

### Un peu de gymnastique pour le cerveau

C3 M355493 357 B13N D1FF1C1L3 4 L1R3,  
 M415 V07R3 C3RV34U 5'4D4P73 R4P1D3M3N7.  
 4U C0MM3NC3M3N7 C'357 D1FF1C1L3,  
 M415 M41NT3N4N7 V0U5  
 Y P4RV3N3Z 54N5 D1FF1CUL73.  
 C3L4 PR0UV3 4 QU3L P01N7  
 V07R3 C3RV34U L17 4U70M471QU3M3N7  
 54N5 3FF0R7 D3 V07R3 P4R7.  
 50Y3Z F13R, C3R741N35 P3RS0NN35  
 3N 50N7 1NC4P4BL35.  
 P4R7493R 51 V0U5 4V3Z R3U551  
 4 L1R3 C3 73X73.

www.demotivateur.fr

## I. RAPPEL SUR LA FONCTION SENSORIELLE

### 1. Définition

Les fonctions sensorielles sont indispensables à la vie chez l'Homme et les animaux.

Elles sont indispensables pour que l'Homme et les animaux réagissent et adaptent en permanence leurs comportements vis à vis de leurs environnements. Les neurones sensorielles transmettent les stimuli vers la moelle épinière et/ou l'encéphale qui sont des centres d'intégration.

Il existe 5 sens qui sont :

- La VISION,
- L'AUDITION,
- Le GOÛT,
- L'ODORAT,
- Le TOUCHER

### 2. Propriétés Des Capteurs Biologiques

Les capteurs biologiques sont caractérisés par deux propriétés : la spécificité et la sensibilité.

Exemple de sensibilité : sentir une molécule

**SON** : oreille humaine : 20Hz à 20kHz

chien > 30 kHz (ultrasons)

**VISION** : œil humain 400-700 nm

œil moustique > IR

### 3. Plan d'étude d'une fonction sensorielle

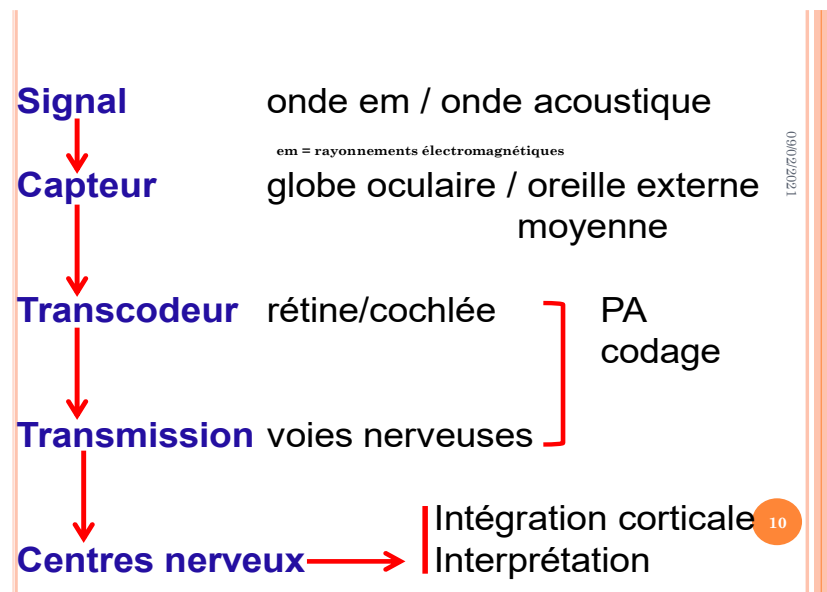


Figure 1: Plan d'étude d'une fonction sensorielle

## II. L'AUDITION

C'est l'aptitude à percevoir les sons permet aux animaux d'explorer leur environnement. La fonction auditive a un caractère adaptatif et elle est nécessaire à la survie des différentes espèces. Les animaux doivent percevoir les sons avec une grande acuité pour pouvoir les discriminer avec précision : ils se sont dotés d'un appareil auditif extrêmement performant. Le nombre de cycles de compression et de dilatation de l'air/seconde (1 cycle = 1Hz) Le chien perçoit des ondes sonores de 50 000 hertz, alors que l'homme n'entend que les sons dont la fréquence ne dépasse pas 30 000 Hz. Ainsi les fréquences non perceptibles par l'oreille humaine le peuvent par les chiens. Il existe des sifflets à "à ultrasons" qui sont inaudibles pour l'homme, mais entendus par le chien.

L'oreille est un organe sensoriel spécialisé dans deux fonctions:

- ✚ Audition (Communication orale, Art et musique...) et
- ✚ Equilibration

### 1. Définition du son

Le son est l'effet de la vibration (de l'air) par un déplacement local des particules. La propagation est différente selon les milieux.

