

L'équilibre, c'est renversant

Émilie, 5 ans, a une pensée triste pour son grand-père. La semaine passée, il a chuté et s'est fait une entorse. Pour la consoler, ses parents l'emmènent voir un spectacle de cirque. Elle est émerveillée par toutes les prouesses acrobatiques mais ce qu'elle a préféré, c'est le funambule. Il s'agit d'une discipline de cirque dans laquelle l'artiste de cirque évolue sur un fil tendu à grande hauteur. Émilie a les yeux encore tout brillants de l'avoir vu marcher, sauter et même tourner sur un petit fil aussi instable. Tout d'un coup, elle se tourne vers sa mère : "Maman, comment l'acrobate fait pour tenir en équilibre? En fait, comment les humains tiennent debout?"

L'équilibre humain est comparable à un sens, sauf que celui-ci est caché, enfoui dans le corps humain, si bien qu'il est facilement oublié. Pourtant, se tenir debout sur deux jambes est intrinsèquement instable et constitue un défi continu. La force de gravité tend à plaquer tout être humain vers le sol. Le maintien de la position verticale nécessite des mécanismes de contrôle particulièrement élaborés capables d'interpréter plusieurs entrées sensorielles. Le sens de l'espace est multi sensoriel et la perception de l'espace est interprétée différemment pour chaque personne. Retour sur les systèmes sensoriels impliqués dans le contrôle moteur nécessaires au maintien de l'équilibre.

Qui vivra verra, qui vivra touchera

Un des premiers sens qui semble crucial pour le funambule est la vision : en effet, Émilie a observé que ce dernier fixait constamment un point de l'espace lors de sa performance. Les informations de la vision donnent le mouvement et l'orientation du corps par rapport à l'espace. En 1974, le scientifique David Lee et son équipe ont tentés de manipuler les informations données par la vue en plaçant des enfants dans une pièce mobile¹. Les murs se déplaçaient lentement autour de l'enfant debout sur un plancher fixe. L'ensemble de la posture des enfants se réorientait au fur et

à mesure que les murs glissaient vers l'arrière jusqu'à ce que les enfants chutent en arrière. Ils ont démontrés que les enfants dépendent beaucoup des repères visuels. Des autres récepteurs très utiles pour l'équilibre de l'acrobate sont les récepteurs somesthésiques cutanés. Les récepteurs cutanés sont placés partout sur notre peau et sont sensibles aux pressions et déformations mécaniques de la peau. L'acrobate obtient de l'information sur sa surface d'appui, ici constitué d'un fil, grâce aux récepteurs placés en dessous des pieds.

La proprioception et l'intéroception, des héros méconnus

La proprioception renseigne sur la position d'un segment corporel par rapport à un autre. Émilie avait déjà remarqué que même les yeux fermés, elle était capable de joindre ses deux mains ensemble, sans avoir besoin de sa vision. Sans le savoir, elle a fait l'expérience de son sens de la proprioception. Ce sens situé dans les muscles, les tendons et articulations, se compare à un GPS qui nous permet de percevoir la position exacte de notre corps. Les informations intéroceptives sont des signaux internes et inconscients provenant des fluides dans le corps : les vaisseaux sanguins et les fluides dans les viscères. En effet, lorsqu'un humain bouge, les fluides internes bougent aussi et ces informations sont envoyées au cerveau.

Le système vestibulaire, sens dessus, sens dessous

Le système vestibulaire, situé dans l'oreille interne, est sensible aux accélérations angulaires, les trois plans de l'espace, et linéaires, horizontal et vertical. C'est ce qui permet à Émilie comme à tout être humain de savoir si l'ascenseur monte ou descend lorsqu'elle se trouve à l'intérieur de la cabine. Il est garni de petits cils qui baignent dans un liquide qui contient également des cristaux appelés otolithes. Lorsque la tête bouge, le mouvement du liquide et des cristaux se déplacent et font bouger les cils, ce qui envoie un signal électrique au cerveau via le nerf vestibulaire. Le système vestibulaire prend en considération inconsciemment une accélération que tout le monde

