

# Chapitre 1

## Sixième sens

### Points forts

Le sixième sens est la perception de soi-même, statique et en mouvement, dans le champ gravitationnel terrestre.

Les stimuli sont les accélérations résultant des forces appliquées sur la tête.

Les capteurs sensoriels sont situés dans le labyrinthe postérieur de l'oreille interne (vestibule).

Les informations vestibulaires remontent à l'encéphale par des voies mêlées aux voies proprioceptives somesthésiques.

Sous contrôle cérébelleux, les connexions se font :

- d'une part par des voies réflexes à trois neurones avec les noyaux oculomoteurs et la musculature cervicale ;
- et d'autre part avec les cornes antérieures de la moelle thoracique et lombaire pour le contrôle du tonus de la musculature antigravitaire.

Il y a des connexions avec les centres neurovégétatifs.

Le sixième sens se construit jusqu'à l'âge de 7 ans par intégration des stimuli vestibulaires et des réponses somesthésiques internes.

### Préambule

Depuis Aristote<sup>1</sup>, un système sensoriel se reconnaît à ce qu'il assure une « fonction par laquelle le système nerveux perçoit consciemment et analyse des objets ou des phénomènes extérieurs ». Outre l'olfaction, la vision, l'audition, le goût et le tact, il en avait oublié un : la perception spatiotemporelle (ou spatialisation inclusive<sup>2</sup>). C'est-à-dire savoir à tout moment, dans quelle position on est par rapport à la pesanteur et savoir si on est immobile ou en mouvement, dans quel sens et sur quelle distance.

1. 384-322 av. J.-C.

2. Inclusif : qui contient en soi quelque chose d'autre.

Dans la vie quotidienne, ce 6<sup>e</sup> sens peut se révéler inopinément. Après avoir tourné 5 à 10 minutes en dansant une valse, lorsque la musique s'arrête, les danseurs sont brutalement projetés sur le côté (*épreuve post-giratoire*). En bateau, de nombreux sujets sont atteints du mal de mer (cinétoses). En avion, après le décollage, on perçoit nettement que le nez de l'appareil se relève avant qu'il atteigne son altitude de croisière. Enfin, il paraît que tout tourne lorsqu'on a bu trop d'alcool ? (Nystagmus alcoolique).

### Construction du 6<sup>e</sup> sens

La perception spatiotemporelle repose sur deux types de capteurs.

Les premiers, constituant l'appareil vestibulaire sont situés dans l'oreille interne. Ils captent des **stimuli externes**. Ce sont les trois canaux semi-circulaires et les deux macules otolithiques pour évaluer mécaniquement les **accélération**s auxquelles la tête est soumise dont la pesanteur. Les canaux fonctionnent comme des gyroscopes utilisant l'inertie du liquide endolymphatique qu'ils contiennent. Les macules otolithiques font office de fil à plomb où le plomb est remplacé par les otolithes ou pierres d'oreille constituées de cristaux de carbonate de calcium.

Les seconds, dits proprioceptifs, captent des **stimuli internes**. Ils sont situés dans les organes de la mobilité pour détecter la position des membres (statesthésie) et signaler leurs mouvements (kinesthésie). Les récepteurs tendineux de Golgi et les fuseaux neuromusculaires qui sont sensibles aux élongations musculaires. Au niveau des capsules articulaires, les corpuscules de Ruffini sont sensibles à la position des pièces squelettiques.

Ainsi, la perception spatiotemporelle est une construction intégrant les informations sur le

monde extérieur avec la réponse du corps acquise par l'expérience. Cet apprentissage de l'équilibre commence dès le 7<sup>e</sup> mois de la vie fœtale lorsque la maturité de l'oreille interne est achevée (cf. chapitre 2). Chez l'enfant, il s'achève vers l'âge de six ans pour la contribution vestibulaire et vers l'âge de 8 ans pour la contribution visuelle [1].

## Quels stimuli pour le 6<sup>e</sup> sens ?

Les stimuli primaires du système vestibulaire sont les forces exercées sur la tête qu'on peut représenter par des vecteurs selon trois axes (fig. 1.1). Si ces forces s'annulent, on est dans le cadre d'un équilibre statique. Sinon, la **force résultante** imprime un mouvement dont l'**accélération** excite les organes vestibulaires dans le cadre d'un équilibre dynamique.