- ✓ Air 340m/s
- ✓ Eau 1500m/s
- ✓ Fonte 3000m/s

Le son peut être défini comme représentant la partie audible du spectre des vibrations acoustiques.

L'audition prend essentiellement en compte deux paramètres des vibrations acoustiques : la fréquence ou nombre de vibrations par seconde (Hertz = Hz) qui définit les sons aigus et graves, et l'intensité ou amplitude de la vibration (décibel = dB) qui définit les sons forts ou faibles.

Trois paramètres du son:

- Intensité en Décibels (sa force)
- Fréquence en Hertz (grave, aigu, pur ou bruit )
- Durée

## 2.1. L'intensité

L'un des inventeurs du téléphone s'appelle Graham BELL 1876. C'était un éducateur auprès des sourds, inventeur et scientifique, né le 3 mars 1847 à Édimbourg, Écosse.

L'échelle logarithmique: lorsqu'on double le nombre de sources sonores , on ajoute 3 dB.

Exemple : complétez

- → si 10 personnes émettent      60      dB
- → 20 personnes émettront              dB
- → 40 personnes émettront              dB
- → 80 personnes émettront              dB

130 dB : avion à réaction au décollage à une distance de 25m

120 dB : coup de tonnerre à proximité

110 dB : train passant à proximité

100 dB : atelier de chaudronnerie en pleine activité

90 dB : bruit de circulation intense

80 dB : rue animée, salle de réunion

70 dB : intérieur d'un train en marche

60 dB : conversation courante

50 dB : appartement normal

40 dB : extérieur calme, campagne

30 dB : appartement dans quartier calme

10 dB : studio d'enregistrement

0 dB : seuil d'audibilité



Figure 2: Les Dukhas de Mongolie ! extérieur calme (20dB)



Figure 3: Les Dukhas de Mongolie ! 120 dB : coup de tonnerre à proximité

## 1.2. Fréquence

C'est le nombre de vibrations par seconde. Plus le nombre de vibrations /sec est important et plus le son est aigu. Son aigu : (fréquences élevées)

Bande passante de l'oreille : 16 - 16000 Hz- 20 000 Hz pour l'homme

La bande passante est la bande de fréquences comprise entre deux fréquences extrêmes.

Par exemple, l'oreille humaine a une bande passante comprise entre 20 Hz et 20 000 Hz. Plus on vieillit, plus la bande passante se réduit, surtout dans les aigus.

Les fréquences étudiées en pratique : Son grave : (fréquences basses)

Voix humaine : 500 - 2000 Hz.

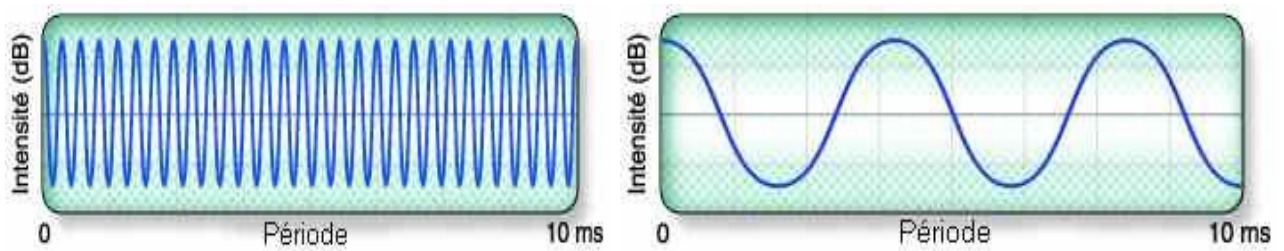


Figure 4: Son aigu et son grave (Pr Kania R)

## 2. Structure de l'oreille

L'oreille est formée de trois parties:

- ✚ L'oreille externe
- ✚ L'oreille moyenne et
- ✚ L'oreille interne

La figure 2 (a) montre la structure de l'oreille chez le chien.

La figure 2 (b) montre la structure de l'oreille chez le chat.

