

ECHOSCAN : COMMENT MIEUX APPRÉHENDER LA FATIGUE AUDITIVE PÉRIPHÉRIQUE ?

Dr. Pierre CAMPO

**Laboratoire d'ototoxicité et de neurotoxicité, Rue du
Morvan. CS 60027. F-54519 Vandoeuvre**



➤ Nous vivons dans un monde bruyant



➤ Nos carrières seront plus longues demain qu'elles ne l'étaient hier.

DÉFI EN PRÉVENTION

Avertir le public des risques encourus s'il n'adopte pas de bonnes résolutions.

FATIGUE VS. PERTES

Eviter l'installation d'une presbyacousie précoce

PRESBYACOUSIE



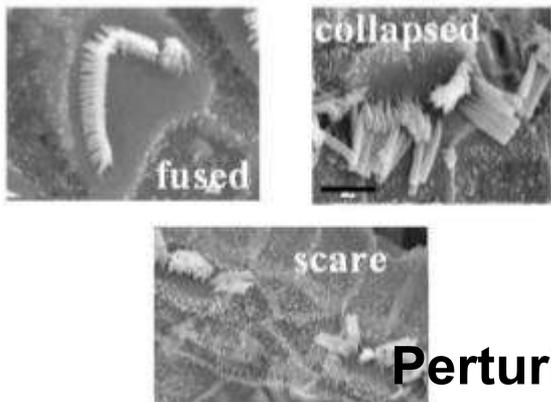


QUELS SONT LES AGRESSIONS AUXQUELLES L'OREILLE PEUT ÊTRE SOUMISES ?

