



# ***CHAPITRE II***

**TRANSMISSION  
TRANSDUCTION**

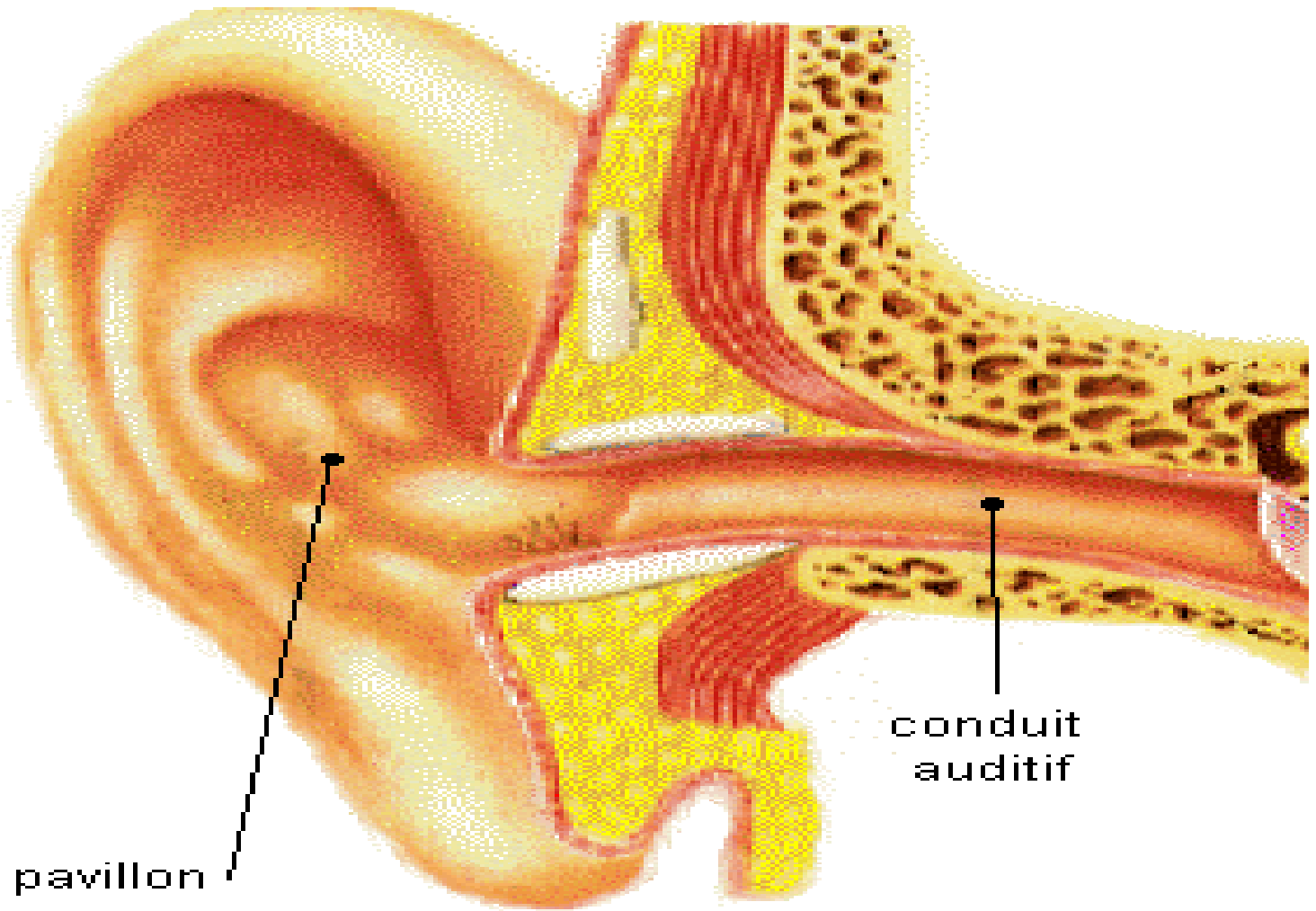


# INTRODUCTION

- L'oreille est un appareil de transmission et de transformation des vibrations sonores en potentiel d'action transmis au cerveau par le nerf auditif.

Les sons arrivent soit :

- Par le conduit auditif externe en **conduction aérienne (C.A)** ;
- par vibration des os du crâne pour la **conduction osseuse (C.O)**.