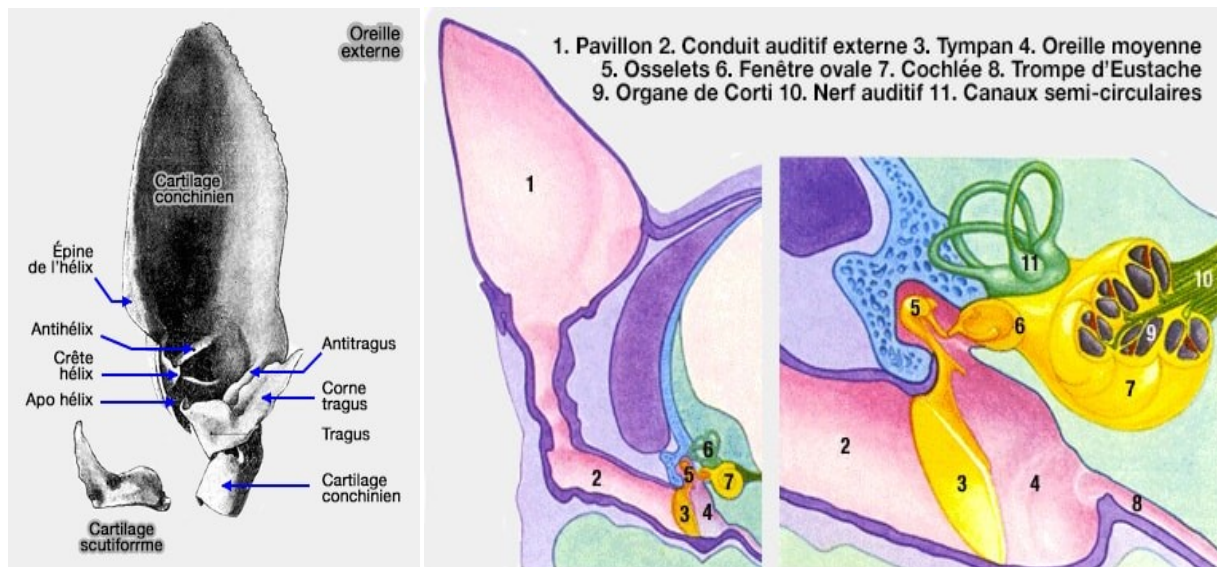


Figure 5: (a): Oreille de chien ; b): Oreille de chat

### III. L'OREILLE EXTERNE

L'oreille externe capte les sons par le pavillon et le conduit auditif externe le transmet à l'oreille moyenne.

- L'oreille externe amplifie et module les sons transmis à l'oreille moyenne selon sa forme et ses reliefs (canalisation du son).

La forme de l'oreille humaine amplifie de 30 à 100 fois les fréquences entre 2 000 et 5 000 Hz, pour la perception du langage.

- L'oreille externe, plus ou moins fixe chez l'homme, mais très mobile chez les animaux, permet une localisation des sons (comportement de prédation).

La plupart des animaux possèdent une musculature mobilisatrice du pavillon bien développée ainsi le cheval a 17 muscles. Les tarsiers qui sont capables d'ECHOLOCATION ont des oreilles capables de s'orienter dans toutes les directions. Ceci les autorise à viser spatialement le son, avec une précision dont l'Homme n'en n'est pas capable.



Figure 6 : Tarsier (primate)

L'homme est pourvu de trois muscles en état de marche.



Les oreilles des chats sont en forme de cônes et sont pourvues de nombreux muscles qui permettent leur rotation sur  $180^\circ$  (Oreilles des carnivores domestiques). De plus, les deux oreilles sont indépendantes l'une de l'autre.



Figure 7: Oreilles de chat (Wright-Walters)



Figure 8: Oreilles de chiens (Alderton)

Chez les carnivores domestiques, sa morphologie est très variable selon les races :

- Courte , droite et dressée chez le chat et certaines races de chiens,
- Cassée et semi-tombante,
- Large et tombante

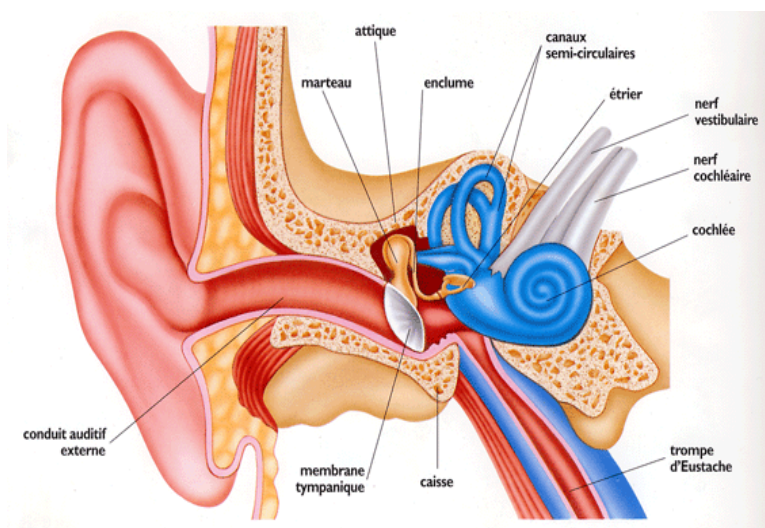


Figure 9 : Structure de l'oreille externe chez l'homme : pavillon et conduit auditif

Le pavillon auriculaire chez l'homme:

En avant: il y a l'articulation temporo-mandibulaire et la glande parotidienne.

En arrière: l'os mastoïde

Fixé au squelette par son 1/3 antérieur Hélix, Anthélix, Tragus, Antitragus

Structure fibro-cartilagineuse et 3 muscles auriculaires (antérieur, postérieur et supérieur).

