

NEUROBIOLOGIE

Sensorialité

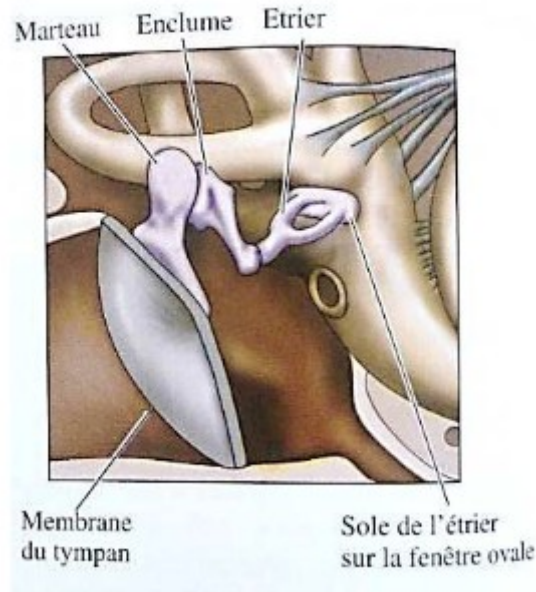
#L'oreille externe

Elle se constitue du **pavillon**, de la **conque** (ensemble de circonvolution retrouvé à l'entrée du conduit auditif) et du **conduit auditif**.

Elle a **3 fonctions**:

- Recueillir** l'énergie pour la focaliser sur la membrane tympanique
- Filtrer** les différentes fréquences pour obtenir des indications sur l'élévation de la source sonore
- Amplifier** les ondes sonores et certaines fréquences (préférentiellement celles avoisinant les 3000 Hz)

#L'oreille moyenne



Elle est constituée de la membrane tympanique, du marteau, de l'enclume et de l'étrier.

Elle a **1 fonction**:

-**Adapter l'impédance** (résistance) relativement basse du milieu sonore aérien à l'impédance plus élevée du liquide de l'oreille interne.

Gain de pression par **deux processus mécaniques**:

-Les ondes sonores vont arriver sur une grande surface, la membrane tympanique et on va **focaliser l'énergie sonore** sur une surface plus petite, la fenêtre ovale

-**Effet de levier** assuré par les 3 osselets de l'oreille interne.

A ce niveau, l'audition est régulée par **2 petits muscles**: Le **tenseur du tympan** innervé par le **nerf 5** et le **muscle de l'étrier** innervé par le **nerf 7**. Leur rôle va être de **réduire la mobilité** de la chaîne des osselets. → mécanisme de protection quand on est exposé à des bruits violents.

Au niveau de ces muscles il y a des pathologies.

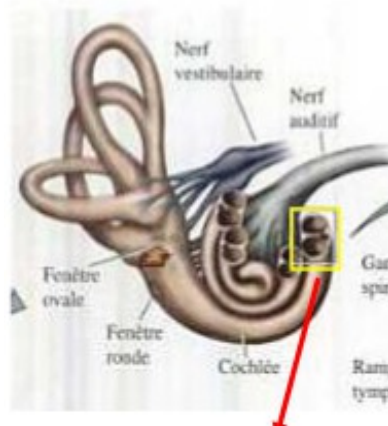
→ **Paralysie de Bell**: paralysie faciale (une partie du visage paralysie) elle affecte le nerf 7. On peut avoir des **phénomènes d'hyperacousie**

#L'oreille interne

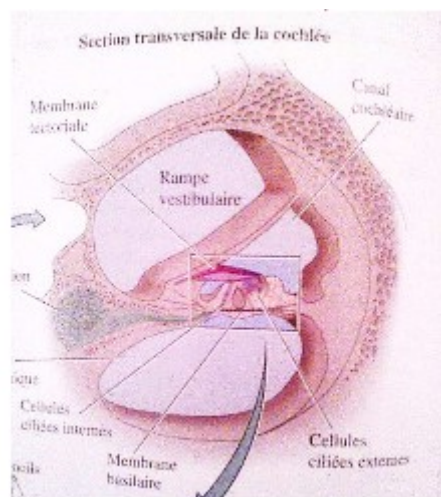
Elle est constituée de la **cochlée**. Cette cochlée est très importante! C'est à ce niveau qu'il y a **transformation** des ondes de pression d'origine sonore en

influx nerveux (activités électriques) → **mécano-transduction**. Elle a également un **rôle d'analyseur mécanique de fréquence**. C'est une structure très importante dans la caractéristique de la perception auditive.