pavillon

conduit  
auditif

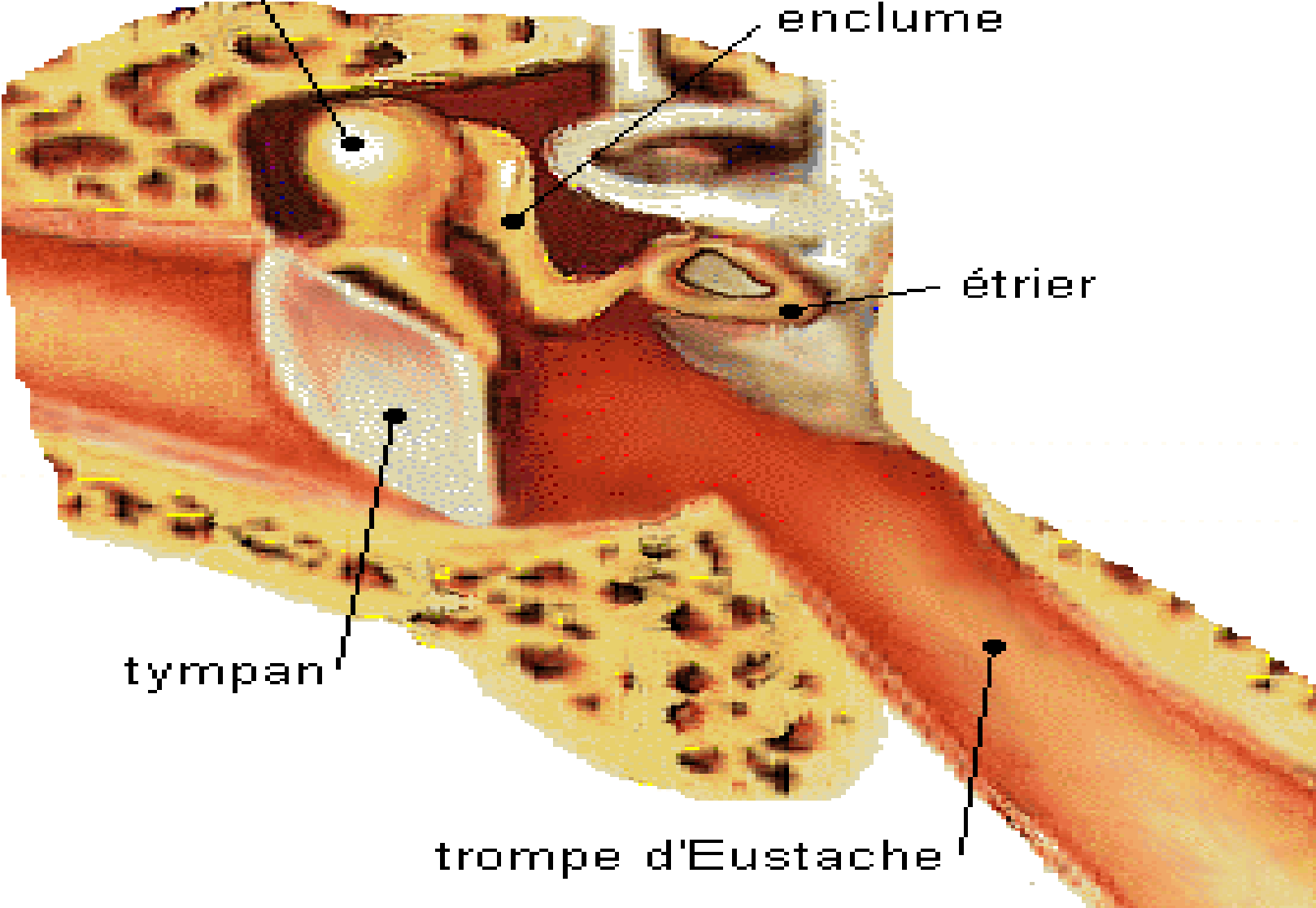
marteau

enclume

étrier

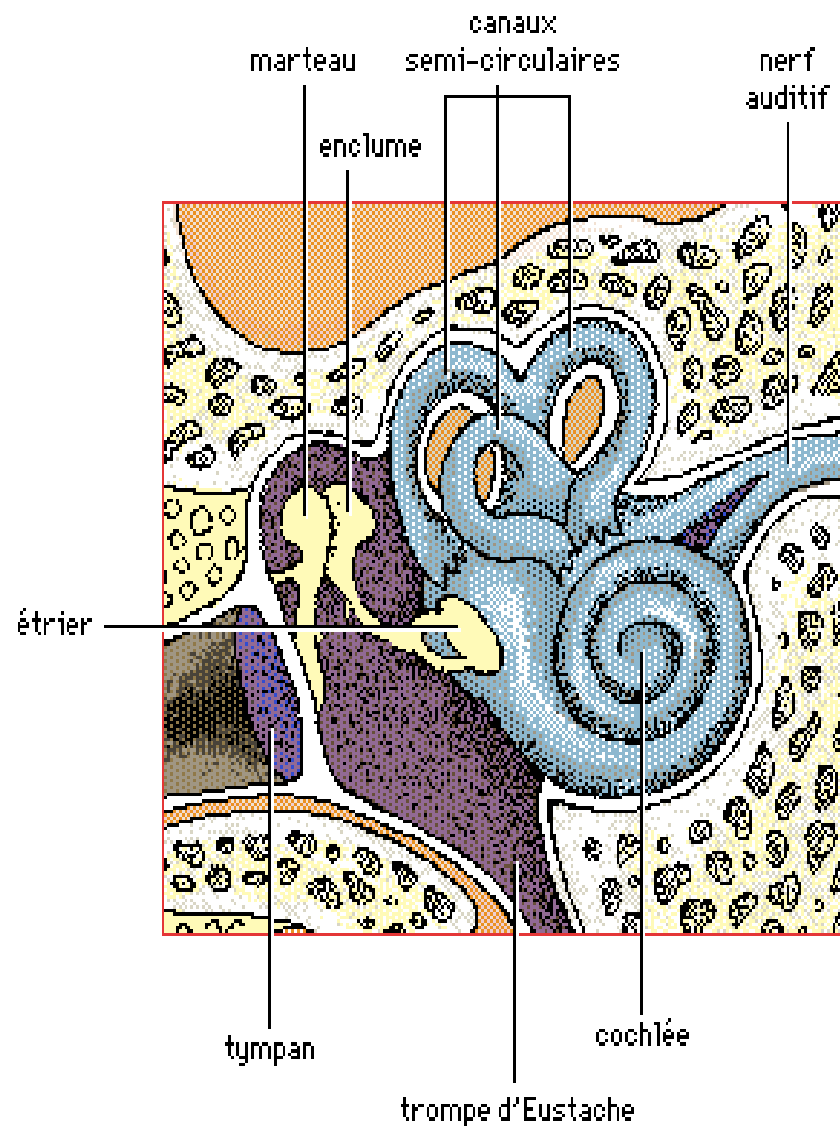
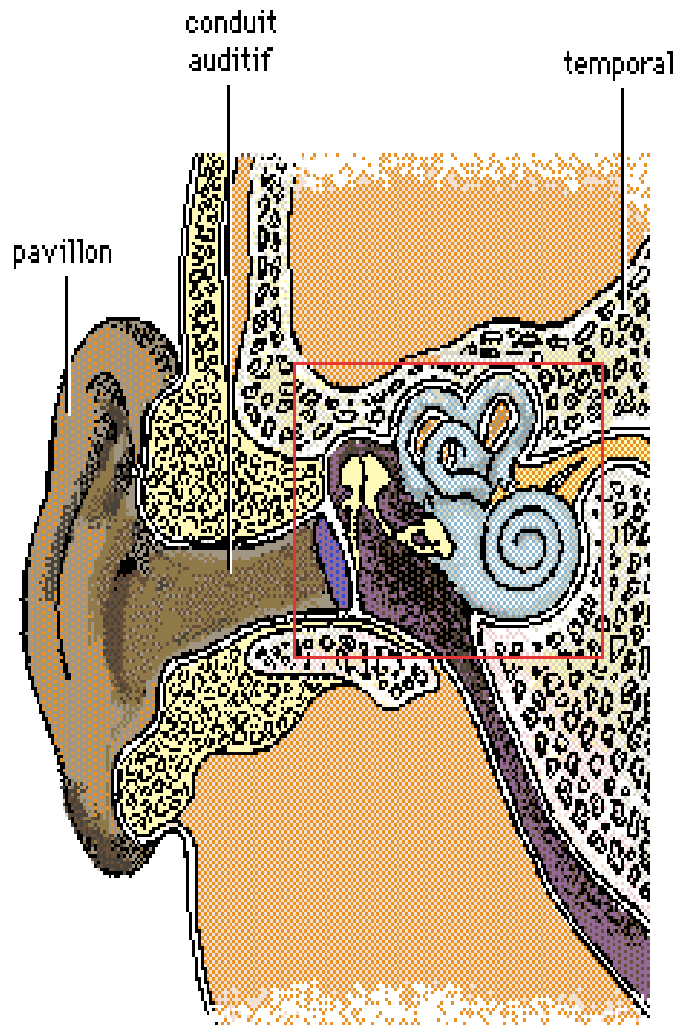
tympan

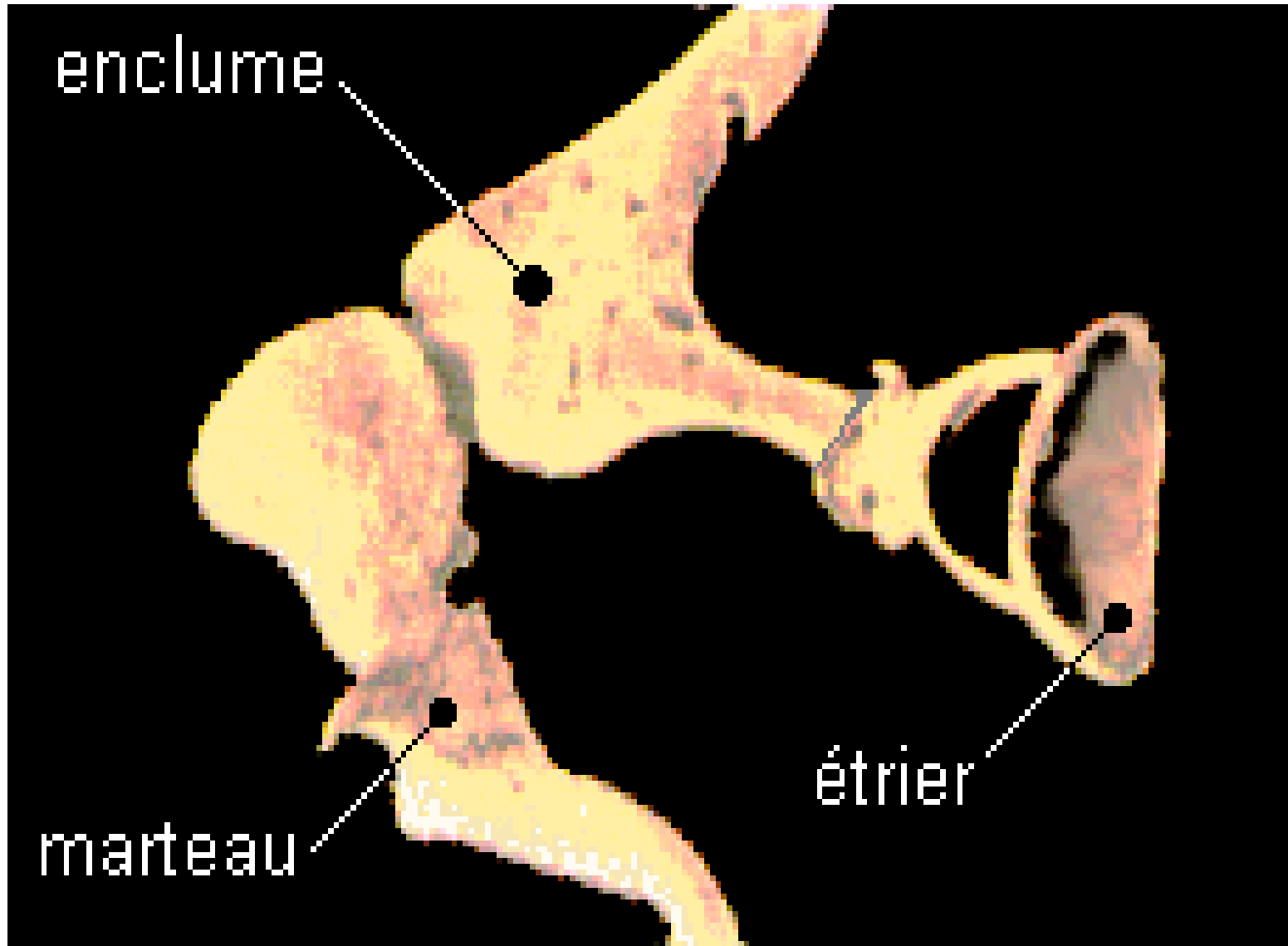
trompe d'Eustache





# ANATOMIE DE L'AUDITION





enclume

marteau

étrier



# LA TRANSMISSION

- **Oreille externe (O.E):** le son qui arrive du milieu aérien est capté par le pavillon, il se propage dans le conduit auditif externe puis dirigé vers la face externe de la membrane tympanique qui se met à vibrer.