**Le conduit auditif externe (Figure 9)** est un canal ostéo-cartilagineux allant du fond de la conque au tympan. Sa longueur 2,5cm chez l'homme et il est tapissé d'un tissu épidermique.

L'oreille externe joue un rôle de protection mécanique du système tympano-ossiculaire par l'angulation anatomique conduit cartilagineux/conduit osseux.

Chez les animaux

L'oreille externe est formée par 3 cartilages :

■ Le cartilage conchinnien

La partie supérieure forme le pavillon de l'oreille, avec des crêtes et des replis comme chez l'homme.

La partie inférieure forme la conque qui se termine en tube.

■ Le cartilage scutiforme

permet l'attache des muscles tirant l'oreille vers l'avant.

■ Le cartilage annulaire,

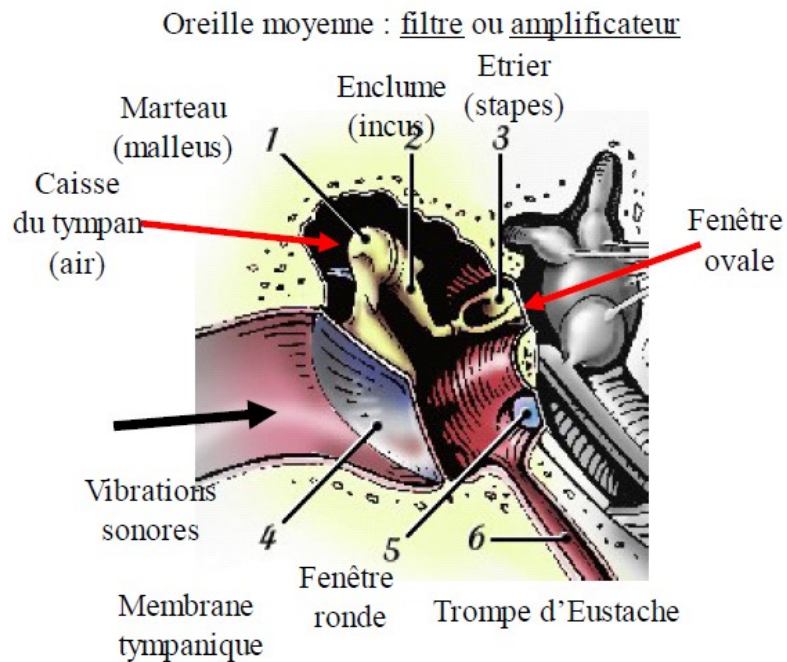
Il s'enroule sur lui-même et forme un tube à l'intérieur de la conque, forme, avec la partie inférieure du cartilage conchinnien, le conduit auditif externe qui canalise les ondes sonores jusqu'au tympan.

#### IV. L'OREILLE MOYENNE

L'oreille moyenne transmet l'énergie acoustique du tympan à l'oreille interne, en réalisant une adaptation d'impédance entre un milieu aérien et un milieu liquidien.

L'oreille moyenne amplifie les sons (figure 9). Elle est formée par :

- Le tympan,
- Les osselets,
- La caisse du tympan et la trompe d'Eustache



**Figure 10 : L'oreille moyenne**

L'oreille moyenne correspond au système tympano-ossiculaire, à la trompe d'Eustache et à la mastoïde. Ressemble à un petit tambour

Paroi externe = le tympan

- ✓ membrane fibro-élastique de trois couches (épidermique, fibro-élastique, muqueuse).
- ✓ Le manche du marteau, l'apophyse externe du marteau,
- ✓ les ligaments tympano-malléaires antérieurs et postérieurs
- ✓ Pars tensa,
- ✓ Pars flacida

1. La caisse du tympan:

Paroi interne

- Promontoire , fenêtre ovale et fenêtre ronde
- Aqueduc de Fallope où chemine le nerf facial

Paroi inférieure = Golfe de la veine jugulaire interne

Paroi postérieure = mastoïde

Paroi supérieure = attique → osselets

## 2. La chaîne ossiculaire

Elle est constituée de 3 osselets qui relient le tympan à la fenêtre ovale:

*Le marteau ou malleus*, le manche est inclus dans la membrane tympanique

*L'enclume ou incus*, situé dans l'attique, articulé avec le marteau et l'étrier

*L'étrier*, constitué de 2 branches et d'une platine qui obture la fenêtre ovale



Le système tympano-ossiculaire a pour fonction principale l'adaptation d'impédance des ondes transmises en milieu aérien vers le milieu liquidien de l'oreille interne.