La cochlée est une spirale d'environ **10mm** de large qui allongée représente un tube de **35 mm**.



Il y a différents compartiments dans la cochlée (3):



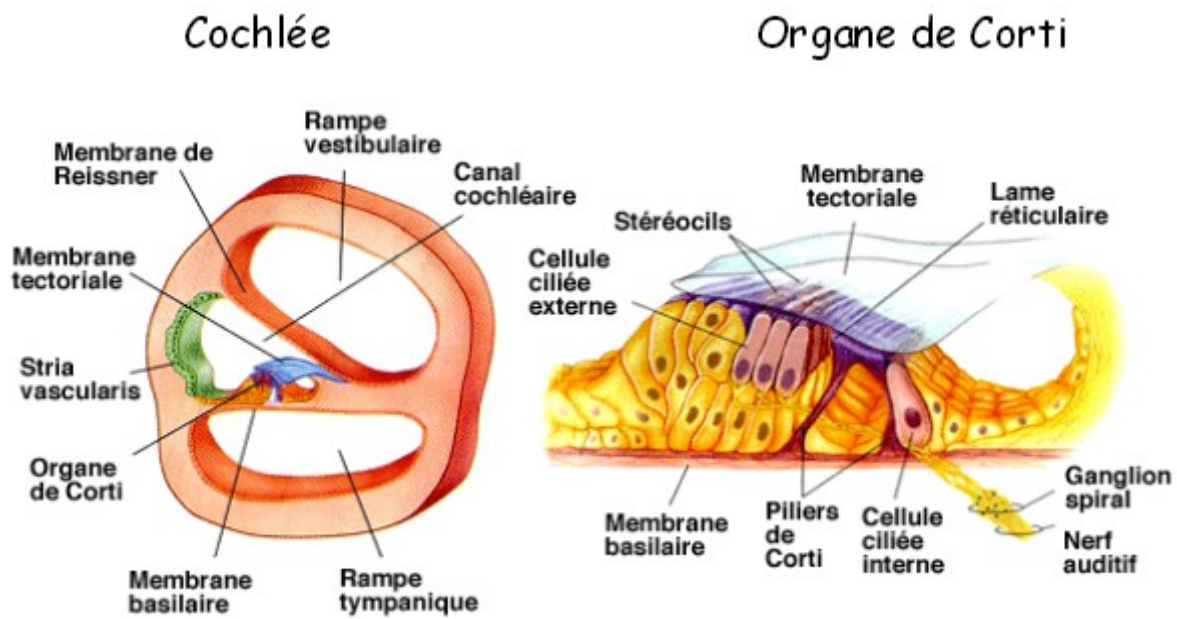
-Le compartiment cochléaire: La membrane basilaire + membrane de Reissner où se trouvent la membrane tectoriale et le canal cochléaire

