

**UNIVERSITE CONSTANTINE 3, FACULTE DE MEDECINE, DEPARTEMENT DE
MEDECINE**

PHYSIOLOGIE DE L'AUDITION

I/INTRODUCTION

Le système auditif joue un rôle capital dans la vie quotidienne, en effet l'homme étant capable de produire et d'entendre une large variété de sons, le langage parlé (support privilégié des échanges humains) et sa perception à travers le système auditif est ainsi un moyen très important de Communication.

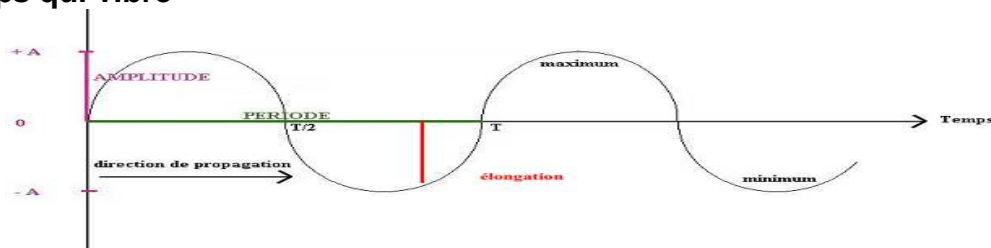
L'audition est d'une importance capitale car tout au long de l'existence, l'oreille contrôle la voix et régule son émission.

L'audition n'est pas interrompue par l'obscurité et peu par les obstacles et donc plus importante que la vision pour la survie (activation du système réticulaire et donc de l'attention ce qui permet de rester en alerte vis-à-vis des sons de l'environnement).

Par ailleurs, le SNC est capable de filtrer l'infinité des sons parvenant aux oreilles fixant ainsi l'attention sur les sons utiles.

II/PROPRIETES DE L'ONDE SONORE

Le son est produit par l'ébranlement des particules du milieu où se trouve le corps qui vibre



Le son se propage dans le milieu : l'air mais aussi liquide, gaz solide sous la forme d'une onde élastique (il ne se propage pas dans le vide).

On assiste à des modifications de la pression de l'air: phases de **compression** et phases de **détente**

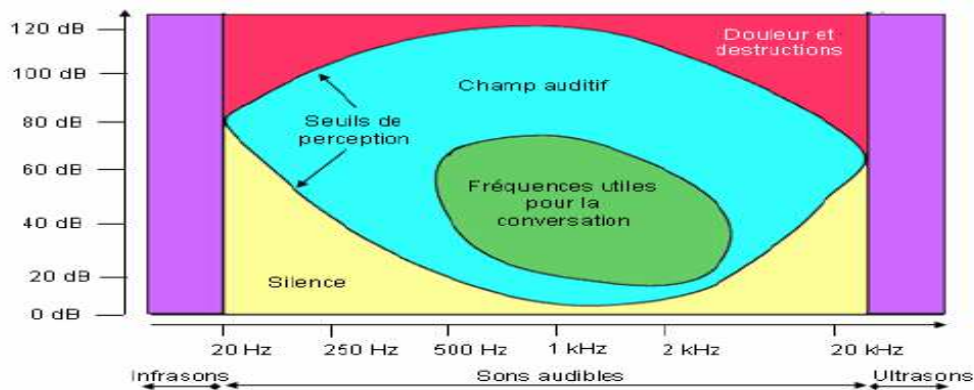
Intensité sonore : traduit l'amplitude de la vibration qui la produit (variation de pression)

Très large, elle est exprimée en décibel (allant de 0 à 120 dB (unité logarithmique pour décrire un rapport de Pression) : **pression de l'air /20 micro Pa.**