**Figure 11 : Les osselets humains**

### **3. La trompe d'Eustache**

Elle a une fonction équipressive pour garder une pression identique de chaque côté du tympan et une fonction de drainage d'évacuation vers le cavum grâce au processus muco-cilaire.

la trompe d'Eustache est un canal ostéo-cartilagineux, tapissé par une muqueuse respiratoire, 35mm à 45mm de long. Elle comprend 2 orifices:

- Un orifice pharyngien, la fossette de Rosenmüller
- Une orifice tympanique, dans la caisse du tympan

Rôle de la trompe d'Eustache:

Elle a 2 fonctions :

- Équilibration des pressions entre la caisse du tympan et le milieu extérieur (assurée par les mouvements de déglutition)
- Drainage des sécrétions de la muqueuse en direction du rhinopharynx grâce aux cils vibratiles.

Les conséquences de l'obstruction de la trompe d'Eustache :

- Dépression dans la caisse du tympan,
- Rétraction de la membrane,
- Rétention de sécrétions

Il s'ensuit une diminution de l'audition et une otite séro-muqueuse.

## **V. L'OREILLE INTERNE**

L'oreille interne a une anatomie creusée dans l'os : le rocher à l'intérieur duquel est creusé le labyrinthe osseux (Figure 9).

En haut une partie postérieure avec 3 canaux , ensuite on a un vestibule avec 2 fenêtres : ronde et ovale et en avant le limaçon qui fait 2 tours et demi qui s'appelle la cochlée.

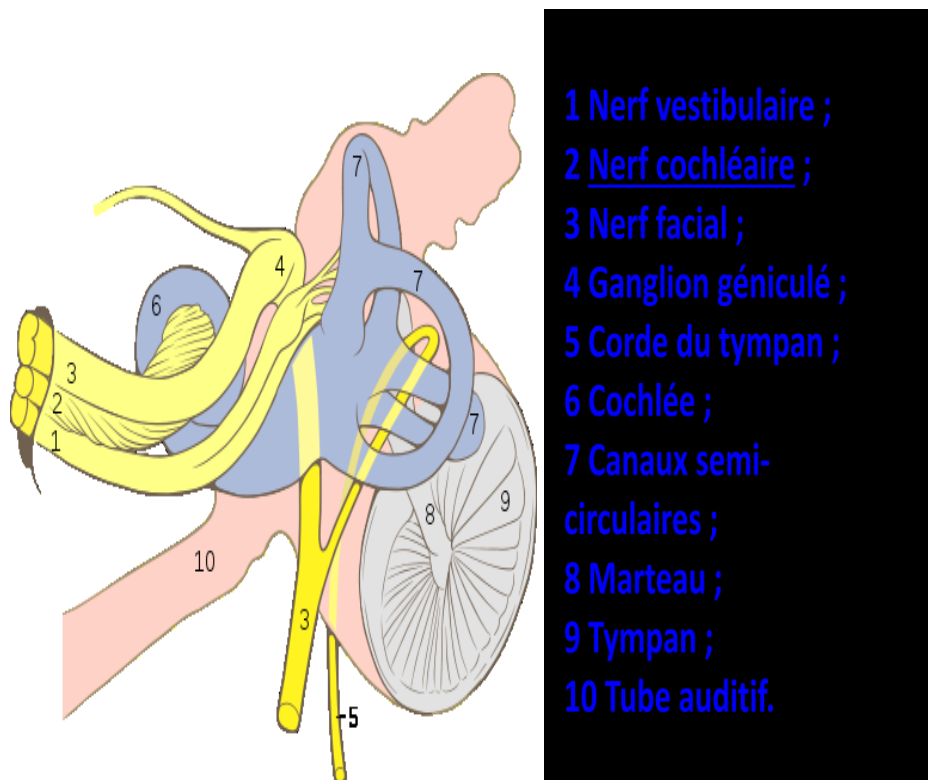


Figure 12: Structure de l'oreille moyenne et de l'oreille interne



Figure 13: L'oreille interne : la COCHLEE

1:la cochlée;2 Saccule ; 3 Utricule ; 4 Ampoule du canal postérieur ; 5 Ampoule du canal externe ; 6 Ampoule du canal supérieur ; 7 Canal endolymphatique.

### 1. La cochlée

Elle comporte 3 secteurs: l'organe de Corti, la rampe vestibulaire et la rampe tympanique.

L' organe de Corti: c'est l'organe qui va être responsable de la transduction de l'onde mécanique en un signal électrique.

L'organe de Corti est composé principalement:

- de cellules ciliées internes (CCI) ---> 1 rangée
- des cellules ciliées externes (CCE) ---> 3 rangées.
- Les extrémités des cils se retrouvent au niveau d'une membrane: la membrane tectoriale.