-La rampe vestibulaire

-La rampe tympanique

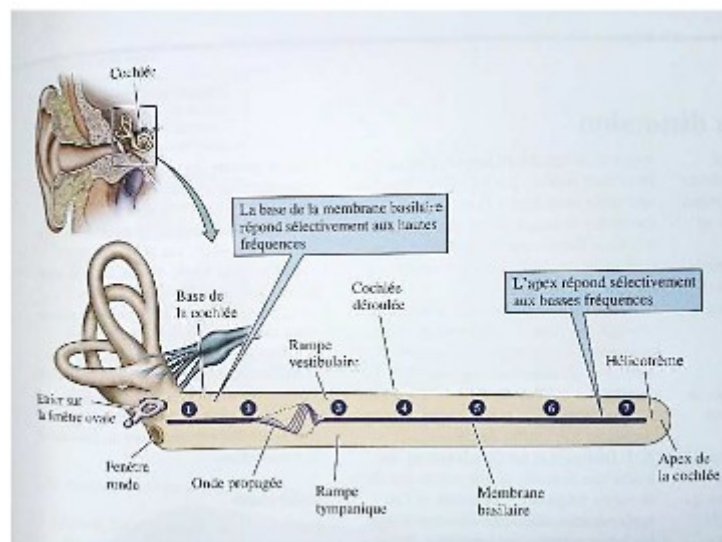
Le compartiment cochléaire et la rampe tympanique sont remplis de **liquides**.

On a une **communication** entre les 2 rampes au niveau de l'hélicotreme



Les cellules auditives se retrouvent au niveau de **l'organe de Corti**. Il y a **plusieurs types cellulaires**. Sur cet organe de Corti on a la **membrane tectoriale** qui est très importante.

L'organe de Corti est l'organe sensoriel de l'oreille est interne et est le lieu de la **mécano-transduction**.



Il y a des **différences de rigidité** au niveau de la cochlée. La partie la plus proche de l'oreille moyenne est la **partie basale** et la partie la plus éloignée est

la **partie apicale**.

Sensibilité au sein de l'oreille interne due à la géométrie de la membrane basilaire.

La **partie basale va être rigide**, peu rigide alors que la **partie apicale sera flexible**.

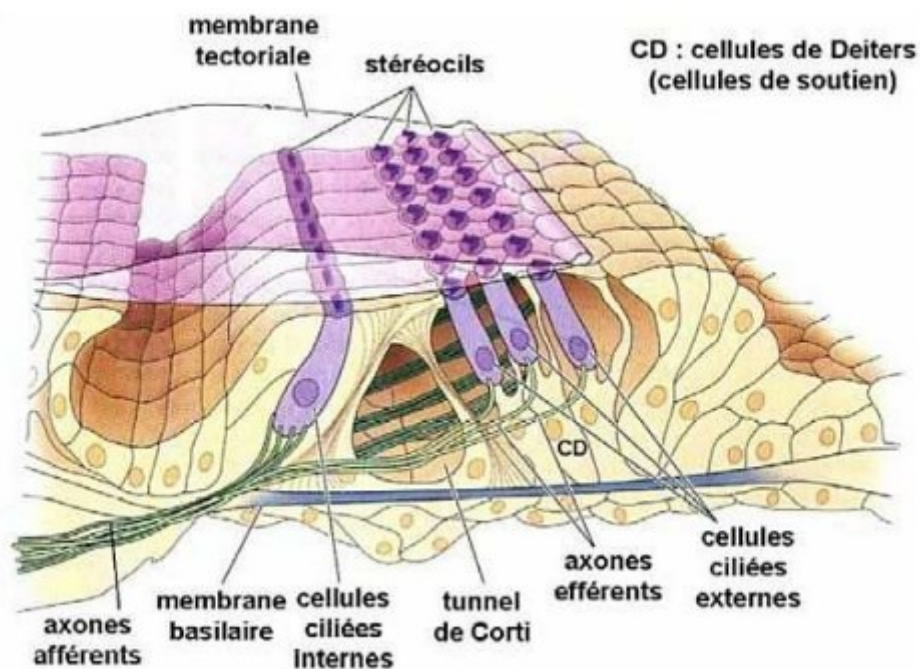
Conséquence → La réponse nerveuse n'est pas la même en fonction de la fréquence.