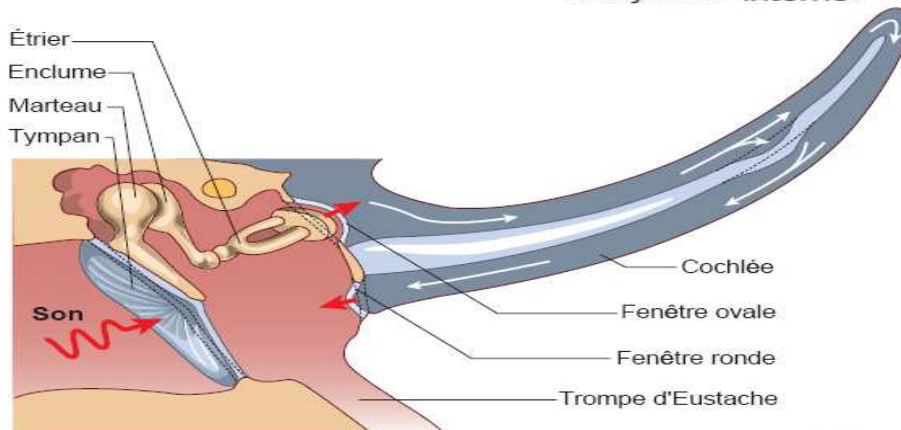
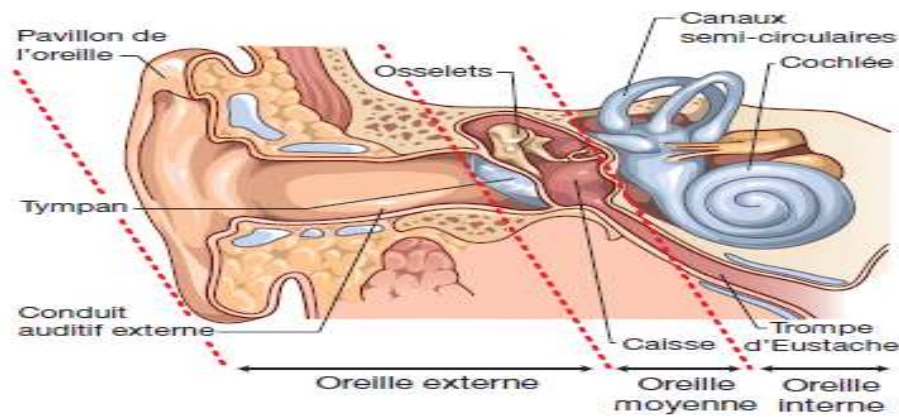
Fréquence sonore : le cycle sonore est la distance entre deux plages successives Exprimée en Hz : nombre de cycles/sec

Un son peut être **pur**, comporter des harmoniques (timbre **musical**) ou **complexe** Chez l'homme, le spectre des sons audibles est de **20 Hz à 20 000 Hz**

Vitesse de propagation: est constante dans un milieu homogène, à titre d'exemple : Air : 340 m/sec, eau : 1435 m/sec



III/ANATOMIE DE L'ORGANE RECEPTEUR



IV/PHYSIOLOGIE DE L'ORGANE RECEPTEUR

A/FONCTIONS DE L'OREILLE EXTERNE

1/AMPLIFICATION: par le phénomène de résonance (réflexion d'ondes dans un tuyau fermé) permettant un gain de 12 dB pour les F de 3-4 KHz

2/ROLE DANS LA LOCALISATION DES SOURCES SONORES: (grâce à musculature adaptée chez l'animal), permettant de distinguer les sons provenant de l'avant ou de l'arrière de la tête.

3/PROTECTION MECANIQUE DU SYSTÈME AUDITIF

B/FONCTIONS DE L'OREILLE MOYENNE

- ✓ C'est une cavité aérienne en communication avec le milieu extérieur avec la trompe d'Eustache
- ✓ **Le tympan est un capteur de pression** qui entre en oscillation mécanique sous l'effet de vibrations acoustiques (le gradient de déplacement est grand en périphérie, faible au centre)
- ✓ **La chaîne des osselets se comporte comme un levier** qui transforme les oscillations du tympan en un mouvement de piston de la plaque de l'étrier dans la fenêtre ovale.