### Différences entre CCI et CCE

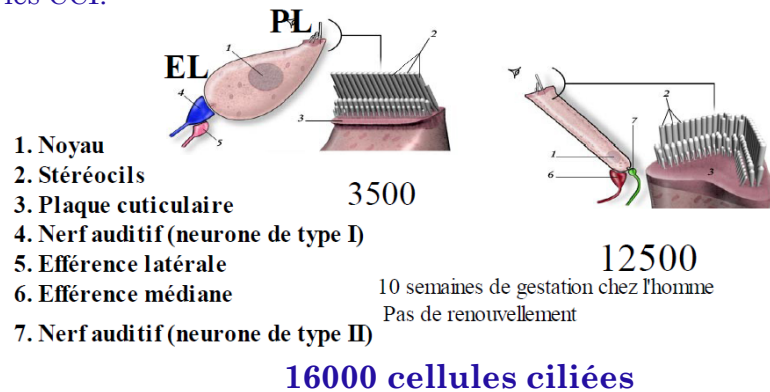
Organisation différente :

CCI (à gauche) : 1 seule rangée avec un alignement des cils

CCE (à droite) : 3 rangées organisées en V

Nombre différent : 3500 CCI pour 12500 CCE

Il existe des afférences et des efférences nerveuses sur les CCE et les CCI.

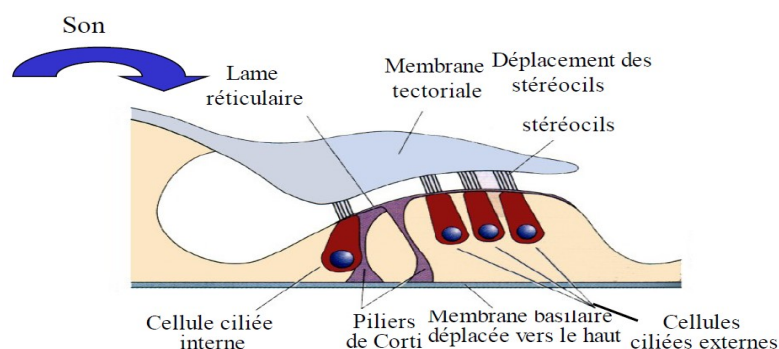


**Figure 14: L'organe de Corti les cellules ciliées externe (CCE) et les cellules ciliées internes**

Les stéréocils sont dans la membrane tectoriale, on a la lame réticulaire, les piliers de Corti qui s'adossent aux cellules ciliées internes, la membrane basilaire.

Lorsqu'il y a un son, il y a déplacement de la membrane basilaire qui va co-agir sur les stéréocils plus particulièrement sur les stéréocils des CCE (cellules ciliées externe).

Dès l'instant où la membrane basilaire va être le siège d'un mouvement, les cils seront entraînés.

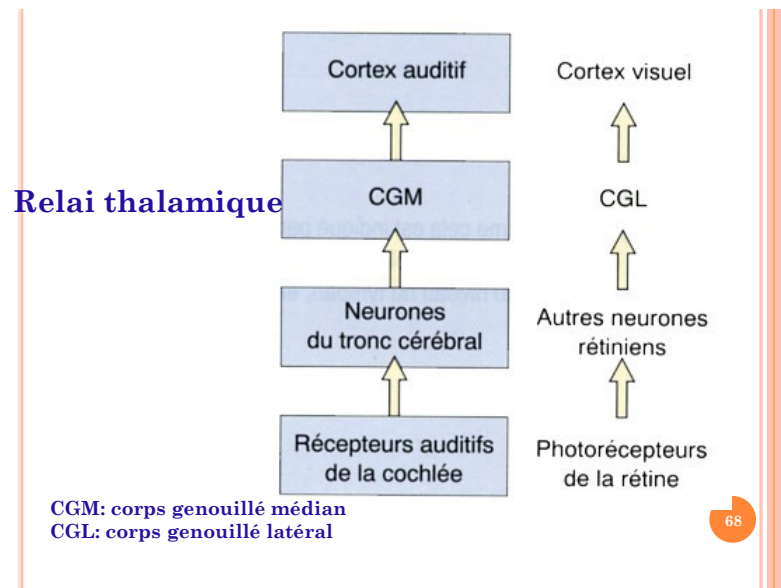


**Figure 15: Mouvements de la membrane basilaire lors de l'arrivée d'un son**

La rampe vestibulaire débouche sur la fenêtre ovale et la rampe tympanique débouche sur la fenêtre ronde. Ces deux rampes sont remplies de périlymphe chimiquement semblable au liquide cérebrospinal. Le canal cochléaire contient un liquide appelé l'endolymphe, dont la composition chimique est semblable à celle du liquide intracellulaire.