Le conduit auditif externe peut être considéré comme un tuyau sonore qui :

- transforme les ondes sphériques en ondes planes ;
  - présente une résonance située aux alentours de 3000Hz ;
  - est un lieu d'interférences à l'origine d'ondes stationnaires.
- Le tympan reçoit les vibrations acoustiques et les transmet à la chaîne des osselets par l'intermédiaire du manche du marteau qui lui est solidaire. Pour un son de 1000 Hz et à  $W_0$  (puissance seuil), l'amplitude de vibration du tympan est de  $10^{-9}$ cm.



## Oreille moyenne (O.M):

- Elle contient la chaîne des osselets ; **le marteau** dont la manche s'insère dans la membrane tympanique et qui frappe sur **l'enclume** qui à son tour ébranle **l'étrier**. Celle-ci exerce une pression sur la fenêtre ovale, qui se met elle aussi à vibrer. Les mouvements de ces trois os sont assurés grâce à un système musculaire.
- Pour que les sons passent complètement dans l'O.I, il est nécessaire d'adapter les impédances acoustiques qui est réalisée par une augmentation de pression, pour que les sons passent complètement dans la cochlée.



# ADAPTATION D'IMPEDANCE ACOUSTIQUE

- L'adaptation des impédances fait intervenir les mécanismes suivants :
  - Une amplification du rapport des surfaces du tympan ( $55\text{mm}^2$ ) et de la fenêtré ovale ( $3,2\text{mm}^2$ ) ;
  - une action de levier de la chaîne des osselets (le bras du marteau étant plus long que celui de l'enclume

L'effet global est donc égal au produit des effets des deux mécanismes, dont le rapport des surfaces joue ( $S_T/S_E=17,2$ ) un rôle nettement plus important que l'effet levier de la chaîne ossiculaire (ceci a pour effet de multiplier la pression à la fenêtré ovale par 2,6). Au total, on aurait une pression à la plaque de l'étrier, 45 fois plus élevée qu'au tympan. Soit un gain de  $\Delta I=20 \log 45=33\text{dB}$ .

L'oreille moyenne peut ainsi être considérée comme un adaptateur d'impédance sans lequel une très grande partie de l'énergie acoustique serait perdue.

- **Oreille interne (O.I):** Elle transforme les vibrations acoustiques, en potentiel d'action que le nerf auditif transmettra au cerveau.

La vibration de l'étrier provoque des vagues dans le liquide que renferme la **cochlée** (enroulée en spirale). En traversant le liquide de la **cochlée**, les ondes déplacent la **membrane basilaire**, ce qui met en mouvement les **cellules ciliées**. Il y a transformation des ondes en influx nerveux, qui sera conduit au cerveau par le nerf auditif.

- La transmission dans l'oreille interne se fait donc par la mise en mouvement :
  - des fenêtres ovales (F.O) et ronde (R.O) ;
  - des liquides périlymphatiques (dans les rampes vestibulaire et tympanique) et endolymphatique (dans le canal cochléaire)
  - des membranes ;
  - des cils des cellules ciliées de l'organe de Corti.