1/ROLE D'ADAPTATEUR D'IMPEDENCE

« La fraction d'énergie transmise d'un milieu à l'autre est d'autant plus faible que le rapport des impédances est élevé »

Le rôle de l'OM est de diminuer le rapport entre l'impédance élevée de la cochlée (liquide) et celle beaucoup plus faible du tympan (aérienne) par deux moyens:

a-Rapport des surfaces vibrantes (d'environ 17) entre tympan (35mm²) et platine de l'étrier (2,5mm²)

b -jeu de bras de levier de la chaîne des osselets (qui multiplie la force par 1,3), et au total, la pression exercée par l'étrier sur la fenêtre ovale est 25 fois supérieur à celle exercée par l'air sur le Tympan avec un gain d'environ 30 décibels.

2/ROLE PROTECTEUR

Assurée par la contraction des muscles : tenseur du tympan et muscle stapedius : C'est une contraction réflexe lors des intensités sonores élevées (sup à 70 dB) et permet une atténuation du niveau sonore de plusieurs dB surtout pour les basses fréquences.

Le temps de latence relativement élevé (50-100 ms) et la fatigue des muscles tenseurs limite l'efficacité de ce mécanisme en cas de sons violents et intempestifs.

C/PHYSIOLOGIE DE L'OREILLE INTERNE

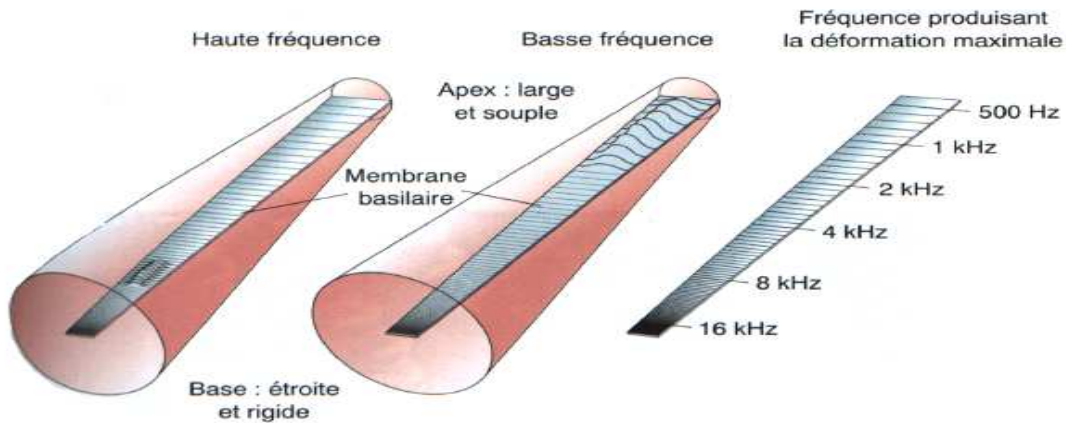
A/PROPRIETES MECANQUES DE LA MEMBRANE BASILAIRE

-La MB est plus large à l'apex qu'à la base (100 µm pour 500) et 100 fois plus rigide à la base qu'à l'apex.

-Le mouvement de l'endolymphe induit l'apparition d'une onde à la base de la MB et qui se propage vers l'apex

Selon la conception **passive de Von bekezy**, toute la membrane basilaire vibre de proche en proche Jusqu'à un point maximum au niveau de la MB et qui dépend de la fréquence de l'onde sonore.

La fréquence est donc codée selon la population neuronale activée (les cellules réceptrices étant toutes identiques).