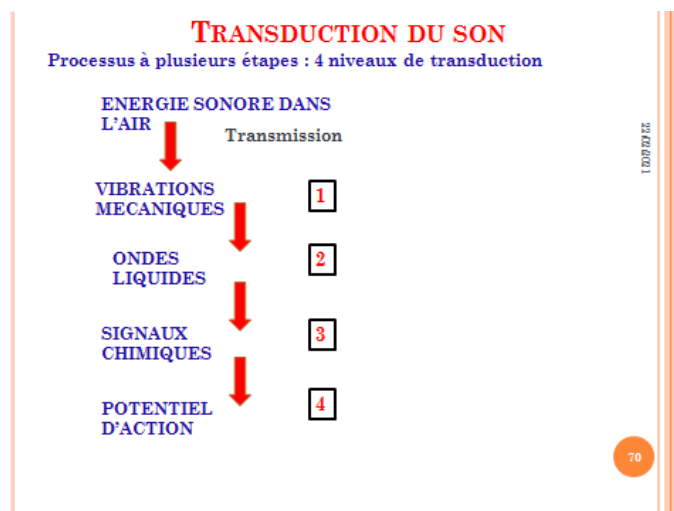
## 2. Rôle de la cochlée (figure 16)

- Transmission des sons par la fenêtre ovale
- Propagation de l'onde dans la périlymphe
- Excitation des cellules sensorielles
- Les fréquences basses sont à la base
- Les fréquences aiguës à l'apex



**Figure 16: Schéma général des voies auditives**

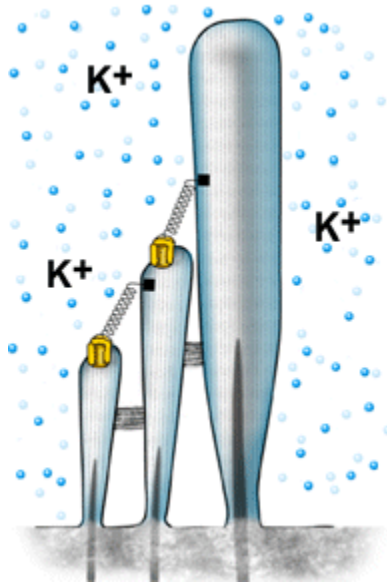
Au même titre que la vision, schématiquement, la cochlée va transmettre des informations neuronales jusqu'au tronc cérébral, le relais se fait au niveau du thalamus jusqu'au cortex auditif (figure 17).



### La mécano-transduction

Les stéréocils des cellules sensorielles (CC) sont le siège de la transduction mécano-électrique, ils vont transformer les vibrations en message nerveux qui vont être transmis au cortex cérébral.

Du fait que les stéréocils bougent cela provoque l'ouverture de canaux sensibles à l'étirement. Les stéréocils qui baignent dans l'endolymphe qui est un milieu riche en  $K^+$ . Ce milieu est caractérisé par un potentiel endocochlaire de +80 mV. Le corps cellulaire des CC est entouré de périlymphe qui est riche en  $Na^+$ . Le potentiel de membrane des CC est situé entre -70 mV à -55 mV. Le potentiel électrique entre l'endolymphe et le corps cellulaire des CC entraîne une entrée importante de  $K^+$  de l'endolymphe dans les cellules ciliées lors de l'ouverture des canaux mécano-sensibles. L'influx de cations dépolarise alors la cellule ciliée. Le  $Ca^{++}$  entre en même temps (figure 20).



**Figure 20 : Ouverture des canaux de transduction et adaptation**

Conception :Rémy Pujol, Régis Nouvian avec la participation de :Marc Lenoir

### **1<sup>ère</sup> transduction**

Les ondes sonores atteignent la membrane tympanique et deviennent des vibrations.

L'énergie de l'onde sonore est transmise aux 3 osselets de l'oreille moyenne qui vibrent.

### **2<sup>ème</sup> transduction**

L'étrier est fixé à la membrane de la fenêtre ovale.

Les vibrations de la membrane produisent des ondes dans le liquide de la cochlée.

### **3<sup>ème</sup> transduction**

Le liquide en mouvement pousse les membranes souples du canal cochléaire.

Les cellules ciliées se plient et libèrent le neurotransmetteur

### **4<sup>ème</sup> transduction**

La libération du neurotransmetteur sur les neurones sensoriels crée des PA qui se propagent le long du nerf cochléaire vers le cerveau. L'énergie des ondes traversant le canal cochléaire est transférée dans le canal tympanique et dissipée dans l'oreille moyenne par la fenêtre ronde (Figure 18).