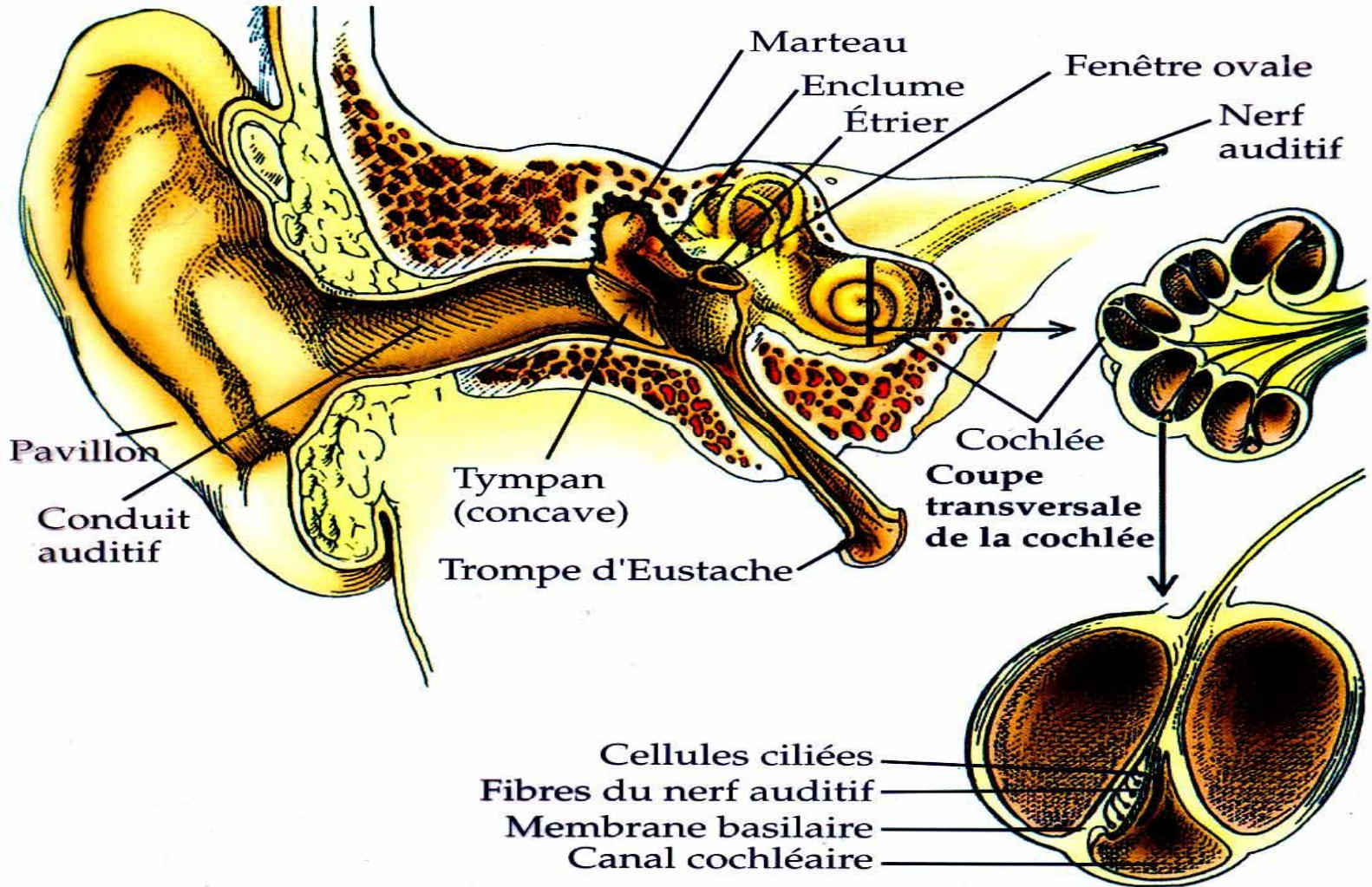


# ANATOMIE DE L'AUDITION

**Oreille externe**  
(conduction aérienne)

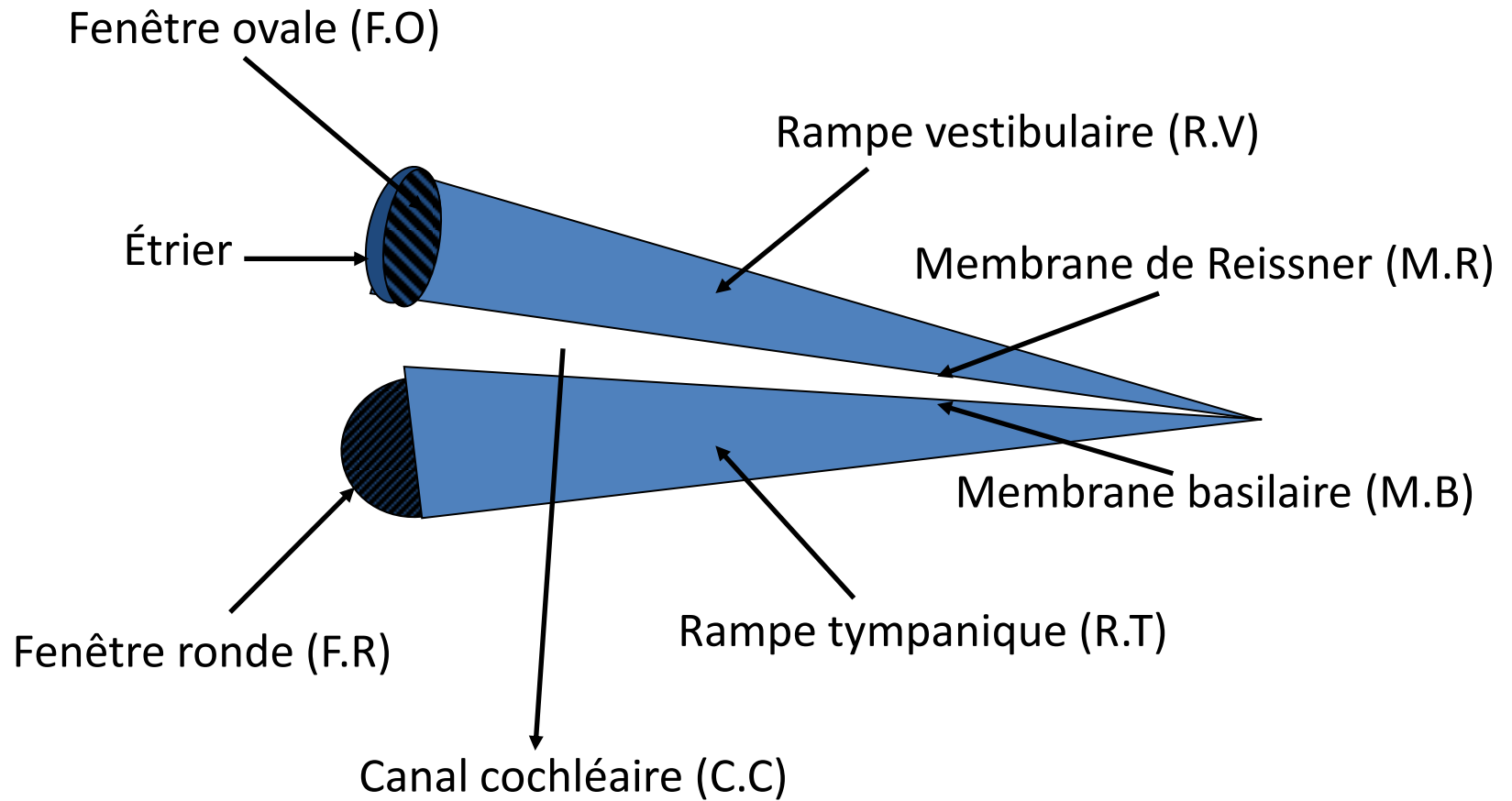
**Oreille moyenne**  
(conduction osseuse)

**Oreille interne**  
(conduction liquidienne)





# COUPE LONGITUDINALE DE LA COCHLEE



➤ **Mouvements des fenêtres** : Le mouvement des liquides n'est possible que s'il existe une voie d'expansion, c'est le rôle de la (F.R). En effet un déplacement rapide de la plaque de l'étrier se transmet, par les liquides, à la membrane de Reissner, à la membrane basilaire puis à la membrane de la fenêtre ronde, laquelle « sort » lorsque la plaque de l'étrier « entre » et inversement. Les fenêtres ronde et ovale vibrent en opposition de phase.

La (F.R) joue donc un rôle de soupape pour la sortie des vibrations.

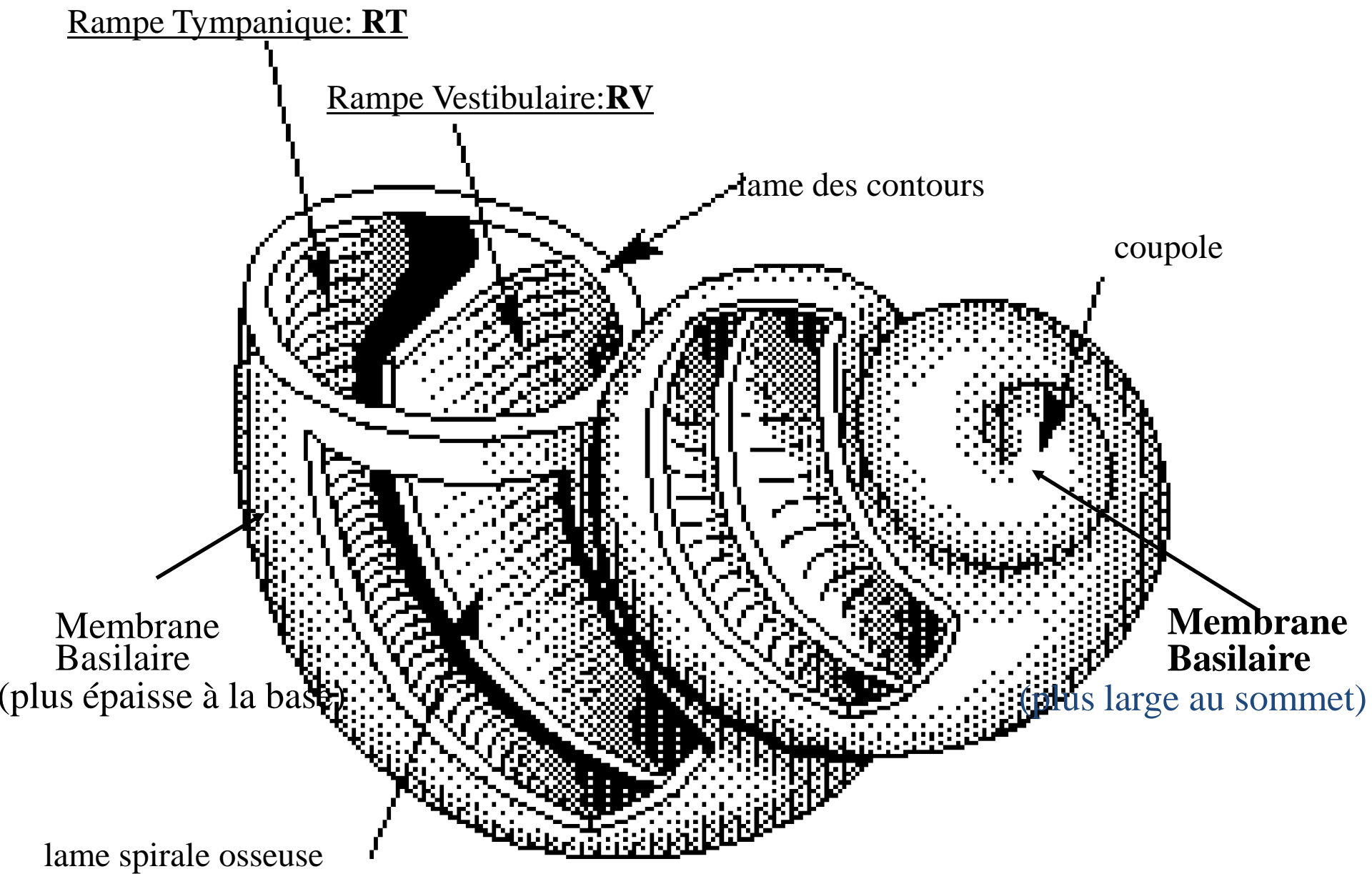
➤ **Mouvements des liquides** : Les variations de pression, que la périlymphe enregistre sous l'action de l'étrier sur la (F.O), vont provoquer des ondulations au niveau de la (M.B). Le déplacement du liquide périlymphatique dû au mouvement des fenêtres varie suivant la fréquence.

➤ **Mouvements des membranes** : Seule la membrane basilaire va jouer un rôle actif dans la transmission grâce à ses caractéristiques physiques. Parmi ces propriétés physiques, retenons essentiellement son élargissement de la base à l'apex et son augmentation d'élasticité depuis la base jusqu'au sommet ; les autres membranes cochléaires ont une élasticité uniforme.

➤ **Mouvements des cils et des cellules ciliées** : Sur la membrane basilaire est placée l'organe de Corti, constitué de cellules ciliées reposant sur des cellules de soutien et avoisine les extrémités des fibres nerveuses. Les mouvements de la membrane basilaire provoquent un certain déplacement des cils des cellules ciliées qui sont ainsi excitées : c'est le phénomène mécanique fondamental de l'audition.

L'amplitude du mouvement des cils dépend de l'amplitude des ondes propagées et de la position de la cellule ciliée sur la M.B.





## CONSTITUTION DU LIMAÇON (COCHLEE)

# LA TRANSDUCTION

- La transduction est la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique.