L'axe vertical « ou axe Z » passe par le vertex. Il correspond aux accélérations linéaires subies dans un ascenseur et aux accélérations angulaires des rotations de la tête dans le plan horizontal (zigzag ou *yaw*<sup>3</sup> en anglais). L'axe horizontal antéropostérieur « ou axe X » passe par le nez et la nuque. Il correspond aux accélérations

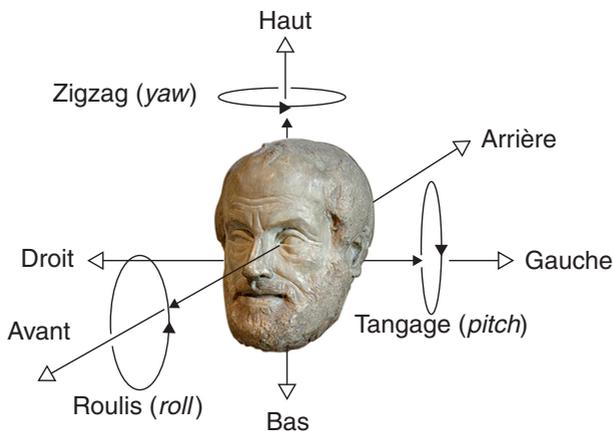
3. Terme nautique.

linéaires en voiture (aux feux tricolores) et aux accélérations angulaires des rotations de la tête dans le plan frontal (roulis ou *roll* en anglais). L'axe horizontal interauriculaire « ou axe Y » passe par les deux conduits auditifs externes. Il correspond aux accélérations linéaires des latéropulsions et aux accélérations angulaires des rotations de la tête dans le plan sagittal (tangage ou *pitch* en anglais).

Les mouvements uniformes ne sont pas captés. Seuls sont captés les changements de vitesse. D'autre part, les accélérations linéaires sont indiscernables de l'accélération en rapport avec la pesanteur (cf. chapitre 5, encadré Paradoxe otolithique). Il peut donc y avoir des confusions entre la direction de la verticale et le mouvement de la tête à l'origine d'illusions catastrophiques pour qui pilote un petit avion. Mais, le 6<sup>e</sup> sens s'adapte car comme toute perception sensorielle, il garde longtemps une grande plasticité.

## Connexions vestibulaires

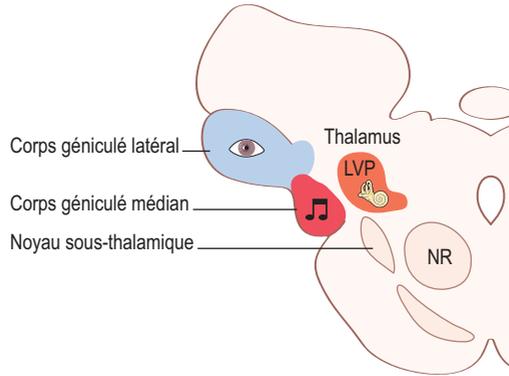
La principale caractéristique du système vestibulaire est d'être connecté à tous les étages du névraxe : cortex cérébral, noyaux oculomoteurs, cornes antérieures de la moelle, noyau du nerf pneumogastrique et cervelet. C'est ce qui



**Figure 1.1.** Facultés de mobilité de la tête.

Elles correspondent à des accélérations linéaires et angulaires dont les noms sont empruntés au vocabulaire nautique (cf. texte).

Source : Sauvage JP, Grenier H. Guide de rééducation vestibulaire. Paris : Elsevier-Masson ; 2015.



**Figure 1.2.** Relais sensitivosensoriels du paléocerveau et du thalamus.

De dedans en dehors, on trouve : la sensibilité proprioceptive et vestibulaire dans le noyau latéro-ventral-postérieur (LVP) qui reçoit le lemnie médian (ruban de Reil médian). Plus en dehors du précédent, on trouve les voies auditives qui arrivent au corps genouillé médian par le lemnie latéral (ruban de Reil latéral). Et enfin, le plus externe est le tractus optique arrivant au corps genouillé latéral par les bandelettes optiques.

explique qu'il soit impliqué dans de nombreuses fonctions dont des réflexes à trois neurones.