Représentation de la tonotopie fréquentielle au niveau de la membrane basilaire

B/MECANISMES DE TRANSDUCTION AU NIVEAU DES CELLULES CILIEES

1-Electrophysiologie : mécanisme de transduction au niveau des cellules ciliées

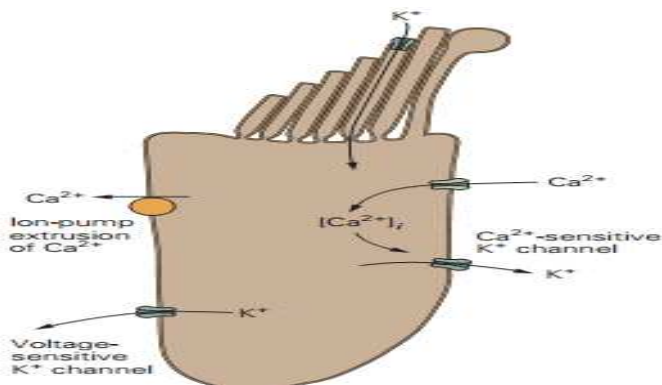


Tableau 7.1

Composition de la périlymphe et de l'endolymphe.

Périlymphe	Endolymphe
Na = 150 nM/l	Na = 1 nM/l
K = 7 nM/l	K = 150 nM/l
Cl = 110 nM/l	Cl = 130 nM/l
Protéines = 1 g/l	Protéines = 0,3 g/l

- vibration des ciles et ouverture des canaux potassiques
- entrée de potassium et donc dépolarisation
- entrée de calcium et libération du neuromédiateur avec ouverture des canaux potassium calcium dépendants.

- contraction des cellules ciliées et mise en résonance de la membrane tectoriale
- sortie de potassium et de calcium
- arrêt du processus

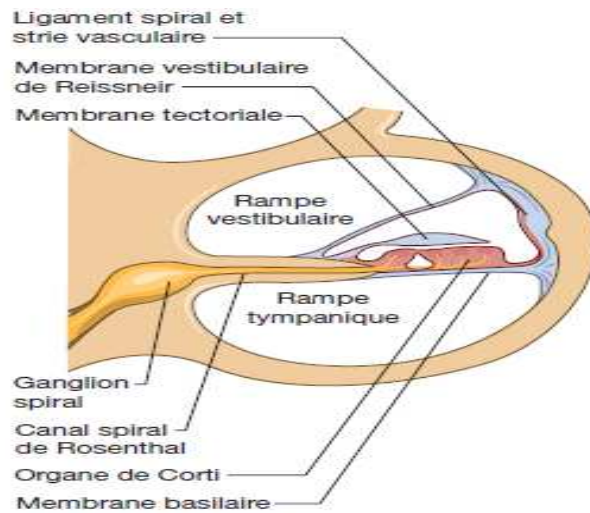


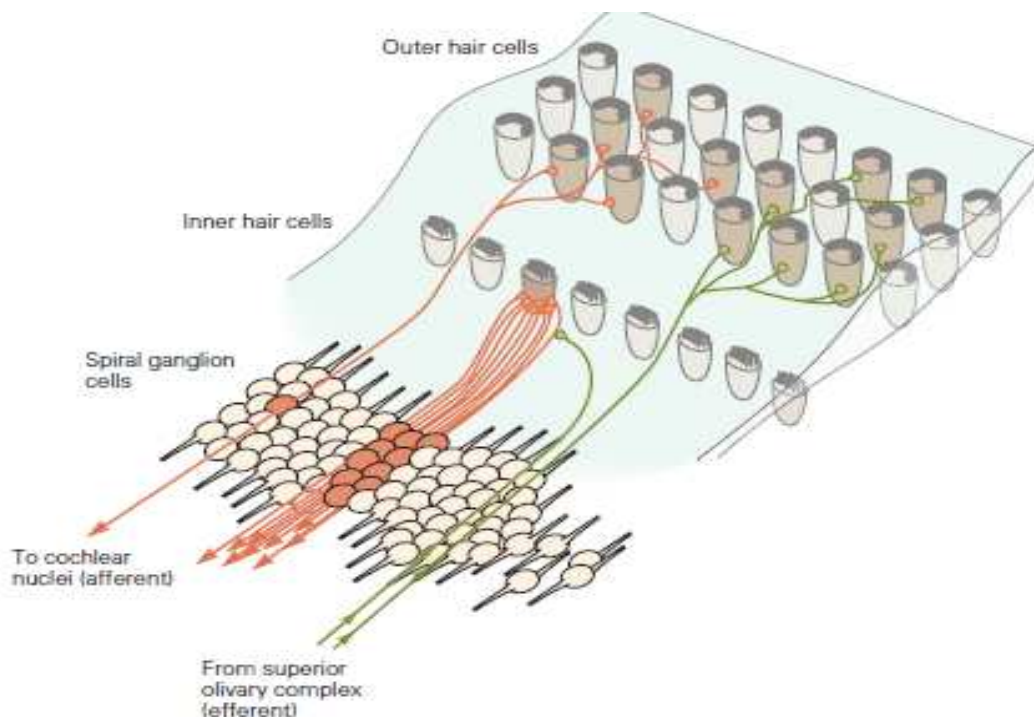
Figure 7.6. Organisation de la cochlée.

