (1998). Compared effects of eye and head azimuth on subjective straight-ahead. *European Journal of Neuroscience*, 10 (suppl. 10) : 255.

Richard C, Honoré J, Rousseaux M (2000). Is there a distortion of body projection in extracorporeal space in neglect patients ? *NeuroReport*, 11 : 3047-3051.

Rode G, Perenin MT, Honoré J, Boisson D (1998). Improvement of the motor deficit of neglect patients through vestibular stimulation : evidence for a motor neglect component. *Cortex*, 34 : 253-261.

Robertson IH, Tegnér R, Goodrich SJ, Wilson C (1994). Walking trajectory and hand movements in unilateral left neglect : a vestibular hypothesis. *Neuropsychologia*, 32 : 1495-1502.

Sekiyama K, Miyauchi S, Imaruoka T, Egusa H, Tashiro T (2000). Body image as a visuomotor transformation device revealed in adaptation to reversed vision. *Nature*, 407 : 374-377.

Thier P, Karnath HO (Eds., 1997), *Parietal lobe contribution to orientation in 3D space*. Heidelberg : Springer-Verlag.

Wann JP, Ibrahim SF (1992). Does limb proprioception drift ? *Experimental Brain Research*, 91 : 162-166.

Werner H, Wapner S, Bruell JH (1953). Experiments on sensory-tonic field theory of perception : VI. Effects of head, eyes and of object on position of the apparent median plane. *Journal of Experimental Psychology*, 46 : 293-299.