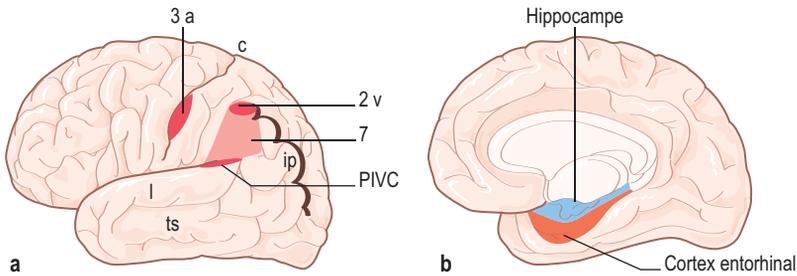
- *Fonction 1 : cognition.* Les informations vestibulaires mélangées aux informations somesthésiques remontent à la conscience par le noyau latéro-ventral-postérieur du thalamus (fig. 1.2).
- *Fonction 2 : stabilisation du regard au cours des mouvements de la tête.* Les canaux semi-circulaires sont connectés aux noyaux oculomoteurs. Cette stabilisation est indispensable car la rétine fonctionne par une lente cascade de réactions chimiques et que l'image devient trouble dès que la cible bouge trop vite (dès 2-3°/s). Le principe de cette stabilisation est que les canaux semi-circulaires produisent une rotation des yeux égale et de sens contraire à celle de la tête (réflexe vestibulaire oculomoteur).
- *Fonction 3 : stabilisation du corps en dépit des forces contraires.* Le système otolithique est connecté à chaque hémicorps. Il gère ainsi le tonus postural des muscles antigravitaires. Il détecte aussi les chutes dès leur début et déclenche alors une cascade de mouvements de rattrapage.
- *Fonction 4 : stabilisation de la tension artérielle lors de la mise en position érigée.* Grâce aux connexions vestibulaires avec le système neurovégétatif du noyau pneumogastrique, le cœur accélère dès le début du mouvement. Si on comptait seulement

sur le sinus carotidien pour augmenter la pression artérielle, on ferait une hypotension chaque fois qu'on se lève de sa chaise.

Contrairement aux autres systèmes sensoriels, il n'y a pas de cortex vestibulaire exclusif. En revanche, si on pratique une forte excitation vestibulaire (*cf.* chapitre 8, § Épreuve calorique) l'IRM fonctionnelle détecte une activité dans de multiples régions : pariéto-temporale, frontale et somatosensorielle.

Par exemple, dans le cortex pariéto-insulaire vestibulaire (PIVC), il y a 50 % d'entrées vestibulaires, le reste étant des entrées visuelles et somesthésiques (fig. 1.3). Dans l'hippocampe et le cortex entorhinal, on a mis en évidence des neurones de direction de la tête (HD) s'activant lorsque la tête pointe dans certaines directions, y compris dans l'obscurité. Le mécanisme repose sur l'intégration de la vitesse de la tête fournie par le système vestibulaire. Cette activité disparaît après labyrinthectomie chimique (*cf.* chapitre 14, § Injections transtympaniques). Dans ces structures, on trouve aussi des neurones de lieu (ou de grille) s'activant pour des localisations précises, véritable GPS se renouvelant en cas de changement d'environnement.

Enfin, le système vestibulaire se connecte au cerveau émotionnel (hippocampe). Ainsi s'explique l'angoisse rencontrée dans l'acrophobie et les vertiges.



**Figure 1.3.** a. Cortex pariéto-insulo-vestibulaire (PIVC) et autres aires corticales impliquées. b. Zones d'entrées vestibulaires dans le cerveau émotionnel comprenant l'hippocampe et le cortex entorhinal.

## Syncrétismes sensoriels

Même si l'organe vestibulaire et les organes de la mobilité sont capables de fournir des milliers de sensations élémentaires distinctes par unité de temps, ce sont des combinaisons perceptives syncrétiques complexes et peu nombreuses qui sont utilisées. Il s'agit de représentations internes de l'orientation du corps, d'appréciations des directions et des distances, de modifications de la mémoire spatiale, d'interprétations de l'environnement (anxiété, peur de tomber et mal des transports). Le facteur temps intervient pour reconnaître la cinématique, la dynamique et la nature du mouvement : inertiel, chute ou balancement. Trois complexes syncrétiques sont classiques : quand on bouge la tête, un objet immobile le reste. Même en inclinant la tête, on continue de voir les objets dans leur position normale avec des verticales correctes. Les forces verticales contrariées permettent d'évaluer le poids des objets que l'on tient.

