

Peut-on perdre la sensation de son propre corps ?

Oui, si les voies de communication reliant bras, jambes et tronc au cerveau sont altérées.

Ce traumatisme est arrivé à un homme qui a mis des années à remarquer, en pilotant son corps à vue.

Jean-Pierre ROLL et Régine ROLL

À la recherche du corps perdu

Le cerveau est à l'écoute permanente de ce qui se passe dans la moindre parcelle du corps. Cette interaction est largement inconsciente : nous ignorons souvent ce qui se joue dans nos muscles, nos articulations, notre peau et même notre cerveau. Par exemple, notre aptitude à nous tenir debout, comme celle d'effectuer des mouvements, dépend de l'activité permanente de très nombreux « informateurs » corporels en veille 24 heures sur 24.

Il y a 30 ans, Ian Waterman a été victime d'une infection rarissime qui a détruit toutes les fibres nerveuses véhiculant jusqu'au cerveau les informations sur l'état de ses muscles, sur les pressions et les frottements subis par sa peau. Ayant perdu ces informations, il ne ressent plus son corps. Tout le dispositif permettant l'évaluation et l'ajustement des mouvements par le cerveau a été détruit par l'infection, de sorte qu'il ne sait plus où sont ses bras ni ses jambes ni quelle est la position de son corps. Il n'était pas paralysé, mais le seul moyen de s'assurer de l'existence même de son corps est de le regarder. Dans une pièce sombre, privé de tout indice sur la position de ses membres et sur leurs mouvements, il tombe. Nous exami-

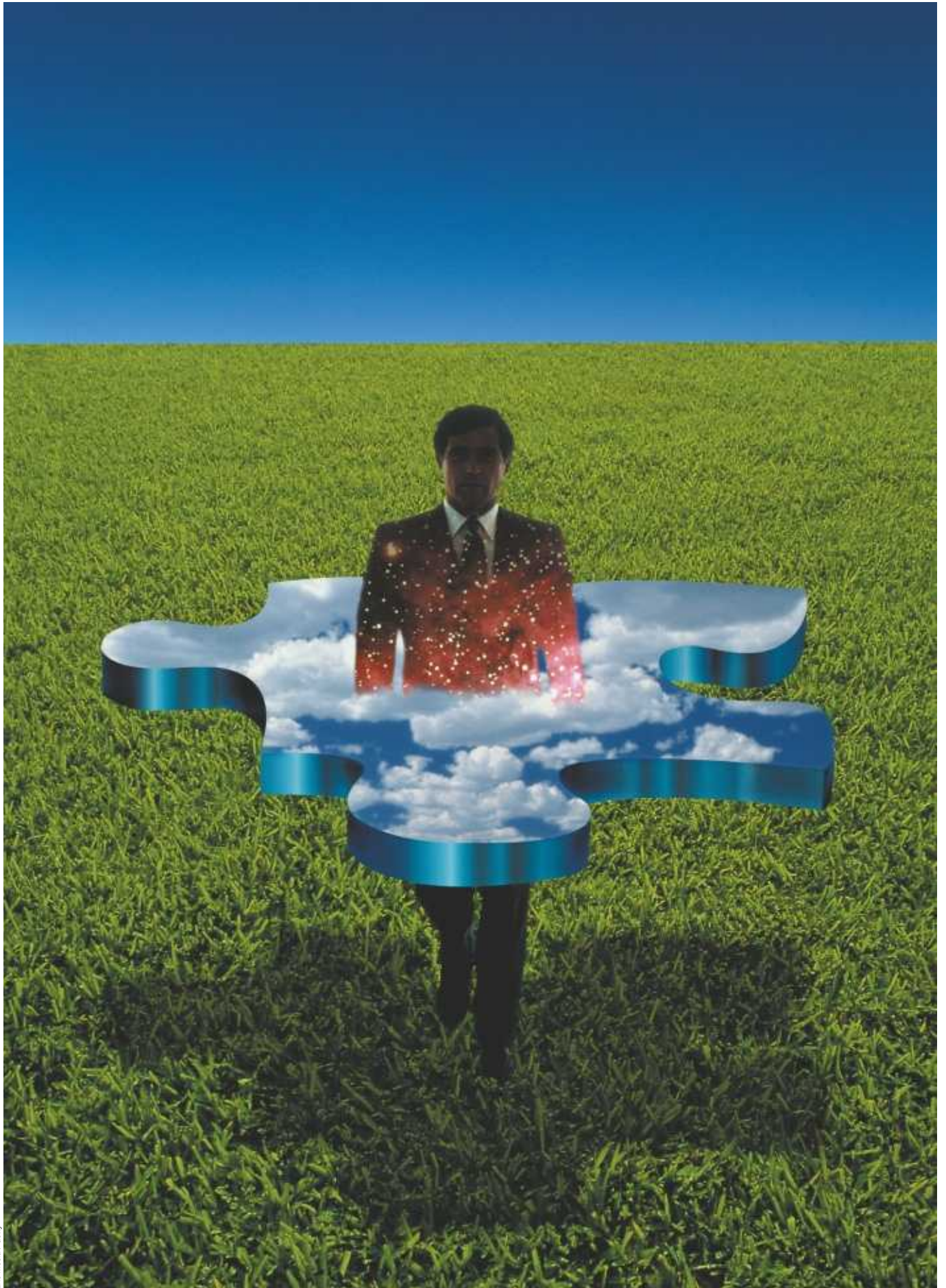
nerons ici les causes neurobiologiques de son mal et la façon dont il a réussi à le surmonter... grâce aux informations visuelles !