Partie apicale sensible aux **basses fréquences**

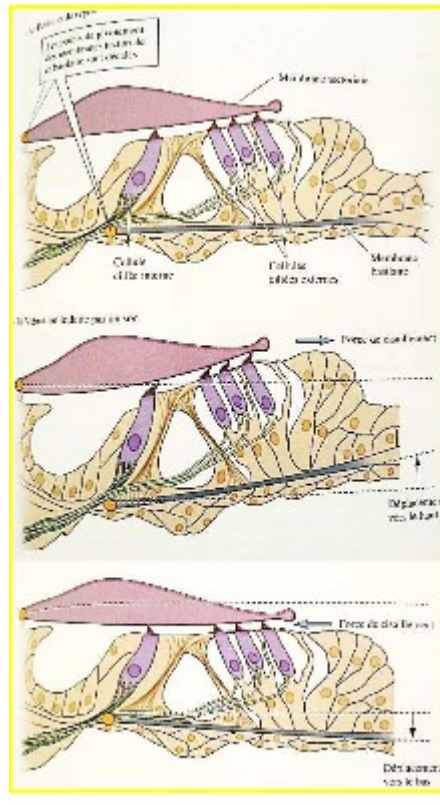
Partie basale sensible aux **hautes fréquences**.

L'onde se propage de la **base à l'apex** de la membrane basilaire avec une **amplitude croissante** et une **vitesse décroissante** jusqu'à un point de déplacement maximal. Ce point dépend de la **fréquence du son**.

→ Notion de **tonotopie**: Représentation topographique des fréquences.



La membrane tectoriale va provoquée **l'excitation ou l'inhibition** des cellules ciliées puisqu'elle va reposée sur les **stéréocils** des cellules auditives. Et ce sont les mouvements de ces stéréocils qui va conduire ou non à la genèse de potentiels d'actions.



La sensibilité préférentielle périphérique auditive dépend de propriétés **biomécaniques**.

Ce sont les mouvements de la membrane tectoria qui vont entraîner les **fléchissement des stéréocils** et en fonction du type de mouvement on va avoir soit une **dépolarisation** soit une **hyper polarisation** des cellules auditives.

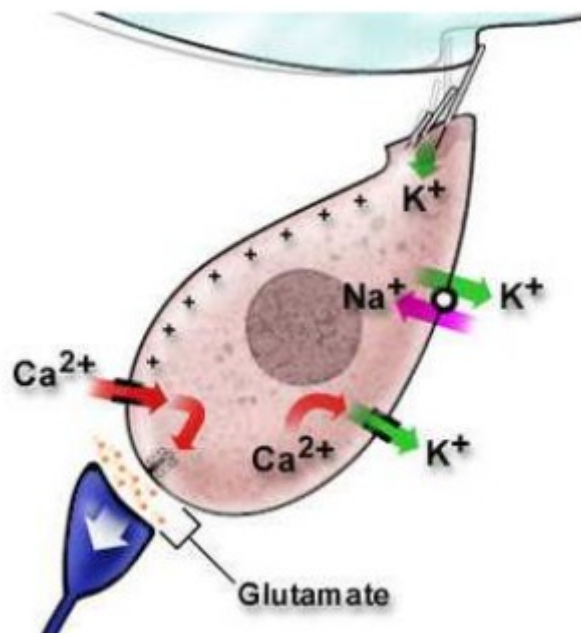
Propriétés attribuées aux cellules ciliées internes et externes = cellules sensorielles de l'oreille interne.

Mécanisme biomécanique est du aux cellules ciliées **internes et externes**.

Le mouvements des cellules ciliées de la membrane basilaire (stéréocils) donne naissance à la **transduction sensorielle** (modification du potentiel de membrane de la cellule ciliée)

3) Transduction du système sonore

#Les cellules ciliées



On distingue **deux parties**:

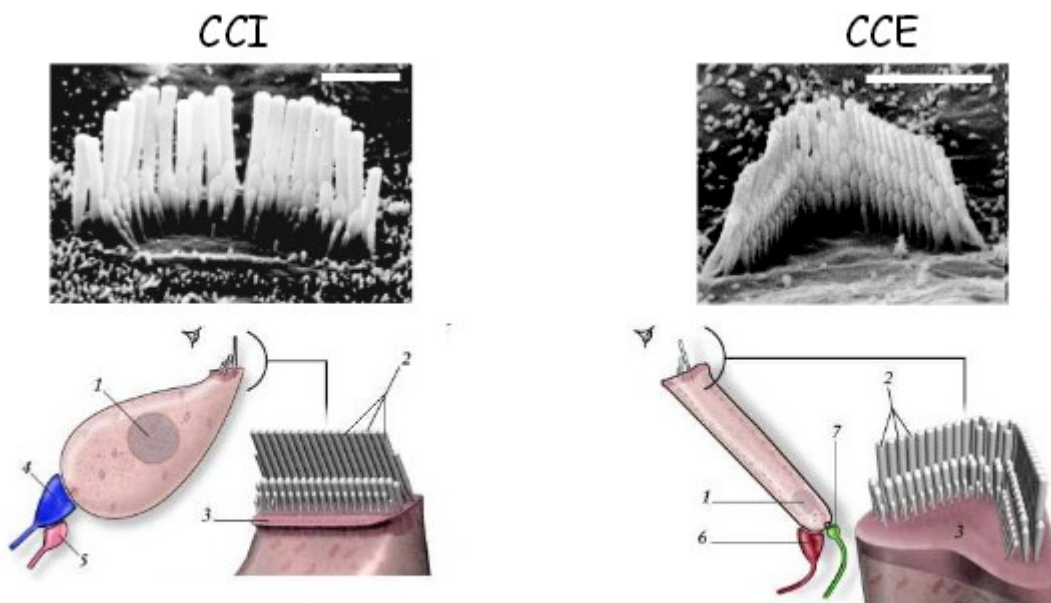
-La partie en contact avec la membrane tectoriale → la **partie apicale**

-→ La **partie basale**

On parle de **cellules épithéliales** → touffe de poils sur la partie apicale. Ces poils sont appelés **stéréocils**.

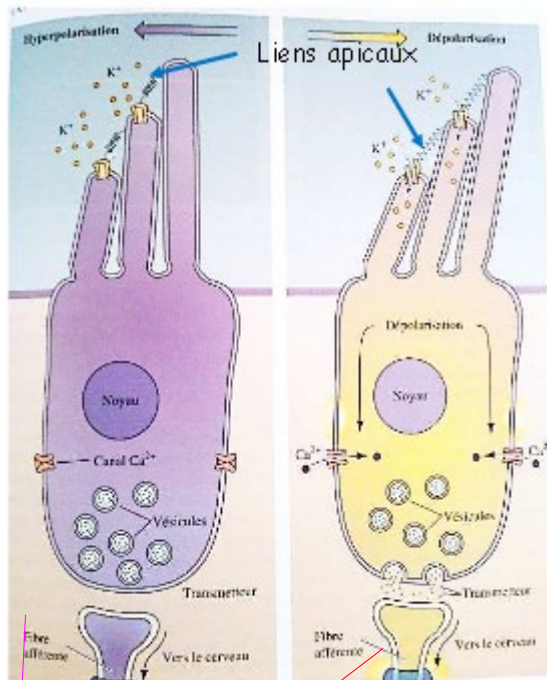
L'ensemble des poils: **Agrégat d'actine** → micro filaments d'actine

De la partie apicale vers la partie basale on a la **transformation** de l'énergie sonore en signal électrique. → **transduction**.



Plan de symétrie bilatérale

Les stéréocils sont organisés du **plus petit vers le plus grand**. Cela est important pour avoir dépolarisation ou hyper polarisation des cellules ciliées → **agencement plan de symétrie bilatérale** sur la partie apicale.



- Dépolarisation
- Hyperpolarisation

Mouvement des stéréocils va modifier le potentiel de membrane dans le sens d'une:

→ **Dépolarisation**: Si **déflexion** dans le même sens que les cils les plus hauts

(les petits cils vont se rapprocher des grands cils)

→ **Hyper polarisation**: Si **déflexion** dans le sens contraire que les cils les plus hauts

Différentes étapes dans le cas de l'hyper polarisation:

Il y a des **liens apicaux** (structure protéique) qui vont relier des canaux

1) **Ouverture des canaux sélectifs pour les cations** lorsqu'il y a une déflexion (on va tirer sur les liens apicaux, ce qui va conduire à l'ouverture des canaux potassiques)