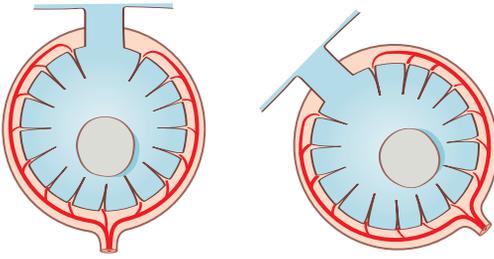
L'objectif principal est de distinguer les mouvements des objets extérieurs, des effets visuels dus aux mouvements de son propre corps. Les cinq autres sens participent aussi à cette construction. Par exemple, la rétine périphérique perçoit les mouvements relatifs d'une scène visuelle. En gare, assis près de la fenêtre dans un train en partance, en lisant un journal, le lent démarrage du train voisin sur la ligne voisine donne soudain l'impression de reculer (ou d'avancer). C'est une illusion de déplacement ou « sensation de vection alors qu'on est immobile » vite corrigée par le système vestibulaire attestant que l'on est immobile. Même les

mécanorécepteurs cutanés sont au service de l'orientation. La main peut être mise au service du contrôle de la posture. Par exemple, une personne âgée à son domicile, compense sa presbyvestibulie en touchant les meubles. Dans la rue, l'apport d'une canne n'est pas celui d'une béquille mais celui de toucher le sol pour augmenter la proprioception.

L'expérimentation pendant les vols spatiaux en impesanteur fournit un modèle de suppression de la fonction otolithique. Chez les spatonautes, on constate d'importantes perturbations cognitives seulement atténuées par un entraînement intensif préalable : désorientation spatiale avec illusions perceptives, déficit du contrôle moteur de la main ou d'un bras télécommandé, modifications de l'horloge biologique, difficultés à s'endormir et insomnie par perte de la sensation d'être allongé. Ils finissent par s'adapter. Mais ces perturbations persistent après le retour en cas de séjour prolongé. En particulier, la perte de densité osseuse et l'hypotension orthostatique.

## Phylogénèse

Le statocyste a été le premier organe de l'équilibre apparu il y a 600 millions d'années chez les méduses et les cœlentérés. Il est constitué d'une vésicule renfermant des cellules sensorielles ciliées et d'une pierre formée de sels calcaires empruntés au milieu extérieur (fig. 1.4). La vision et le système vestibulaire ont été les deux premiers systèmes sensoriels apparus sur Terre. L'amphioxus ne possédait qu'un seul œil mais aussi un système d'équilibration (fig. 1.5).



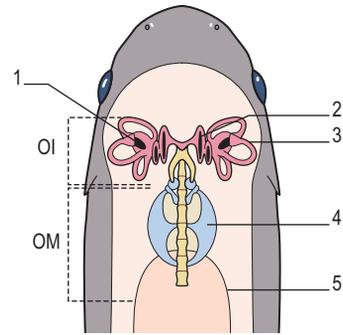
**Figure 1.4. Statocyste.**

Le poids de la particule calcaire indique la direction du centre de la terre. Si on la remplace par une paillette de fer, l'animal, s'oriente en fonction de la direction du champ magnétique auquel on l'expose. Ce sont les ancêtres des otolithes.

Les poissons sont munis d'un labyrinthe complet formé de canaux semi-circulaires et de macules otolithiques. Leur ligne latérale est en outre capable de détecter le remous de l'eau. Ce n'est qu'à partir des poissons téléostéens (carpe, truite, brochet) qu'une partie de ce labyrinthe devient capable de détecter les vibrations de la vessie natatoire pour devenir cochlée chez les mammifères (fig. 1.6).

## Symptôme vertige

Les canaux semi-circulaires n'ont été identifiés qu'en 1561 [2] par Fallope et n'ont été l'objet d'un atlas que par Du Verney en 1683 [3]. Ces anatomistes pensaient qu'ils étaient remplis d'air et qu'ils servaient de résonateurs pour l'audition à la manière d'embouchures de trompette. Il a fallu