Comment expliquer le « cas Ian Waterman » à l'aune des neurosciences ? Il nous faut d'abord découvrir le monde des propriocepteurs, ces capteurs internes qui nous renseignent à tout instant sur notre corps et ses actions, sans que nous y prêtions attention. Nous tenterons ensuite d'imaginer ce que représente le fait d'avoir « perdu » son corps, et nous examinerons par quelle stratégie Ian Waterman a réussi à en prendre à nouveau le contrôle.

Un corps absent

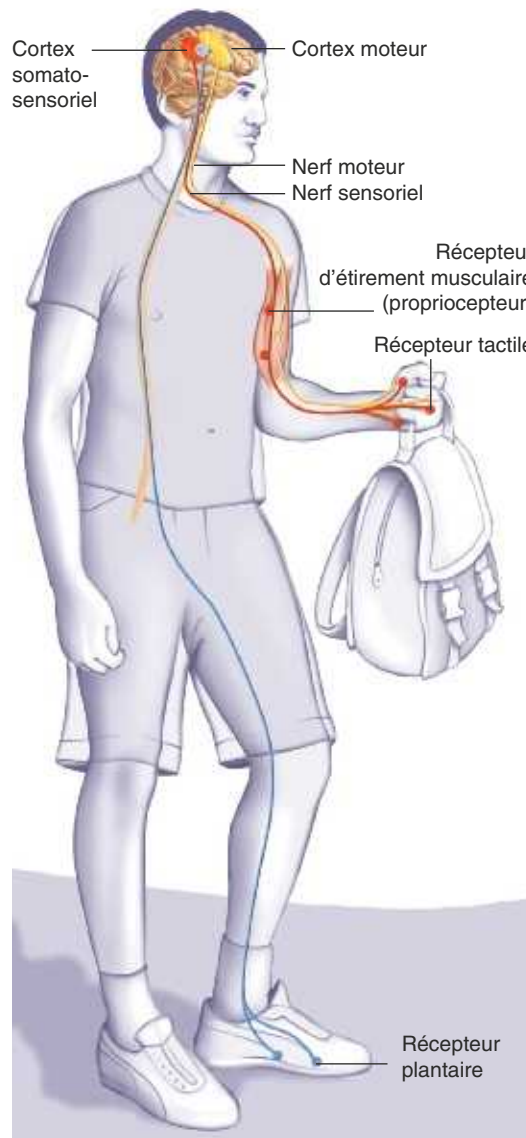
Ian Waterman était garçon boucher à Jersey, lorsqu'une légère blessure au doigt, tardant à cicatriser, constitua le point de départ de l'infection qui allait détruire la perception de son propre corps. Dans les semaines qui suivirent, il sentit son corps disparaître progressivement jusqu'à avoir l'impression de se désincarner. Il se sentait flotter au-dessus de son lit d'hôpital et seules quelques sensations en provenance du cou, des mollets ou des chevilles atteignaient encore sa conscience. Il ne

I. Aucune sensation de leurs membres, l'impression de flotter au-dessus de leur propre corps, telle est l'expérience vécue par les personnes ayant perdu le sens proprioceptif.



Eric Meola / Getty

2. Lorsque nous saisissons un objet, des récepteurs localisés dans les muscles et dans les articulations indiquent au cerveau quelle est la position des membres et quels sont les mouvements effectués par le bras et par la main. D'autres récepteurs situés dans la peau et dans les tendons évaluent les forces exercées par les muscles et le poids des objets. Enfin, des capteurs de pression situés sous la plante des pieds participent au maintien de l'équilibre.