2-Role des CCE dans l'amplification du signal :

Propriétés électromécaniques des cellules ciliées externes : mises en évidence par l'enregistrement des otoémissions acoustiques à l'aide d'un microphone.

Ces propriétés électromotrices des CCE permettent une amplification du signal.

V/INNERVATION DES CELLULES RECEPTRICES



- **Les axones des cellules internes**
 - myélinisées, rapides vers le **noyau cochléaire**
 - haut degré de divergence,
 - ▶ 3.500 cellules internes divergent vers 20.000 fibres auditives
 - les seules à participer directement à l'audition.
- **Les axones des cellules externes**
 - fibres non myélinisées, lentes vers le système afférent spiral (5 % du nerf auditif)
 - haut degré de convergence,
 - ▶ 20.000 cellules externes convergent vers 1.000 fibres auditives
 - rôle encore incompris.

VI/MECANISMES CENTRAUX DE L'AUDITION

1-Anatomie des voies auditives

L'information auditive circule de l'organe récepteur (oreille) jusqu'au cortex auditif suivant un grand nombre de voies complexes dans le tronc cérébral, le mésencéphale et le thalamus auditif.

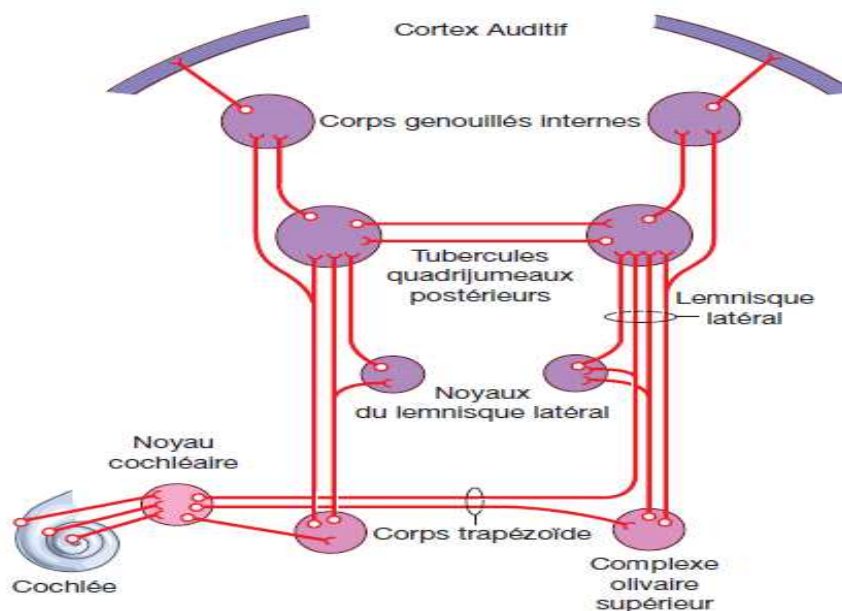
Les fibres issues du ganglion spiral forment le nerf auditif et se projettent sur le tronc cérébral sur le noyau cochléaire (qui présente une subdivision dorsale et ventrale) :

a-de la région ventrale : part un tractus ventral vers le complexe olivaire supérieur ipsi et Controlatéral