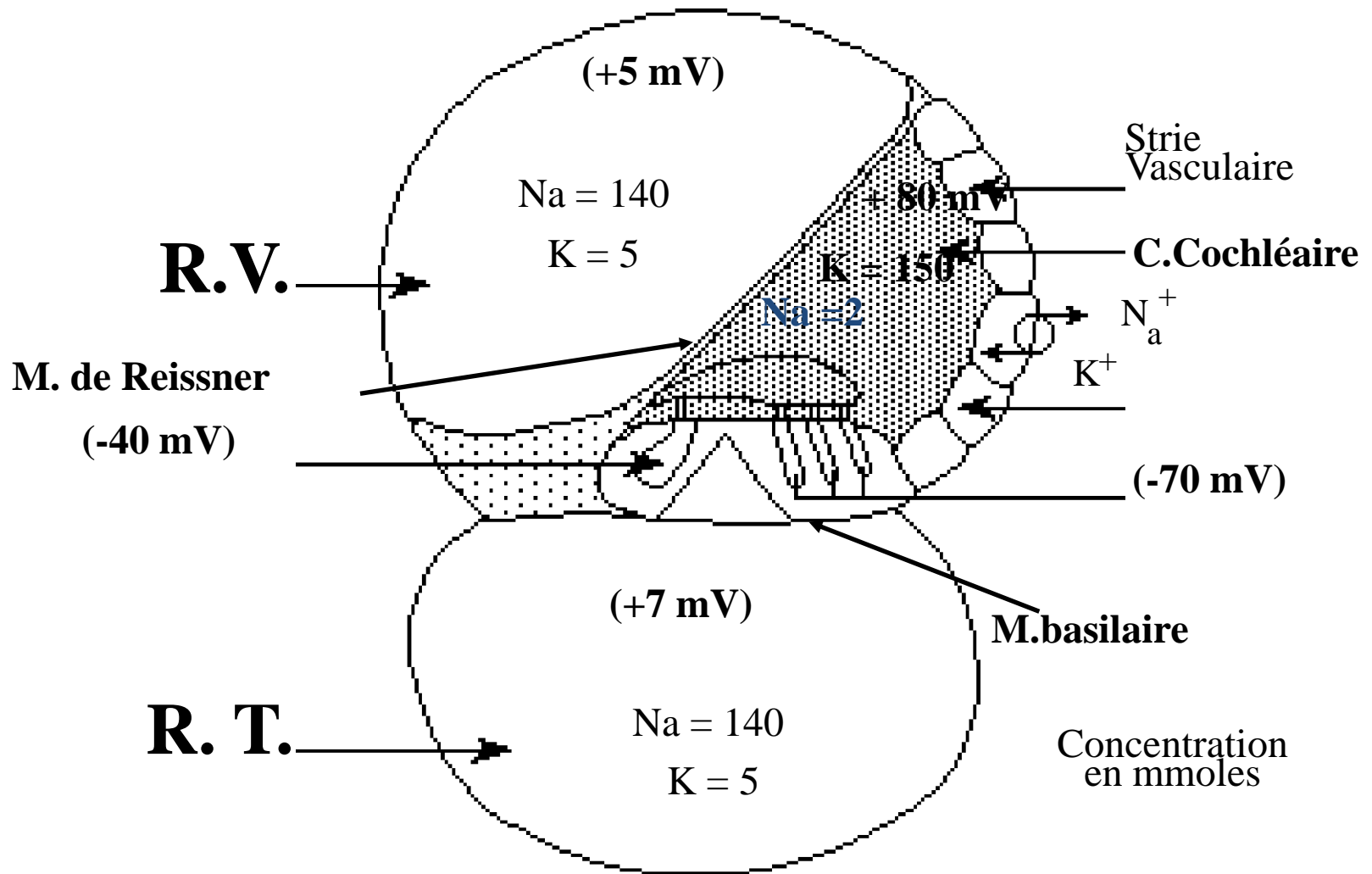
La cochlée agit comme un microphone, car elle transforme les vibrations sonores en vibrations de potentiel électrique.

La cochlée contient plusieurs liquides séparés par des membranes différentes. Au repos, les divers milieux cochléaires diffèrent les uns des autres par leur concentration ionique ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) et par leur polarisation électrique.

- **La différence de concentration dans les différents milieux, va engendrer une d.d.p.**  
**Von Békésy a montré que par rapport au liquide périlymphatique pris comme référence, le liquide endolympatique est fortement positif (80 à 100)mV, alors le milieu interne des cellules ciliées est négatif (-40mV)**



# MESURE DES d.d.p. PAR RAPPORT AU LIQUIDE PERILYMPHATIQUE (V=0mV)



# REPONSE A LA STIMULATION DU COCHLEE

- Les phénomènes mécaniques de la transmission propagent le stimulus acoustique jusqu'aux cellules ciliées au niveau desquelles il déclenche les phénomènes bioélectriques propres à la transduction.

Les potentiels produits au cours de la stimulation sont :

- **Les potentiels proprement cochléaires** ou (potentiels de récepteur) ; ces potentiels prennent naissance au niveau de la cochlée, on distingue :
  - ✓ Le potentiel microphonique ;
  - ✓ Le potentiel de sommation.
- **Les potentiels d'action du nerf auditif.**

# POTENTIEL MICROPHONIQUE COCHLEAIRE (PMC)

- Le P.M.C. reproduit fidèlement la forme de l'onde sonore. Ce potentiel local possède les caractéristiques suivants :
  - Il reproduit la forme du son qui lui donne naissance ;
  - Il est très sensible à l'anoxie ;
  - Il apparaît sans seuil discernable mis à part le délai acoustique ;
  - Son amplitude est proportionnelle au logarithme de l'intensité du stimulus jusqu'à un niveau acoustique de 80dB, au-delà, la relation n'est plus linéaire et un plateau apparaît vers 100dB.

# POTENTIEL DE SOMMATION

- C'est un phénomène local , de nature continue. Ce potentiel de récepteur possède les caractéristiques suivants :
  - Il apparaît pour des niveaux plus élevés ; 20dB de plus que le seuil d'apparition de P.C.M ;
  - Il est peu sensible à l'anoxie ;
  - Ce potentiel est proportionnel au logarithme de l'intensité du stimulus, il ne présente pas de non linearité aux limites des intensité

# LES POTENTIELS D'ACTION DU NERF AUDITIF

- L'énergie acoustique étant convertie par l'organe de Corti en énergie bioélectrique qui va donner naissance à un potentiel d'action, celui-ci va se propager le long du nerf auditif jusqu'au centre de l'aire corticale. Ce potentiel d'action est semblable à n'importe quel potentiel d'action de n'importe quel nerf.
- Le nerf auditif est formé de 30.000 fibres parallèles, ainsi pour coder un phénomène acoustique chacun de ces fibres peut transmettre au maximum 1000 influx/s.
- De leurs côtés, les centres du cerveau reconnaissent dans le message auditif au moins 3 qualités :
  - Sa nature acoustique par l'apprentissage ;
  - Sa fréquence ;
  - Son intensité.

# CONDUCTION OSSEUSE

- Lorsqu'on applique une source de vibrations mécaniques sur le crâne, on constate que celui-ci peut osciller de deux façons différentes :
  - Aux basses fréquences (<1500Hz) : le crâne se déplace sans se déformer, il subit un mouvement de translation ;
  - Aux fréquences élevées (>1500Hz) : le crâne présente des déformations c.à.d. des alternances de dilatation et de contraction, il subit un mouvement de compression ;
- **Pour que les vibrations en conduction osseuse engendrent une sensation auditive, il est nécessaire que les cils des cellules ciliées soient mobilisés.**
- **La conduction osseuse demande plus d'énergie que la conduction aérienne pour engendrer une sensation auditive.**

# EXAMEN DE L'AUDITION

- L'exploration fonctionnelle de l'audition a pour but de mettre en évidence une hypoacousie ou surdité, et d'en déterminer les causes afin de savoir s'il y a possibilité d'appareillage.
- On distingue cinq types de surdités :
  - de transmission : lésion de l'O.E ou de l'O.M qui empêche les sons de parvenir à l'organe analyseur (organe de Corti) ;
  - de perception : lésion de l'O.I (organe de Corti) ;
  - mixtes (transmission et perception) ;
  - de conduction nerveuse (rétrocochléaires) : lésion du nerf auditif, ce type de surdité n'est pas appareillable.
  - centrales (au niveau du cerveau).

# EXAMEN SUBJECTIF DE L'AUDITION

Les différents examens que nous allons décrire, nécessitent une participation active du sujet. Ceci demande une compréhension et une bonne foi de ce dernier.

- **L'ACOUMETRIE** : c'est la méthode la plus simple et a été longtemps la seule méthode d'exploration de l'audition ; elle fait appel essentiellement à la voix et au diapason.
  - **Acoumétrie phonique** : dans un local silencieux, le sujet doit répéter des mots émis à voix plus ou moins forte, à des distances variables, dans l'axe du C.A.E. ; la voix haute est normalement perçue à 40m et la voix chuchotée à 6m. Cette épreuve est peu précise.
  - **Acoumétrie instrumentale** : Cet examen utilise plusieurs diapasons échelonnés par octave. Après un choc, un diapason se met à vibrer suivant un mouvement sinusoïdal amorti, son temps de vibration est toujours le même.



- ✓ En conduction aérienne (C.A.) le diapason vibre à 2cm du pavillon de l'oreille et l'on détermine la durée de l'audition de la conduction aérienne ( $D_{ca}$ ).
- ✓ En conduction osseuse (C.O), le pied du diapason est placé sur la mastoïde. Si le conduit auditif externe est obturé, la durée de l'audition va représenter la durée de la conduction osseuse absolue ( $D_{coa}$ ), sinon la durée d'audition serait dite relative ( $D_{cor}$ ). Au niveau d'une oreille normale  $D_{coa} > D_{cor}$ .