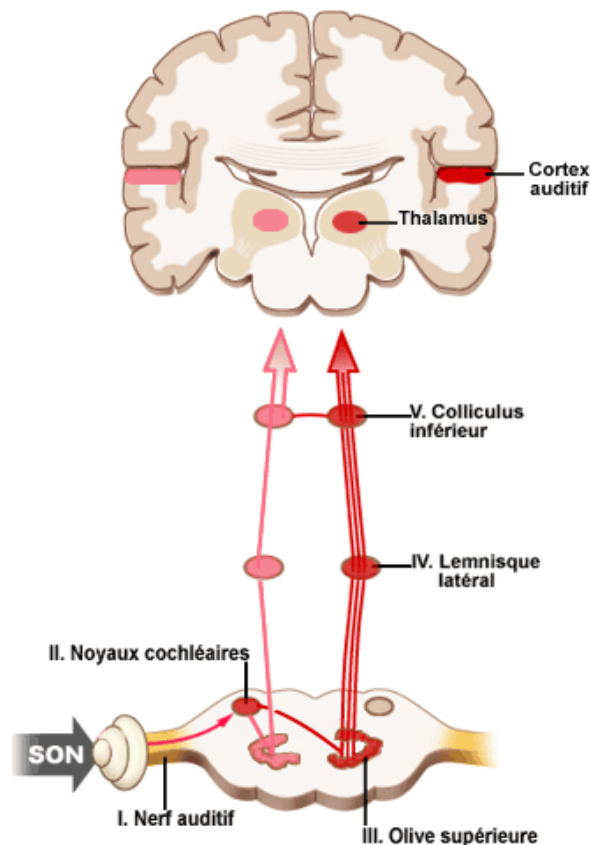


Schéma de référence des voies auditives permettant de repérer le site anatomique des différentes ondes du PEA.

- nerf auditif = onde I
- noyaux cochléaires = onde II
- olive supérieure = onde III
- lemnisque latéral = onde IV
- colliculus inférieur = onde V

Figure 18: Schéma de référence des voies auditives

## VI. OREILLE EQUILIBRATION

### 1. Le nerf cochléo-vestibulaire : nerf VIII

Issu de la réunion des 2 contingents :

- Le contingent vestibulaire se constitue de la réunion des nerfs ampulaires (externes, supérieurs et postérieurs) avec les nerfs utriculaires et sacculaires
- Le contingent cochléaire

### 2. Le rôle du vestibule

Le vestibule est un récepteur sensible aux positions et aux mouvements de la tête :

- Transmet des informations sur la position de la tête
- Transmet des informations sur les mouvements

Les canaux semi-circulaires sont sensibles aux accélérations angulaires dans le plan du canal stimulé.

Les **macules sacculaires** et **utriculaires** sont sensibles aux **accélération linéaire** et à la **pesanteur**

Elles rendent compte de la **position** de la tête dans l'**espace**.

Figure 3 Labyrinthe membraneux

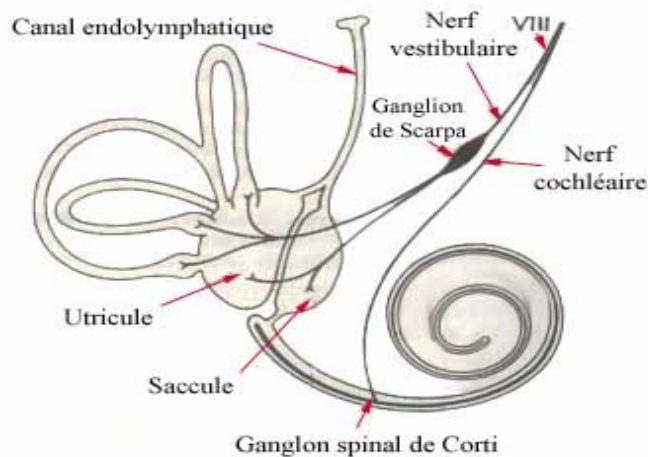


Figure 19: Le labyrinthe membraneux

Nerf vestibulaire a des projections sur (figure 19) :

- ✚ Noyaux vestibulaires centraux,
- ✚ Cervelet,
- ✚ Cortex Cérébral :
- ✚ Le noyau spinal qui contrôle le tonus postural et mouvement corporel,
- ✚ Le noyau oculaire qui contrôle la coordination des mouvements des yeux par rapport à la tête.

Le sens de l'équilibre peut être considéré comme un sixième sens. Ce sont les mouvements de la tête qui font bouger les liquides contenus dans l'oreille interne activant ainsi les récepteurs de l'équilibre. Ces récepteurs "vestibulaires" nous permettent d'être informés continuellement sur la position et les mouvements de notre tête dans l'espace et de contrôler notre posture. Les informations utilisées dépendent de la gravité.

Mécanismes de l'audition.

1. Les sons qui arrivent au niveau de l'oreille externe sont canalisés vers le conduit auditif externe.
2. Les sons frappent la membrane tympanique et provoquent sa vibration.
3. Les vibrations de la membrane tympanique sont amplifiées par le malleus, l'incus et la base du stapes.
4. La base du stapes fait bouger d'avant en arrière la fenêtre vestibulaire qui génère des ondes de pression dans la périlymphe de la cochlée.
5. Les ondes de pression se propagent jusqu'à l'endolymphe du canal cochléaire.
6. La stimulation des cellules liées de l'organisme spiral de la cochlée génère des influx nerveux qui se propagent le long du nerf vestibulo-cochléaire et atteignent l'encéphale.

**Bibliographie:**

MARIEB E.N et HOEHN K (2019). "Anatomie et physiologie humaines".

SILVERTHORN (2001). "Physiologie humaine".

PUJOL R., NOUVIAN R., LENOIR M. "La transduction mécano-électrique".