Les axones olivaires suivent le lémnisque latéral pour se terminer dans le colliculus inférieur (CI) du mésencéphale

b-de la région dorsale part un tractus dorsal qui se projette sur le lémnisque latéral puis sur le CI (Toutes les voies auditives se projettent sur le CI)

Les neurones du CI se projettent vers le corps genouillé médian (CGM) ou thalamus auditif lequel envoie des projections vers le cortex auditif primaire au niveau du lobe temporal.



2-Le codage au niveau du noyau cochléaire

La représentation tonotopique basilaire unique est projetée dans de multiples projections au niveau du noyau cochléaire avec une diversité de cellules à propriétés distinctes

-organisation tonotopique des projections sur les Noyaux Cochléaires: les fibres afférentes forment un réseau dense et complexe au niveau de différentes régions du NC

-plusieurs types de cellules ayant des propriétés différentes:

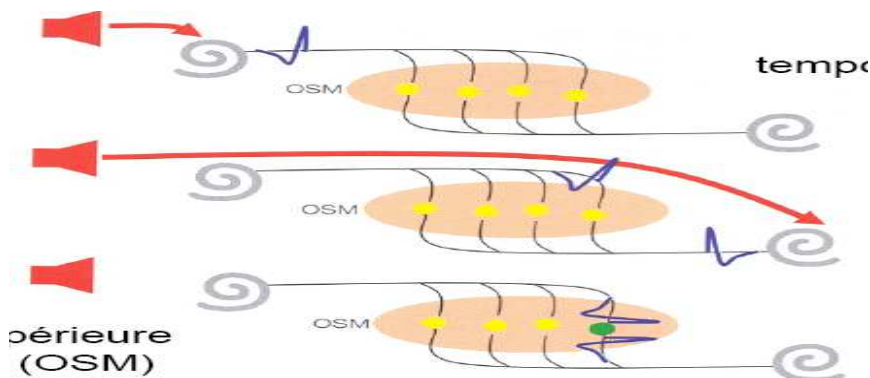
- primary like (déchargent comme les Cellules Ciliées)
- onset : déchargent au début
- chopper : qui hachent le signal
- pauser and buildup : déchargent, pausent et repartent

Chaque cellule ayant une fonction de transfert différente assurant une mise en forme de l'information brute apportée des cellules réceptrices primaires.