- **Epreuve de Rinne** : consiste à comparer les durées d'audition osseuse relative et aérienne. Normalement  $D_{ca}/D_{co}=3$ .

Une hypoacousie se traduit par le raccourcissement de l'une au moins de ces deux durées. Deux peuvent alors se présenter :

**1-**  $D_{ca}$  est raccourci, alors que  $D_{co}$  est normal, donc  $D_{ca}/D_{co}<3$ . Il s'agit d'une surdité de transmission.

**2-**  $D_{ca}$  et  $D_{co}$  sont tous les deux diminués dans des proportions comparables, donc  $D_{ca}/D_{co}=3$ . Il s'agit d'une surdité de perception ou surdité de la conduction nerveuse.

- **Épreuve de Weber** : consiste à placer le pied du diapason sur le front. Pour un sujet normal, le son est perçu d'une façon identique par les deux oreilles. S'il s'agit d'une :
  - Surdité de perception d'une oreille, le son sera mieux entendu par l'autre (côté sain), on dit qu'il y a latéralisation du son vers le côté sain.
  - Surdité de transmission, le son sera mieux entendu du côté atteint, la latéralisation se fait vers le côté atteint.

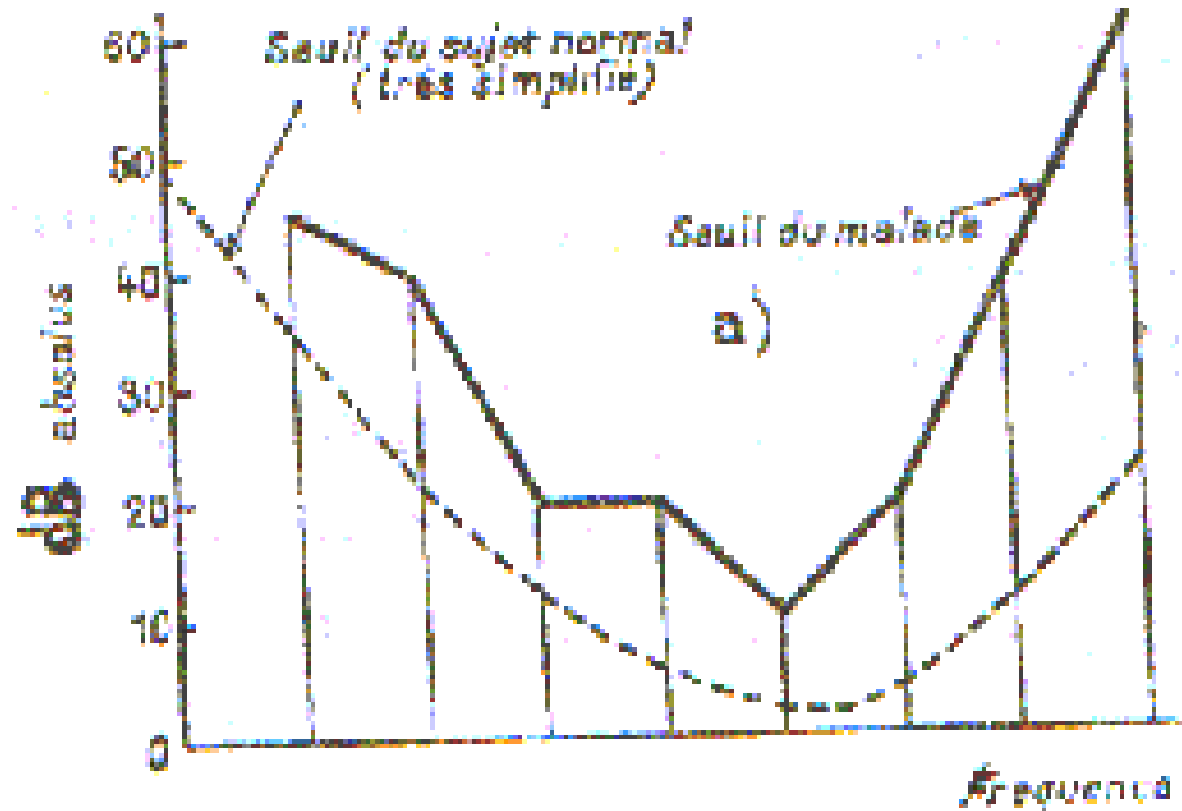
- **L'AUDIOMETRIE** : est plus utilisée que l'acoumétrie, c'est une méthode rapide est plus précise. On distingue trois épreuves audiométriques.
  - **L'audiométrie tonale liminaire** : consiste à déterminer les seuils absolus du niveau sonore pour des fréquences différentes pour la C.O. et pour la C.A. Cette technique nécessite un audiomètre tonal qui comprend :
    - ✓ un générateur de basses fréquences qui nous permet d'avoir des sons purs ;
    - ✓ un amplificateur ;
    - ✓ un atténuateur de 5 à 5 dB ;
    - ✓ une paire d'écouteurs pour la conduction aérienne ;
    - ✓ un vibreur pour la conduction osseuse ;
    - ✓ un générateur de « bruit blanc » pour assourdir l'oreille non étudiée.



# AUDIOMETRE

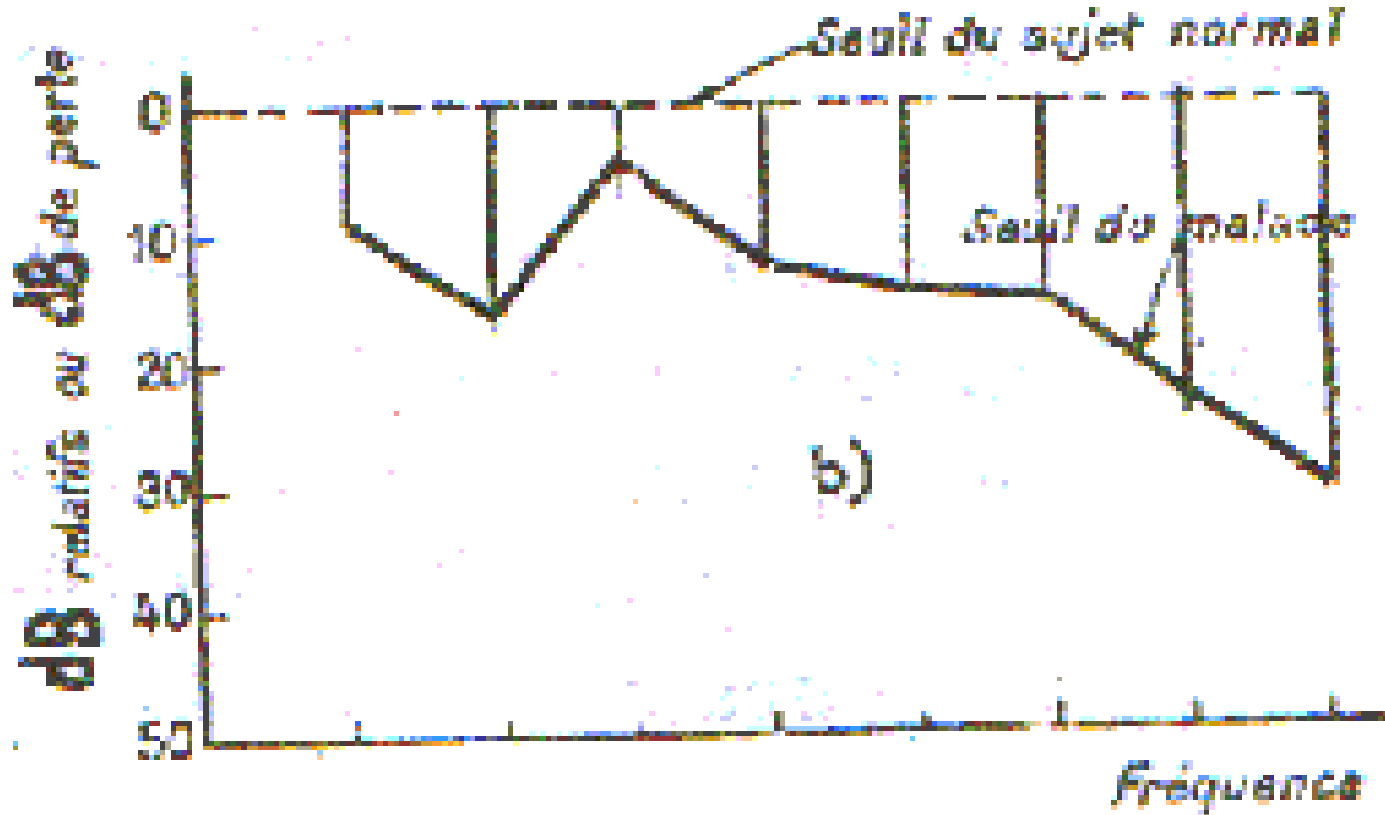


Les Résultats de l'audiométrie tonale liminaire peuvent être représentés sur un audiogramme en dB absolus



Les Résultats de l'audiométrie tonale liminaire peuvent être représentés aussi en dB de perte.