subit sur Terre : l'accélération gravitationnelle. Une équipe de chercheur français s'est demandé ce qui se passerait si cette référence d'accélération gravitationnelle était modifiée². Ils ont lâché deux groupes de rats d'une certaine hauteur, partant d'une position de dos par rapport au sol. Il s'agissait de mesurer le temps que les rats mettent pour se retourner et pour se réceptionner sur leurs pattes et sur des matelas prévus à cet effet. Le premier groupe de rats est constitué d'un groupe contrôle. Pour le deuxième groupe, les chercheurs ont fait naître et élever des rats en centrifugeuse, ce qui fait que leur référence, leur environnement naturel, est de l'hypergravité, c'est-à-dire deux fois la gravité terrestre. Lorsque ces rats sont sortis de la centrifugeuse, ils subissent deux fois moins de gravité, c'est exactement comme lorsqu'un humain est envoyé dans l'espace et qu'il passe de la gravité terrestre à la microgravité. Les chercheurs se sont aperçus que les rats élevés en centrifugeuse mettaient deux fois plus de temps pour se retourner que le groupe contrôle. Ils en concluent donc que l'être humain comme le rat a développé des réflexes posturaux qui ont été contraint par l'environnement dans lequel il vit.

Un cerveau statisticien malgré lui

Les informations sensorielles reçues par les différents capteurs sont intégrées au système nerveux central pour aider le cerveau à décider quel muscle activer pour maintenir une position debout ou pour mettre en mouvement le corps. C'est la tâche du cervelet de récupérer, d'analyser et de comparer les différentes informations afin d'obtenir un sens de l'orientation et de l'équilibre. Le cerveau fonctionne comme un statisticien dont les mathématiques semblent suivre la théorie bayésienne³. Ils attribuent à chaque signal une probabilité et le cerveau combine chaque probabilité. Le poids attribué à chaque capteur est différent pour chaque personne, ce qui fait que le sens de l'orientation est perçu différemment pour chaque être humain. L'avantage (ou un des avantages) d'avoir un sens de l'équilibre basé sur plusieurs signaux se révèle lorsqu'un des signaux est déficitaire ou défectueux. Émilie était en effet très impressionnée lorsque le

funambule s'est caché les yeux : l'acrobate a dû se servir bien plus d'autres capteurs comme les récepteurs cutanés.

Après toutes ces réflexions sur le maintien d'équilibre, Émilie se rappelle soudainement ce qui est arrivé à son grand-père. Les chutes sont la principale cause d'hospitalisation pour blessures chez les Canadiens âgés⁴. En effet, le vieillissement s'accompagne de nombreux changements comme une altération des fonctions sensorielles et motrices ainsi que cognitives. Le maintien de l'équilibre est plus difficile lorsque tous les récepteurs participant normalement au contrôle de la posture ne sont pas disponibles. D'une manière générale, la pratique d'une activité physique régulière est une mesure efficace pour prévenir les chutes. Elle retarde la perte musculaire et le déclin des capacités fonctionnelles. Des traitements rééducatifs basés sur les différents aspects sensoriels, biomécaniques et cognitifs sont des meilleures stratégies d'équilibration. Émilie a un éclair dans sa tête, elle sait ce qu'elle veut proposer à son grand-père : pourquoi ne pas l'emmener essayer un cours de cirque?

Bibliographie

¹ Lee, D. N., & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception & Psychophysics*, 15(3), 529-532.

² Bouet, V., Wubbels, R. J., De Jong, H. A. A., & Gramsbergen, A. (2004). Behavioural consequences of hypergravity in developing rats. *Developmental Brain Research*, 153(1), 69-78.

³ Angelaki, D. E., Klier, E. M., & Snyder, L. H. (2009). A vestibular sensation: probabilistic approaches to spatial perception. *Neuron*, 64(4), 448-461.

⁴ Agence de la santé publique du Canada. (2014). Chutes des aînés au Canada, Deuxième rapport, Ottawa.