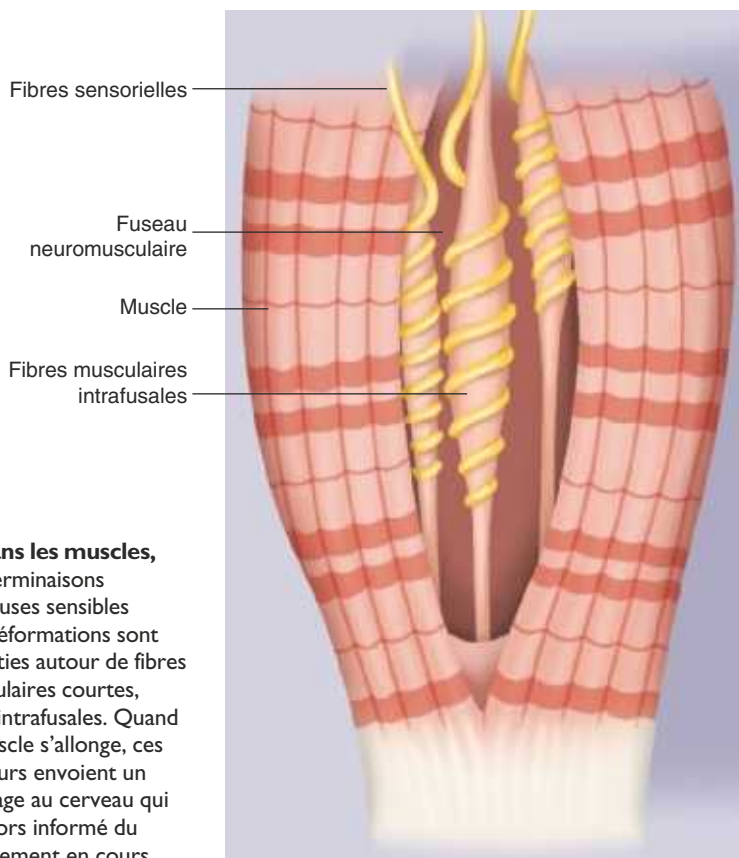
percevait plus les objets qu'il touchait, ni le poids de ses membres. Tout au plus la température et certaines douleurs lui restaient accessibles. Il était incapable d'effectuer le moindre mouvement et encore moins de se tenir debout et de marcher. Malgré l'intégrité de son cerveau, de ses nerfs moteurs et de ses muscles, des actions aussi banales que lire, boire ou manger étaient devenues des défis. Ian Waterman ne savait plus où était son corps ni comment il était configuré. Sa charpente corporelle et l'enveloppe qui en délimite les contours, assurant les interactions avec l'espace extérieur, avaient perdu toute réalité. Son corps n'avait plus de poids, plus de limites, plus de sensibilité. Il était devenu silencieux.

En 1979, le neurologue Herb Schaumburg, au Collège Albert Einstein de médecine, à New York, nomma cette maladie polynévrite virale et la définît comme la destruction, par un agent infectieux, des fibres nerveuses reliant les capteurs de la peau et des muscles au cerveau. Ces fibres, issues de neurones sensoriels, ont un diamètre de l'ordre de 10 à 20 micromètres, et véhiculent vers le cerveau les informations à une vitesse de l'ordre de 300 kilomètres par heure. Grâce à ces messages sensoriels, nous savons si nous sommes assis ou debout, ou si nous portons une chemise ou un manteau. Comment fonctionnent ces capteurs ?

Les capteurs sensoriels du corps

La peau est pourvue de récepteurs sensoriels sensibles à ses déformations et aux frottements, piqûres ou pressions qu'elle subit. Ces récepteurs, reliés à des fibres sensorielles de grand diamètre, sont particulièrement nombreux dans la peau du visage, de la plante des pieds et de l'extrémité des doigts : ils nous informent sur les propriétés des objets que nous touchons, et nous permettent aussi de moduler avec précision nos mouvements. Lorsque nous manipulons un objet, la peau est déformée par le contact, et cette déformation livre au cerveau des indications sur l'action en cours. Ainsi, lorsque nous tenons un verre, les 250 récepteurs répartis sur chaque centimètre carré de peau recouvrant l'extrémité du pouce et de l'index sont activés par la prise. Ils détectent la courbure, la texture, la température de l'objet saisi et les forces qui s'y exercent, et convertissent ces données en messages nerveux. Au même instant, des récepteurs situés dans les muscles, les articulations et les tendons informent le cerveau sur la position et les mouvements du bras et de la main. Grâce à ces indices qui sous-tendent un sens nommé proprioception, nous pouvons porter un verre à nos lèvres, les yeux fermés. Pour Ian Waterman, cela n'est plus possible, car il n'a plus aucune information sur la présence du verre, ni sur l'action qu'il exerce : il renverse le verre ou bien le lâche.