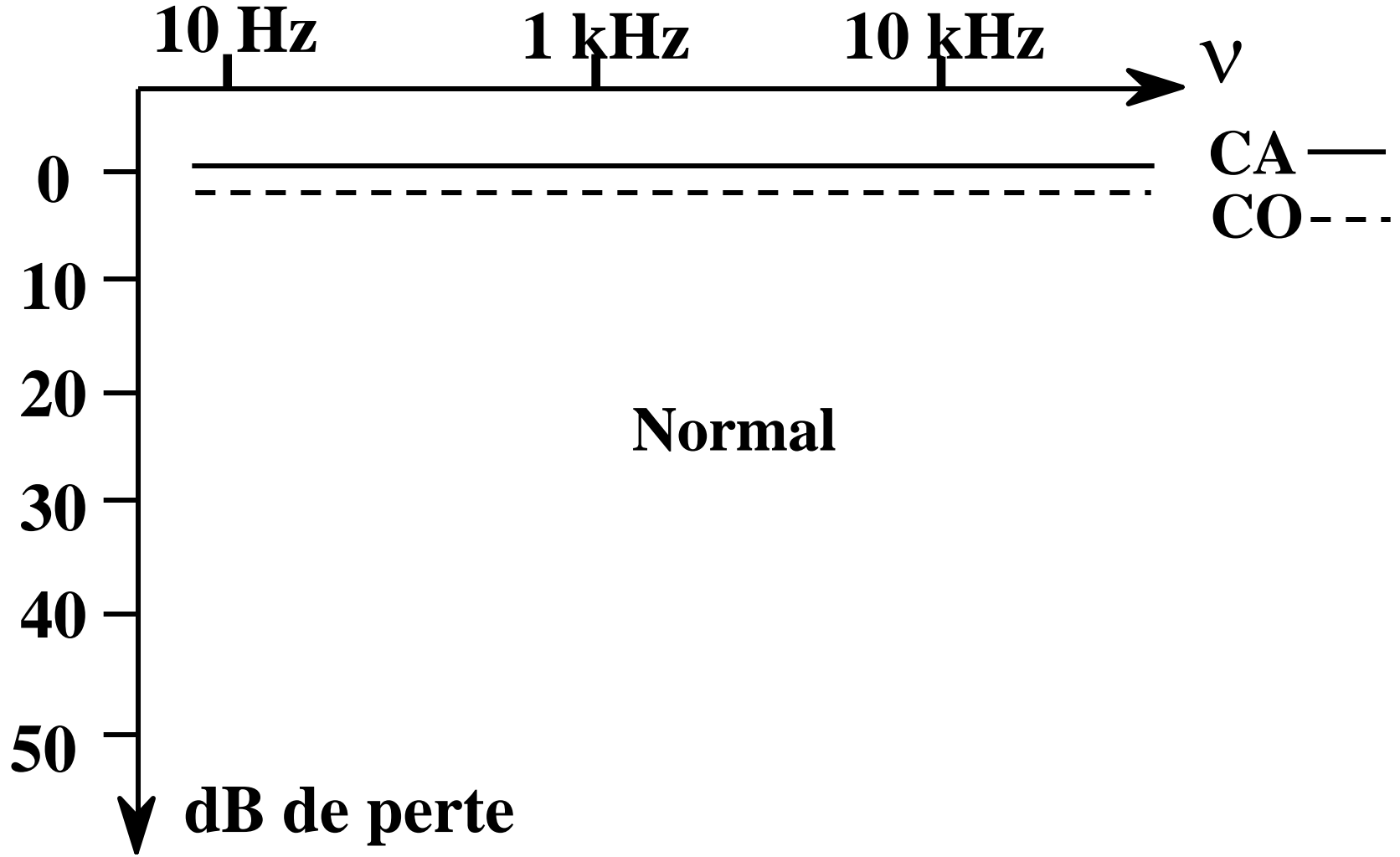
Les appareils utilisés donnent généralement directement des dB de perte.



$$I_{dB} \text{ de perte} = I_{dB} \text{ absolus du sujet} - I_{dB} \text{ absolu du sujet normal}$$