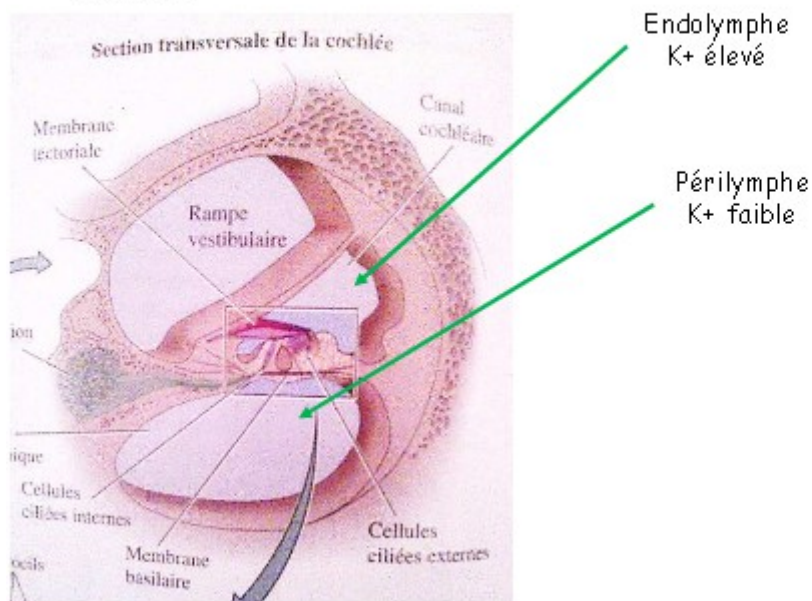
2) **Entrée de K^+** dans la cellule ciliée

3) **Dépolarisation** de la cellule ciliée interne entraînant **l'ouverture des canaux Ca^{2+}** (**voltage-dépendant**: sensible à des variations de la membrane)

4) **Entrée de Ca^{2+} et libération de NT** (exocytose) vers les terminaisons nerveuses du nerf auditif.

→ Phénomène **très rapide** ce qui permet d'encoder un stimulus auditif en l'espace de **10 ms**.

La cellule ciliée fonctionne comme un système à 2 compartiments distincts



On a pas de mise en jeu des seconds messagers, de cascades intra cellulaire (intéressant pour la multiplication des effets) parce que on a besoin d'un système rapide.

Le potassium est responsable de la **dépolarisation** et aussi de la **repolarisation** de la cellule.

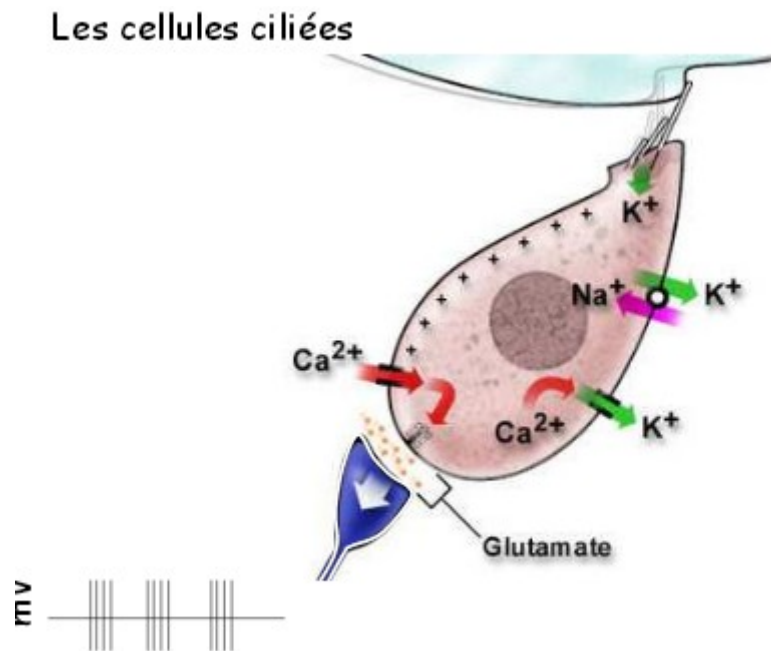
Dans le compartiment cochléaire → **Endolymphe** (concentration élevée de potassium) Partie **interne** des cellules ciliées baignent dans l'endolymphe

Dans la rampe tympanique → **Périmylphe** (concentration faible de potassium)
Gradient électrique pousse le K^+ à pénétrer dans la cellule ciliée par les canaux de transduction ouvert et va permettre une repolarisation rapide.