Habituellement, la notion de verticale nous est fournie par des indices visuels, par des récepteurs situés dans l'oreille interne, le système vestibulaire, mais aussi par des récepteurs situés dans les muscles posturaux (les muscles réglant la position des jambes, du bassin et de la colonne vertébrale) et dans la peau qui recouvre la plante des pieds. Les récepteurs de la plante des pieds indiquent notamment au cerveau quelle est la pression exercée par le corps sur les différentes parties du pied. Cela



3. Dans les muscles, des terminaisons nerveuses sensibles aux déformations sont réparties autour de fibres musculaires courtes, dites intrafusales. Quand le muscle s'allonge, ces capteurs envoient un message au cerveau qui est alors informé du mouvement en cours.

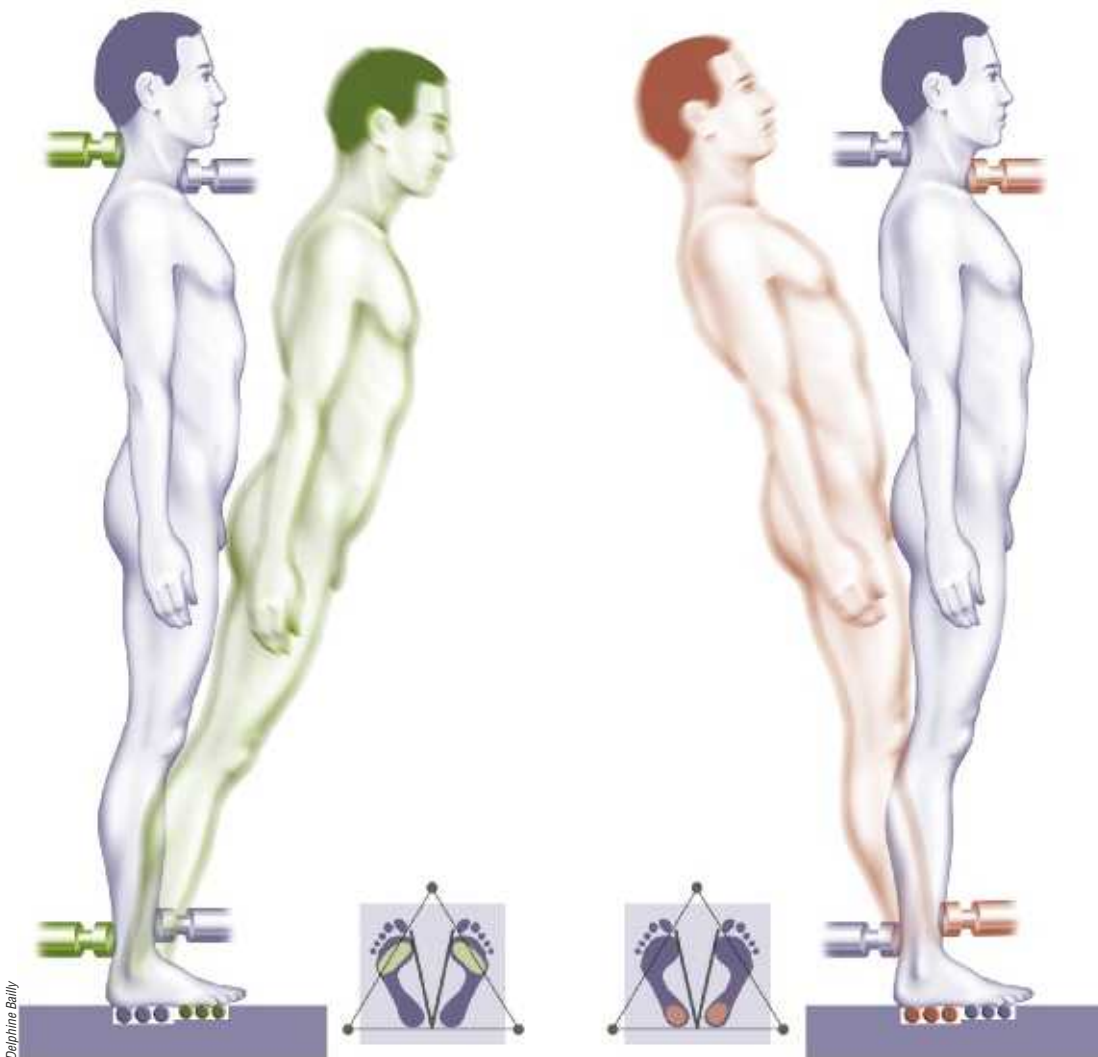
reflète l'inclinaison du corps : quand la pression augmente, par exemple sur le bout de la plante des pieds, cela signifie que le corps s'est incliné vers l'avant. Privé des informations transmises par ces récepteurs, Ian Waterman ne connaît plus la configuration de son corps ni sa position par rapport à la verticale et ne peut maintenir son équilibre.