3-Role dans la localisation du son par le complexe olivaire

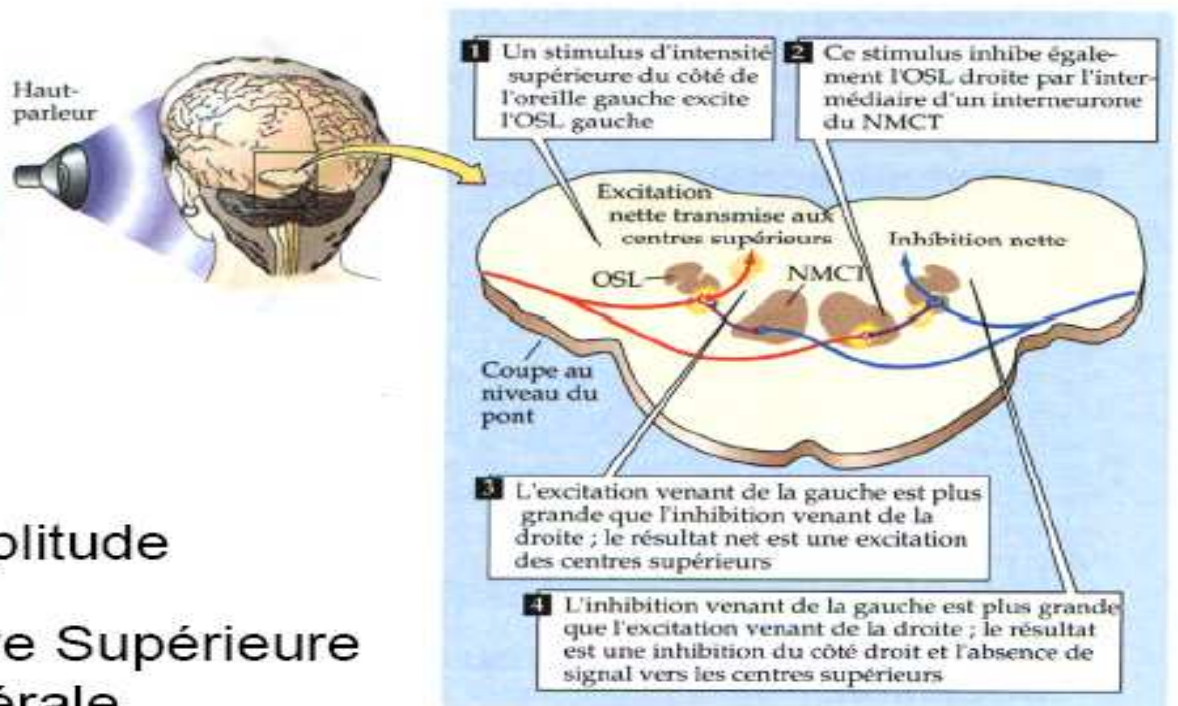
a-Pour les basses fréquences (inf à 03 KHz): le codage est basé sur la différence interaurale de temps (déphasage Interaural)

Rôle des **neurones de coïncidence** de l'olive supérieur médian (OSM)



b-Différence interaurale d'intensité pour les sons de fréquences élevées (supérieurs à 03 KHz)

Rôle de l'Olive Supérieur Latérale (OL) et du noyau médian du corps trapézoïde. La différence de localisation du son génère une différence dans la balance excitation/inhibition qui se répercute sur la fréquence de décharge des Neurones olivaires. Les neurones de l'OL déchargent fortement pour les stimulations ipsilatérales de l'hémi champs auditif