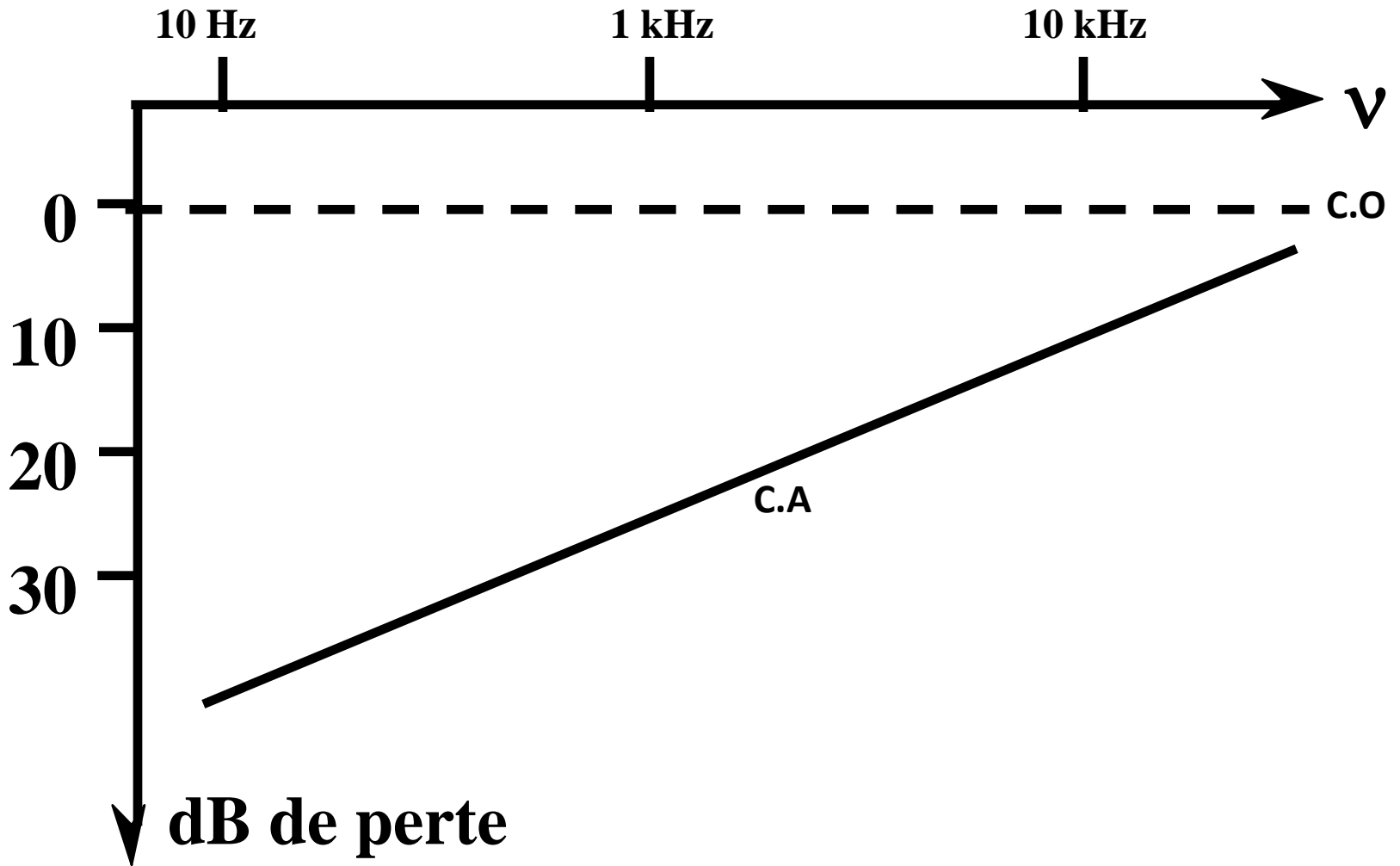
# AUDIOGRAMME CLINIQUE





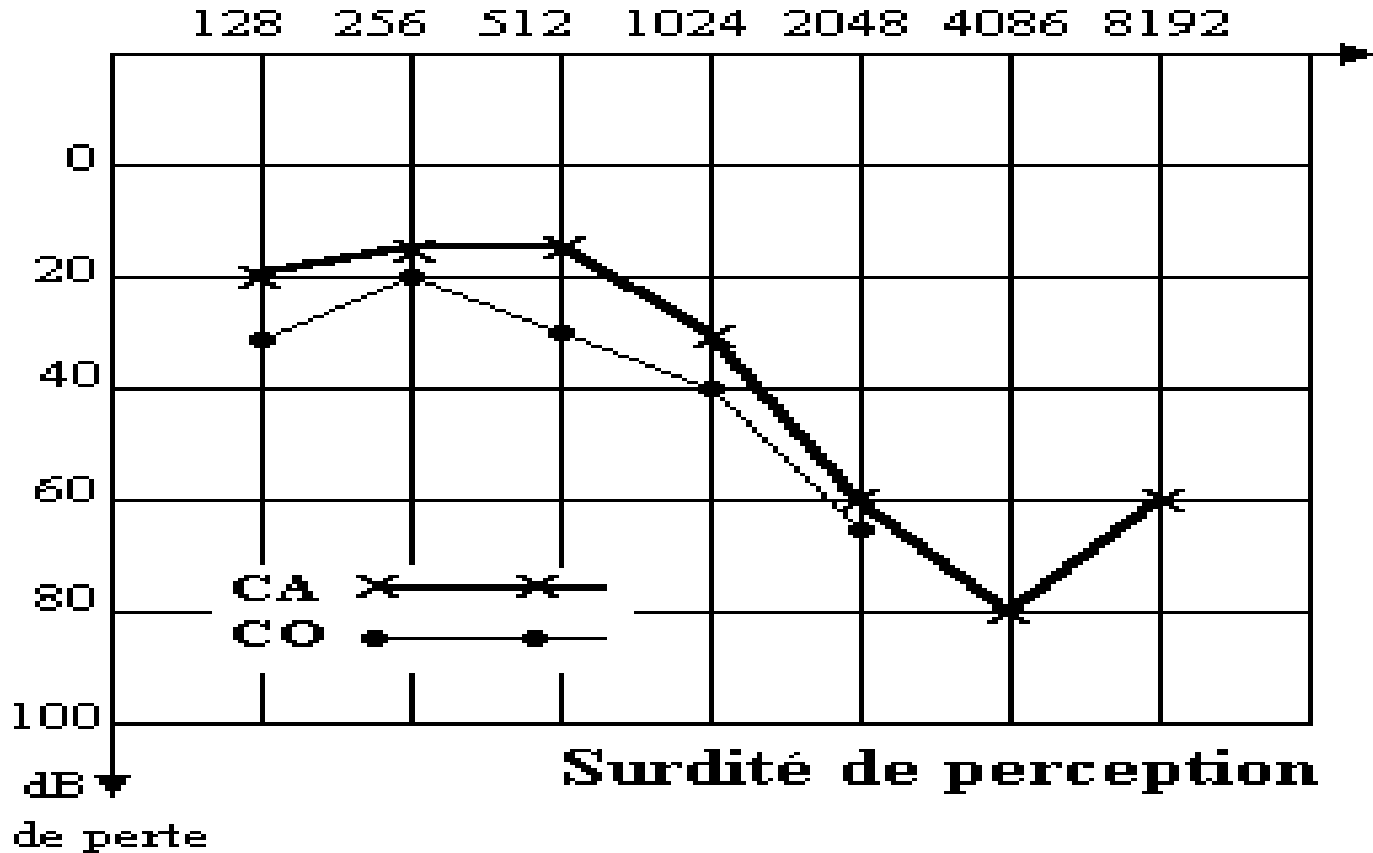


# SURDITÉ DE TRANSMISSION AUDIOGRAMME CLINIQUE



La perte concerne la conduction aérienne. Prédominance sur les graves. La conduction osseuse peut être considérée comme normale.

# Exemple de surdité de perception

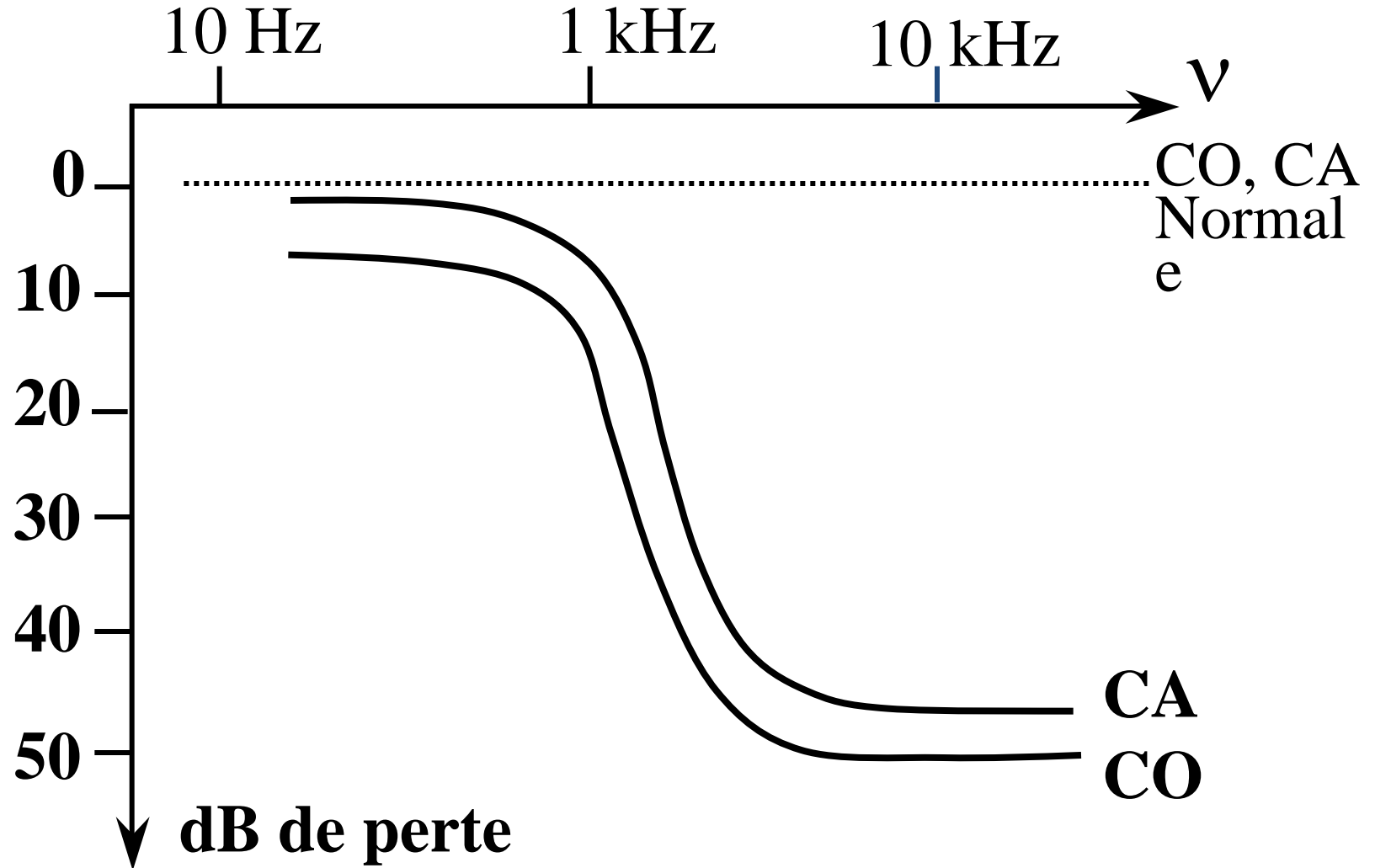


La perte à prédominance très nette pour les aigus.

L'altération est parallèle pour les conductions aériennes et osseuses



# SURDITÉ DE PERCEPTION AUDIOGRAMME CLINIQUE



➤ **L'audiométrie tonale supra-liminaire** : Étudie les distorsions intéressant soit l'intensité du son (recrutement), soit sa hauteur (displacousie).

✓ **Le recrutement** : est un phénomène particulièrement important, il est spécifique des lésions de l'organe de Corti. Le sujet n'entend pas les sons faibles par contre il entend les sons forts, si on parle à voix normale, il n'entend pas et dès qu'on élève la voix il se plaint qu'on crie trop fort. Le recrutement consiste donc à :

- Une élévation du seuil absolu pour les grandes fréquences ;
- Un abaissement du seuil douloureux ;
- Une diminution du champ auditif tonal et un resserrement des courbes isosoniques d'où un abaissement du seuil différentiel relatif de puissance acoustique  $\Delta I$  devient inférieur à 1 dB.

✓ **La displacousie** : moins fréquent.

➤ **L'audiométrie vocale** : Cette méthode étudie la perception par le sujet des mots de sa propre langue, choisis dans le vocabulaire courant, émis à une puissance acoustique déterminée de façon aussi exacte que possible. Cette méthode permet de mesurer au mieux le degré d'invalidité d'un sourd et d'évaluer la qualité d'une prothèse.

✓ **Épreuve d'intelligibilité** : on demande au sujet de répéter des mots et de phrases, préalablement choisis pour leur simplicité et l'absence de confusion possible.

Pour chaque niveau de puissance où ils sont émis, on note le pourcentage de perception et on dresse une courbe donnant le pourcentage de perception en fonction de l'intensité (dB).

# AUDIOMÉTRIE VOCALE

## % D'INTELLIGIBILITÉ