Illusions proprioceptives

Avec Anne Kavounoudias, à Marseille, nous avons récemment stimulé les récepteurs cutanés plantaires de sujets volontaires grâce à une matrice de microvibrateurs placée sous leurs pieds. De telles vibrations créent des microdéformations des récepteurs de la pression plantaire et les activent (voir la figure 4). Pour le sujet, ces messages signifient que le poids du corps s'est porté sur la région de la plante des pieds (ou sole plantaire) soumise à la vibration.

Le cerveau interprète ce message comme une perte d'équilibre, alors que le corps est demeuré parfaitement vertical. Quand on simule une augmentation de pression sous les talons, ce qui correspondrait à leur écrasement lorsque le corps se penche en arrière, on observe que le sujet réagit en se penchant involontairement vers l'avant, afin de corriger l'impression de chute. Une vibration du pied gauche, simulant un accroissement de l'appui sur ce pied, entraîne une réaction d'inclinaison du corps vers la droite. Enfin, quand on stimule tous les récepteurs de la plante des deux pieds et que le sujet est immobilisé, il a la sensation que son corps s'élève.

Par ailleurs, quand on étire un tendon, notamment du cou ou des chevilles, par vibration, on déclenche également des inclinaisons orientées du corps. Les effets se combinent quand on stimule plusieurs muscles en même temps. Une vibration des muscles postérieurs du cou entraîne



4. Illusions de posture. Dans cette expérience, des vibreurs tactiles sont appliqués sous la pointe des pieds et les talons, et des vibreurs proprioceptifs sur les muscles du cou et des chevilles. Le sujet, maintenu immobile, a la sensation illusoire que son corps se penche vers l'avant quand on stimule artificiellement la

peau recouvrant l'avant de la plante des pieds, les tendons d'Achille ou les muscles postérieurs du cou (vibreurs en vert). La vibration des talons, des muscles situés en avant de la cheville ou en avant du cou, donne au sujet la sensation que son corps s'incline vers l'arrière (vibreurs en rouge).

Bibliographie

J. COLE, *Pride and daily marathon*, The MIT Press, 1995.

R. FORGET et Y. LAMARRE, *Postural adjustments associated with different unloadings of the forearm : effects of proprioceptive and cutaneous afferent deprivation*, in *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 1995.

J.-P. ROLL et R. ROLL, *Le sentiment d'incarnation : arguments neurobiologiques*, in *Revue de médecine psychosomatique*, vol. 35, 1993.

O. SACKS, *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, Éditions du Seuil, 1988.

une inclinaison du corps vers l'avant, qui devient oblique quand on stimule aussi des muscles situés sur les côtés. Ainsi, les messages proprioceptifs issus des muscles, mais aussi ceux provenant de la peau, permettent d'orienter le corps et de le maintenir en équilibre.

Pour préciser le rôle joué par les récepteurs des muscles et ceux de la peau de la plante des pieds, nous avons stimulé, chez une personne debout, à la fois les récepteurs de l'avant de la plante des pieds et ceux des muscles antérieurs de la cheville. Les premiers simulent un basculement du corps vers l'avant, les seconds vers l'arrière. On observe que le sujet se penche vers l'arrière : ainsi, le message d'alerte prévenant le cerveau d'un déséquilibre vers l'avant a été pris en compte en priorité. Les messages cutanés plantaires seraient transmis et analysés plus vite que les messages musculaires : ils serviraient à rétablir des déséquilibres posturaux de faible amplitude, tandis que les messages musculaires interviendraient dans le contrôle des oscillations plus amples.