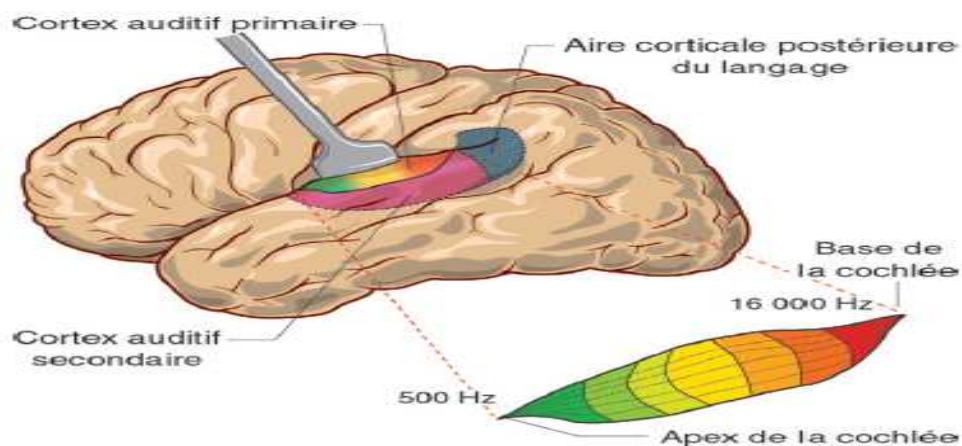
Amplitude

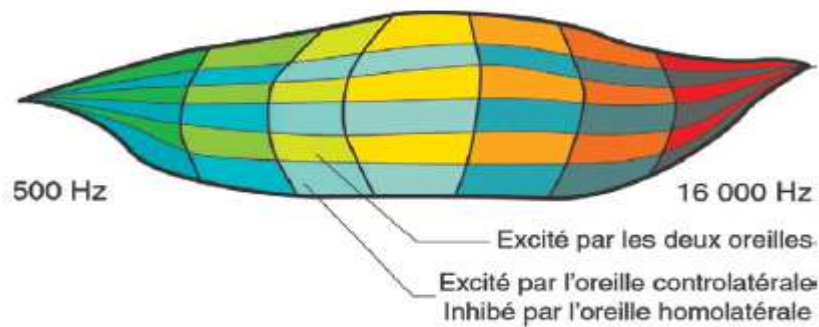
Olive Supérieure Latérale

4-Le cortex auditif :

Situé dans le lobe temporal (occupe la première circonvolution temporelle T1, le gyrus de Heschl et le planum temporal) .il comprend l'aire auditive primaire A I et secondaire A II.

Il existe une représentation tonotopique en **bandes d'isofréquences** avec une représentation de la **binoralité** (perpendiculaire) avec alternance de bandes de **cellules EE** (excitées-excitées) et de **Cellules EI** (excitées-inhibées).





EXPLORATION DE LA FONCTION AUDITIVE

Sont utilisées des méthodes **subjectives** nécessitant la participation du sujet et des méthodes **objectives** qui ne dépendent pas de la participation du sujet.

1-Tests acoumétriques : subjectifs et qualitatifs permettant d'apprécier à l'aide d'un diapason la conduction aérienne et osseuse et différencier entre surdité de transmission et surdité de perception.

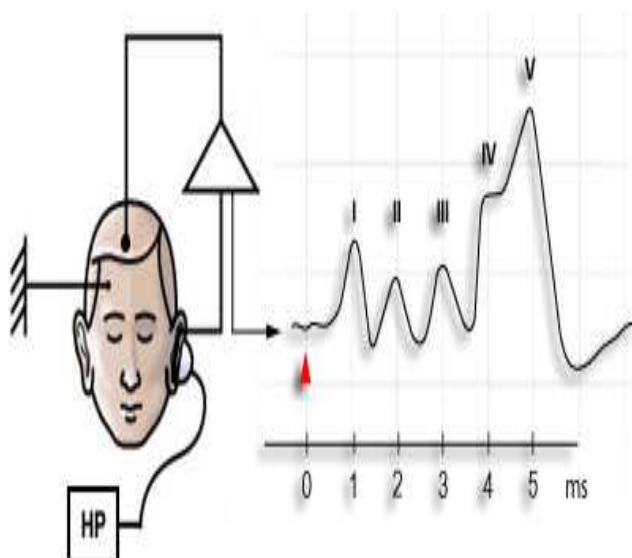
-test de WEBER

-test de RINNE : compare la conduction aérienne et osseuse.

2-Audiometrie tonale liminaire : mesure le seuil de perception pour différentes fréquences en conduction osseuse et aérienne pour chaque oreille.

3-Oto-émissions-acoustiques provoquées (OEAP) : les sons émis par la cochlée et produits par les CCE sont enregistrées par un microphone (permet d'apprécier l'intégrité des cellules ciliées externes).

4-Potentiels évoqués auditifs (du tronc cérébral) : enregistrement de l'activité électrique des différents centres auditifs du tronc cérébral recueillie à la surface du crâne, plusieurs ondes peuvent être identifiées et analysées :



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

On distingue :

-des Surdités de transmission : anomalie de la transmission physique du son (conduit auditif, tympan, osselets).

-des Surdités de perception (neurosensorielle) par atteinte de la cochlée, des voies ou des centres auditifs.

-des Surdités mixtes : associent les deux types de surdités précédentes.