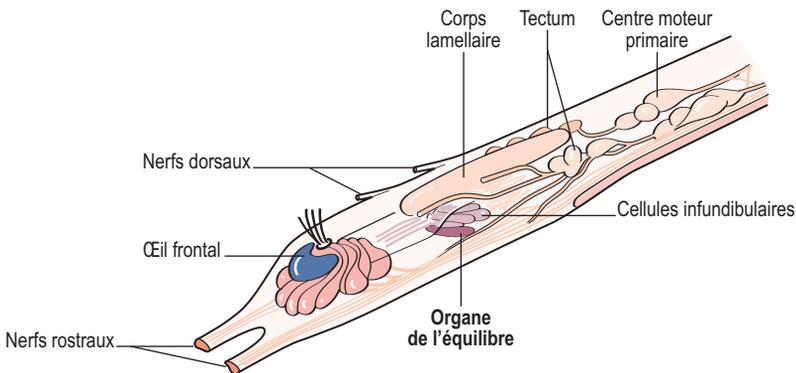
**Figure 1.6. Poissons téléostéens.**

1. Utricule ; 2. Saccule ; 3. Canaux semi-circulaires ; 4. Osselets ; 5. Vessie natatoire. OI : oreille interne ; OM : oreille moyenne.

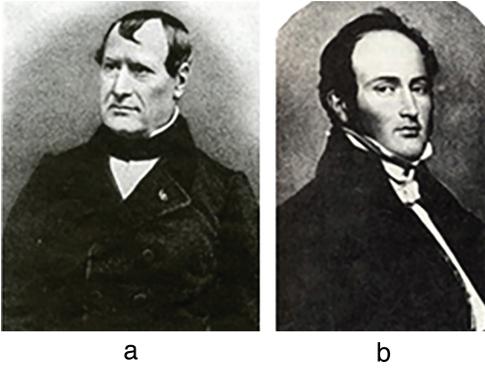
attendre les expériences de Flourens en 1830 [4] pour montrer que si on détruisait un canal semi-circulaire chez le pigeon, celui-ci présentait des mouvements rythmiques de la tête dans le plan de ce canal. Et ce ne fut qu'en 1861, que Menière (fig. 1.7) sortit les vertiges des épilepsies [5].

Mais, si la fonction et la pathologie vestibulaires ne sont connues que depuis moins de 200 ans, en revanche, le terme vertige était connu depuis l'antiquité. Dans les écrits anciens, on retrouvait déjà chez les patients, la désorganisation angoissante des relations de l'organisme avec l'espace que l'on retrouve encore aujourd'hui chez les nôtres.

De nos jours, en médecine, le vertige est défini comme une illusion de mouvement. Mais nos patients continuent de raconter leur vertige comme le décrivaient les papyrus de la grande



**Figure 1.5. Amphioxus protochordé.**



**Figure 1.7.** Les promoteurs du vestibule.

a. Pierre-Jean-Marie Flourens 1794-1867. b. Prosper Menière 1799-1862.

bibliothèque d'Alexandrie. On retrouve la pseudo-ébricité (*dizziness* en anglais), les troubles de l'équilibre, les sensations de flottement et de décalage. Surtout, on retrouve de nombreux symptômes associés : douleurs, tension cervicocéphalique, asthénie et crises de panique. Les multiples connexions vestibulaires à tous les étages du névraxe expliquent que ces symptômes débordent du cadre étroit de l'illusion de mouvement faisant même penser à des troubles fonctionnels. Il n'est pas étonnant que ces sensations étranges et indescriptibles soient génératrices d'anxiété. Elles induisent progressivement des comportements

d'évitement dégradant la vie sociale et professionnelle.

## Conclusion : au commencement, était l'oreille interne

La vie sur terre ne s'est pas seulement façonnée sur la lumière du soleil et l'oxygène de l'atmosphère. Pour se nourrir et se déplacer, dès le commencement, il a aussi fallu faire avec la gravité terrestre. Ceci explique que le système vestibulaire soit impliqué à tous les niveaux de la physiologie, même si c'est un tout petit système de mesure.

## Références

- [1] Perrin C. Maturation de l'appareil de l'équilibration. In : Bordure P, Legent F, Bories F, Morgon AM, Clanet M, Perrin C, éditeurs. Groupe d'étude des vertiges : Vertiges 95. Paris : Arnette ; 1996. p. 89-96.
- [2] Fallope G. Observationes Anatomicae. 1561.
- [3] Du Verney JG. Traité de l'organe de l'ouïe. 1683.
- [4] Flourens JP. Expériences sur les canaux semi-circulaires des oiseaux. Mem Acad Roy de Sci 1830;9:455-6.
- [5] Menière P. Mémoire sur des lésions de l'oreille interne donnant lieu à des symptômes de congestion cérébrale apoplectiforme. Gazette médicale de Paris 1861;38:595-601.