Comment Ian Waterman, dont la plante des pieds, les muscles des chevilles, du cou ou des jambes

sont muets, tient-il debout ? En se fiant à des indices différents de ceux de la proprioception : il évalue la position de son corps en le regardant.

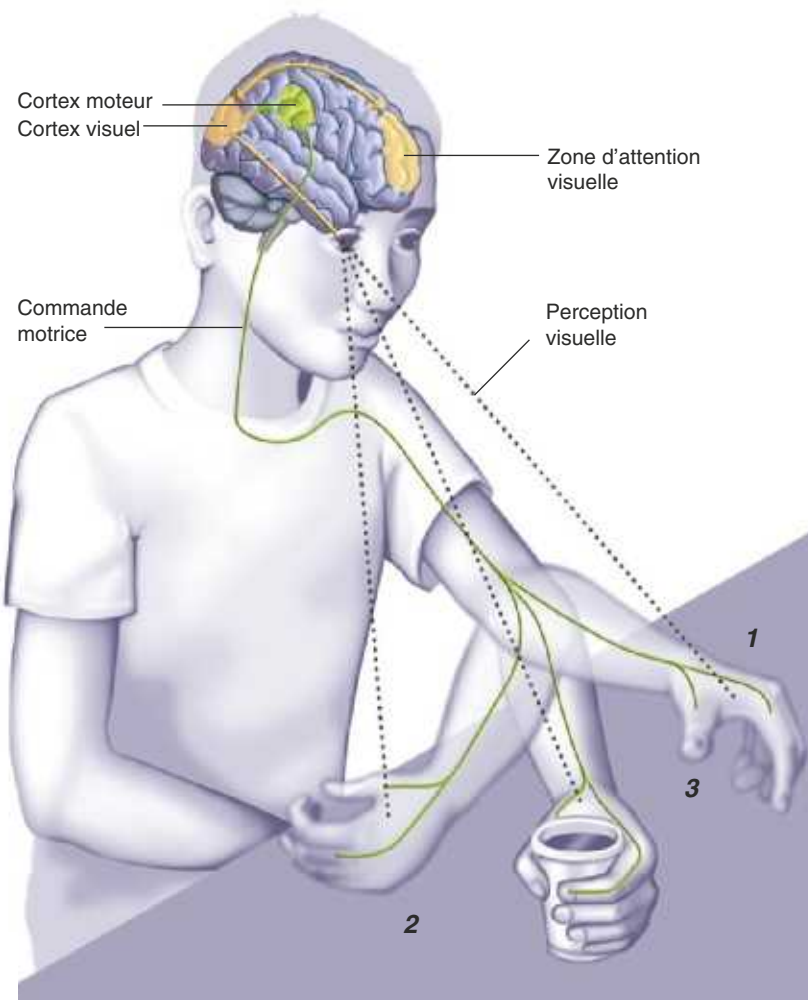
Le corps réapproprié

« Vous ne marcherez plus jamais... » Le verdict des médecins était sans appel. Parmi les autres victimes de pareilles infections, aucune n'avait réussi à quitter son fauteuil roulant. Pourtant, conscient qu'il n'était pas paralysé, Ian Waterman réussit à se remettre debout et à remarquer « normalement ». Par une volonté exceptionnelle, il refusa l'inacceptable silence de son corps. Il parvint, progressivement, à restaurer une forme de dialogue entre son cerveau et son corps, à travers de nouveaux codes sensoriels. Un tel succès est sans précédent car, pour un patient frappé du syndrome proprioceptif, le plus facile est généralement la résignation, tant la gestion d'un corps absent est invalidante et douloureuse. Dès lors, comment comprendre « le miracle Ian Waterman », comme l'a qualifié Jonathan Cole, le neurologue anglais qui l'a suivi pendant plus de dix ans ? Comment son cerveau et son corps ont-ils pu rétablir les échanges interrompus par la maladie ?

Ian Waterman a « refusé » l'inéluctable pronostic quand il a vu ses mains s'animer de mouvements imprévisibles ; il a eu l'idée qu'il pourrait un jour les « contrôler » en les regardant agir. Peu à peu, il a noté l'effet de ses « intentions motrices » sur le déplacement de telle ou telle partie de son corps (*voir la figure 5*). Normalement, les commandes motrices appellent instantanément un retour sensoriel, dont le traitement est automatique et largement inconscient. Le travail d'apprentissage de Ian Waterman a consisté à créer un vaste catalogue d'associations entre une commande motrice et le mouvement qu'il voyait se dérouler sous ses yeux. Imaginez que vous deviez jouer sur un piano où chaque touche émet une note arbitraire. Avant de pouvoir jouer, il vous faudrait mémoriser le nouveau son correspondant à chaque touche. Ian Waterman a procédé de cette façon. D'essai en essai, au prix d'un effort d'attention et de mémorisation considérable, il a appris à repérer quelle commande motrice (émise par son cerveau) provoque tel ou tel mouvement de ses bras ou de ses jambes qu'il ne quittait pas du regard.