Endolymphe → **80 mV**

Périmylphe → **0 mV**

→ **Différence de gradient** ce qui fait que le potassium va être poussé à rentrer dans la cellule lors de l'ouverture des canaux potassiques et au niveau de la membrane basale on va avoir sortie de potassium.



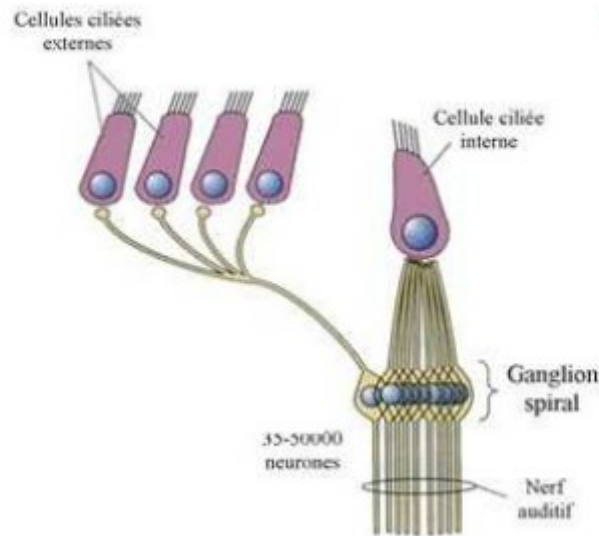
Les sons violents peuvent **déchirer ou endommager** l'ensemble des stéréocils présent sur les cellules ciliées.

Compte tenu du rôle clef des cellules ciliées dans la transduction sensorielle, cela peut entraîner un **déficit auditif majeur irréversible** car contrairement à ceux des poissons ou des oiseaux, les stéréocils de l'homme ne se régénèrent pas.

Cellules ciliées chez l'homme = **30 000 au total c'est à dire 15 000/oreille**

Ce sont les cellules ciliées internes qui codent les informations liées aux ondes sonores.

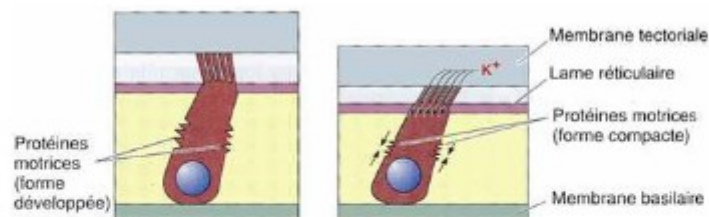
Les cellules ciliées internes



95% des fibres nerveuses s'articulent avec les CCI

La majorité des informations qui vont être véhiculés par le nerfs auditifs proviennent des **cellules ciliées internes**

Et les cellules ciliées externes ???



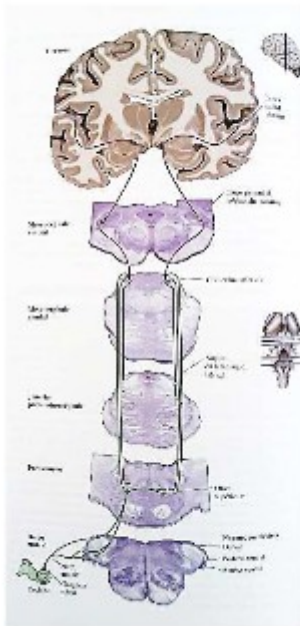
↳ Change la rigidité de la membrane tectoriale en des endroits déterminés (faibles intensités sonores)

Les cellules ciliées externes pourraient jouer un rôle dans **l'affinement de la résolution des fréquences** par la cochlée grâce à des **contractions et relaxations actives**.