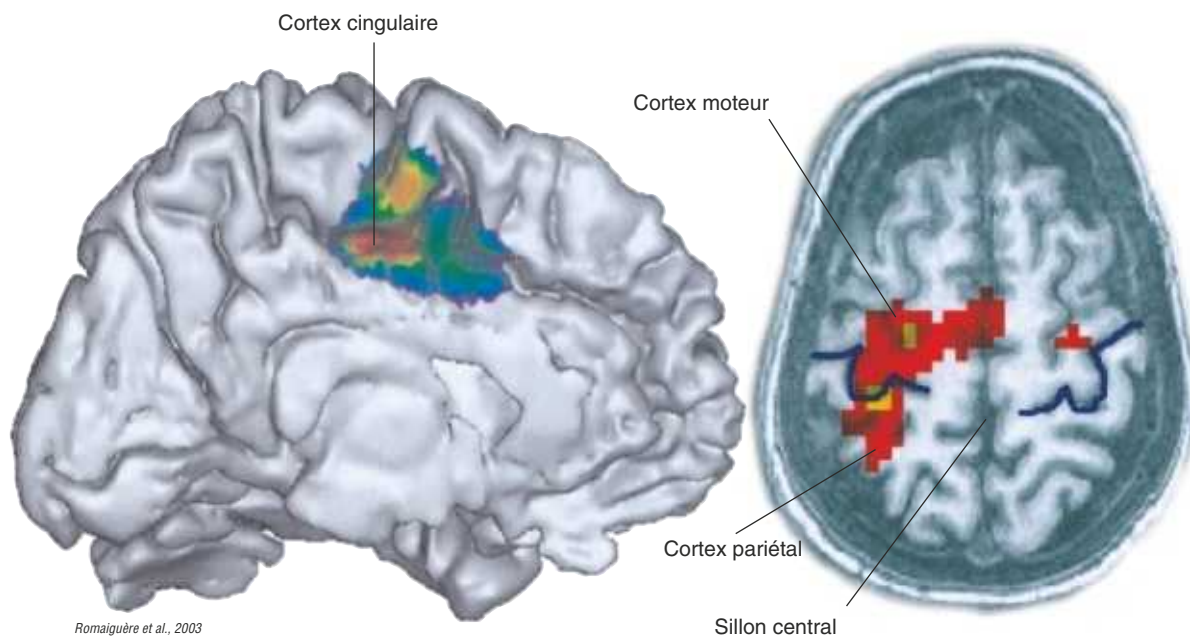
Le triomphe de la plasticité cérébrale

Aujourd'hui, Ian Waterman utilise son corps presque naturellement, à condition de ne jamais « le perdre de vue ». Pour saisir un objet, il observe ses mains, commande un mouvement, en vérifie les conséquences, rectifie la commande, vérifie à nouveau l'effet de la contraction de chaque muscle et recommence, inlassablement... Loin d'être automatique, la planification de ses actions passe par leur représentation visuelle consciente. Progressivement, il se construit un répertoire de commandes qu'il envoie à ses muscles et en vérifie sans cesse l'exécution. Tel un chorégraphe, il pense ses mouvements, leur amplitude, leur intensité, leur direction. Puis il les regarde se dérouler et les corrige si nécessaire.



5. Pour saisir un objet, Ian Waterman envoie une commande motrice à son bras, mais celui-ci part dans une direction imprévue (*position 1*). Comme il ne sent pas son bras, il observe sa position, et envoie une commande contraire pour le faire revenir vers la droite (*position 2*). De proche en proche, il atteint son but qui est de saisir du verre (*3*).

Delphine Bailly



6. Activité cérébrale associée à la perception d'un mouvement de la main (clichés d'IRMf). Le cortex moteur agit en « concertation » avec le cortex cingulaire, où le mouvement est représenté, et le cortex pariétal, qui reçoit à la fois des signaux proprioceptifs et des signaux visuels. Chez Ian Waterman, l'activité des aires de l'attention visuelle a substitué, au cours de sa convalescence, une représentation visuelle du corps à sa représentation proprioceptive. L'activité du cortex moteur a ainsi été progressivement assujettie à la vision.

Dans de telles conditions de contrôle permanent, l'attention imposée au cerveau est considérable. Que Ian Waterman détourne simplement la tête en direction d'un interlocuteur, alors qu'il est assis sur son lit, et son buste retombe lourdement, ses mains flottent à nouveau. Il lui a fallu plusieurs mois pour s'asseoir sur son lit, quatre mois de plus pour apprendre à poser un pied par terre et plus d'un an pour se tenir debout avec une assurance suffisante. Aujourd'hui, il marche la tête penchée en avant, pour observer les mouvements de ses pieds et de ses jambes. Son regard explore l'espace proche pour anticiper les déplacements qu'il doit programmer, pour éviter les obstacles. La programmation et l'exécution de ses actions sont contrôlées par la vision ; le système visuel s'est partiellement substitué au système contrôlant l'appareil moteur et la perception de soi, c'est-à-dire le sens proprioceptif. Ses connexions cérébrales se sont-elles modifiées ?

Grâce à l'imagerie fonctionnelle cérébrale, on observe en détail le fonctionnement du cerveau lorsqu'une personne voit, entend, pense ou encore ressent une émotion. Avec Richard Frackowiak, neurologue londonien, J. Cole a enregistré l'activité cérébrale de Ian Waterman pendant qu'il évaluait la position de ses membres. Il devait se représenter la position d'une de ses mains d'après la position de l'autre, soit lorsqu'il pouvait les voir, soit lorsqu'elles étaient cachées à sa vue. Tant qu'il pouvait voir ses mains, une aire frontale, considérée comme le siège de l'attention visuelle, était particulièrement activée. Ainsi, il a appris à renforcer les performances de son cerveau « attentionnel ».

Les équipes de Eiichi Naito, Sasa Radovanovic en Suède, et nous-mêmes avec Patricia Romaiguère, à Marseille, avons observé les zones du cerveau activées chez un individu sain lorsqu'il ressent un mouvement de son bras ou de sa main (voir la figure 6). Les aires motrices situées en avant du sillon central du cerveau sont activées, même si la personne n'a commandé, ni exécuté volontairement ce mouvement. Le simple fait d'imagi-

ner ou de percevoir une action suffit à activer le cortex moteur chargé de son exécution.

En arrière du sillon central, dans le cortex pariétal postérieur, s'active une zone responsable de la formation des images du corps, qui permet de se représenter mentalement le mouvement que l'on va effectuer. Cette région est une zone de convergence des informations proprioceptives et des informations visuelles. Notre hypothèse est qu'elle aurait servi de « jonction » entre la zone de l'attention visuelle, très active chez Ian Waterman, et ses aires motrices. Peu à peu, elle aurait appris à piloter ces dernières, même sans proprioception. Ian Waterman a progressivement remplacé les images proprioceptives de son corps, inopérantes, par des images visuelles.

La proprioception : un sixième sens

Le cerveau fait montre, à travers ce cas atypique, de ses extraordinaires capacités de réorganisation. À la base de cette capacité se trouve le phénomène de plasticité neuronale : les connexions entre neurones sont modifiées chaque fois qu'une nouvelle faculté est acquise. Ainsi, selon Jérôme Sanes, de l'Université de Rochester, l'apprentissage d'une nouvelle habileté manuelle modifie la carte de l'aire motrice primaire en seulement 30 minutes, mais de longs mois ont été nécessaires pour que Ian Waterman se réapproprie visuellement son corps.

Les manuels scolaires nous enseignent l'existence de cinq sens. Et pourtant, la proprioception est un sixième sens qui conditionne notre vie et la possibilité d'agir avec notre corps. L'histoire de Ian Waterman est celle d'un homme qui bouge mais qui ne le sait pas. Ce cas est exceptionnel, et la dizaine d'autres patients répertoriés dans le monde n'ont pas récupéré ces facultés. À mesure que l'on découvre les formidables capacités de réorganisation du cerveau, l'espoir de mettre au point les moyens de compenser certaines fonctions cérébrales déficientes s'accroît. ◆

Jean-Pierre ROLL est professeur à l'Université de Provence, et dirige le Laboratoire de neurobiologie humaine (UMR 6149 – CNRS / Université de Provence).

Régine ROLL est ingénieure de recherche au CNRS, et mène ses recherches au Laboratoire de neurobiologie humaine (UMR 6149 – CNRS / Université de Provence).