Le changement de la rigidité de la membrane tectoriale induite pas la contraction de cellules ciliées externes aurait pour fonction au niveau de l'audition de permettre **la détection de sons de faibles intensité**.

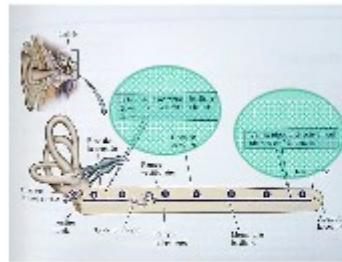
4) Voie centrales et intégration

1. Les relais



Les fibres du nerf auditif VIII innervent les cellules ciliées internes rapport d'à peu près 1 pour 1

Chaque fibre transmet des information qui ne concernent qu'une partie limitée du spectre des fréquences audibles

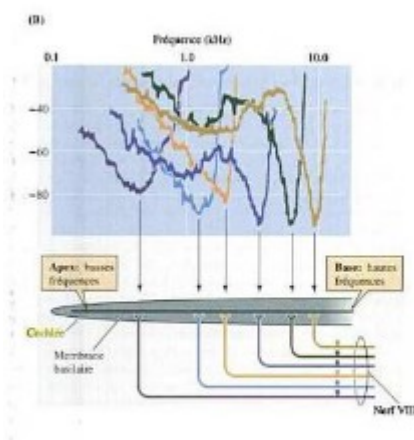


Ordre topographique conservé tout au long du système auditif

Une fibre qui provient d'une cellule ciliée interne va donner une fibre au niveau du nerf auditif (**nerf 8**)

A partir d'une fibre nerveuse on va avoir uniquement **une partie du spectre des fréquences audibles** qui va être transmise.

Si on a des lésion au niveau de la partie basale de la cochlée les informations liées aux hautes fréquences ne seront **pas transmises** au SNC.



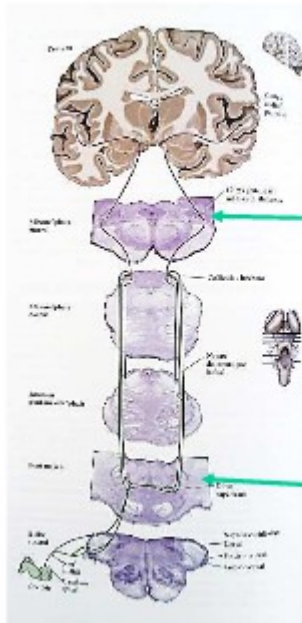
Propriétés réactionnelles des fibres des nerfs auditifs



Maintien de la tonotopie

Tout au long du cheminement on a **maintient de la tonotopie**.
 Les fibres nerveuses qui vont partir de la partie basale vont transmettre les informations **liées aux hautes fréquences**.

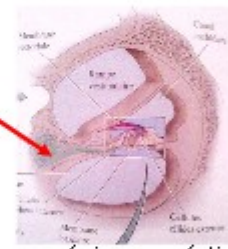
1. Les relais



Cortex auditif = cible terminale des messages auditifs ascendants (aire primaire + aires périphériques)

Projection au niveau du thalamus (corps genouillé médian (CGM))

Ganglion spiral de la cochlée



Projection au niveau de l'olive supérieure médiane

Nerf auditif = prolongements centraux des cellules bipolaires situées dans le ganglion spiral de la cochlée

Information en provenance de la cochlée sont acheminées au tronc cérébral par le **nerf auditif 8**. Innervation des 3 subdivisions du noyau cochléaire.

Chaque cellule vont avoir un **prolongement périphérique** innervant les **cellules ciliées** + **prolongement central** innervant le **noyau cochléaire**.

A partir de la **stimulation unilatérale** on va avoir au niveau du tronc cérébrale et su noyau cochléaire l'activation du côté droit et du côté gauche → **Information bilatérale**