Bruit

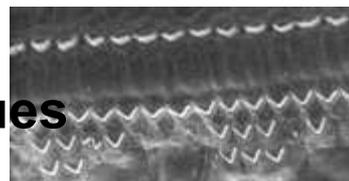
Agents Chimiques

Dommages mécaniques

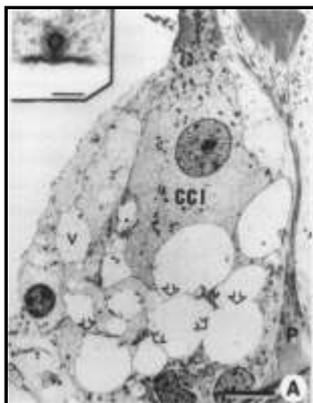


Empoisonnement/péroxydation des lipides

Solvants
Asphyxiants CO & HCN
métaux lourds

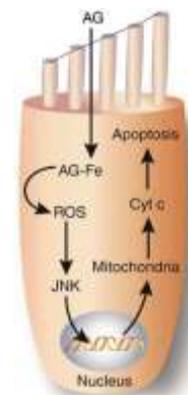


Perturbations métaboliques



Médoc

Aminoglycosides
Anticancéreux
Diurétiques
Aspirine

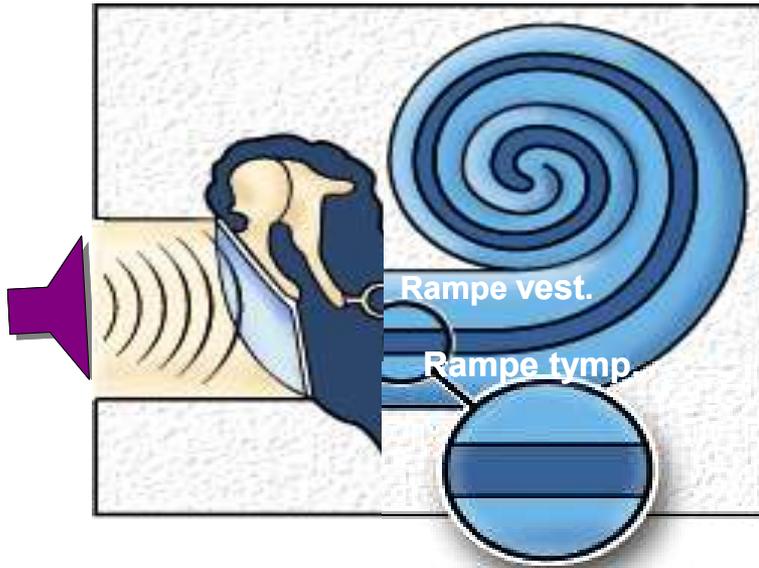


Le bruit

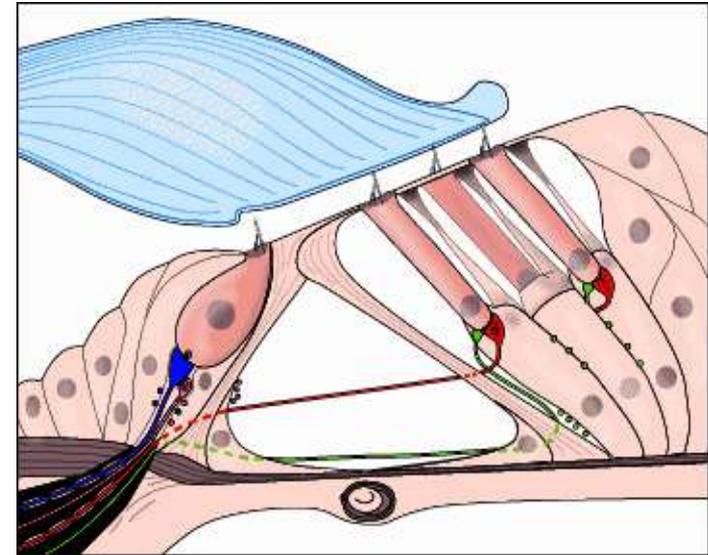


Rappels : les transductions dans l'oreille

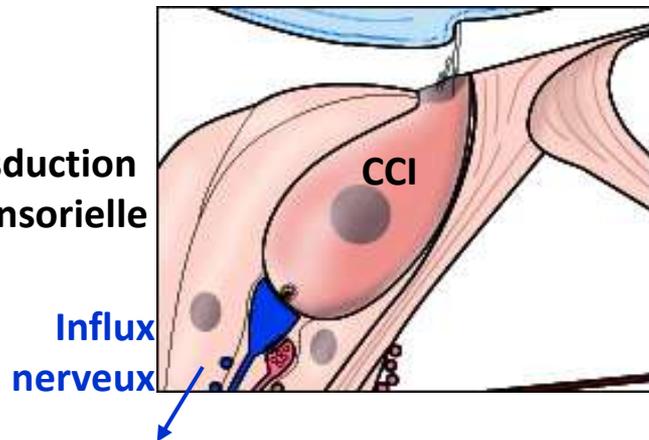
1) Transduction acoustico-mécanique



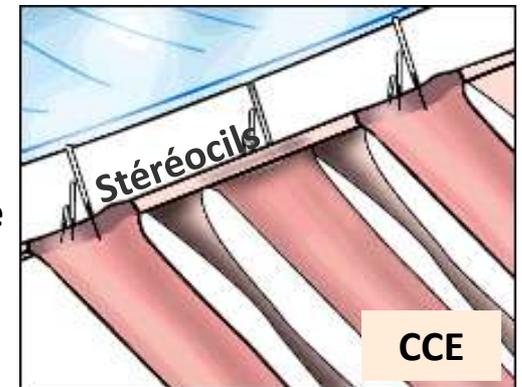
2) Transduction hydro-mécanique



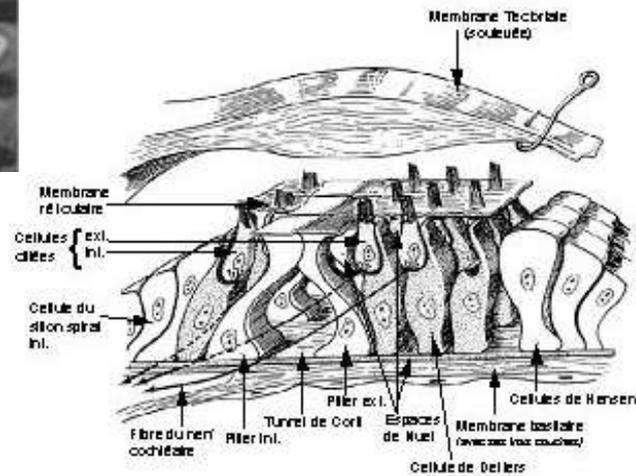
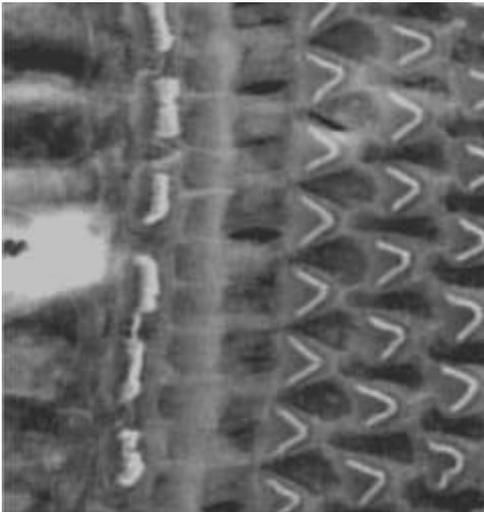
4) Transduction neurosensorielle



3) Transduction mécano-électrique

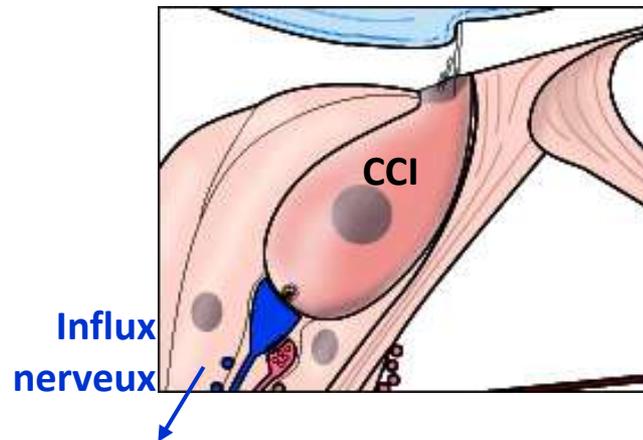
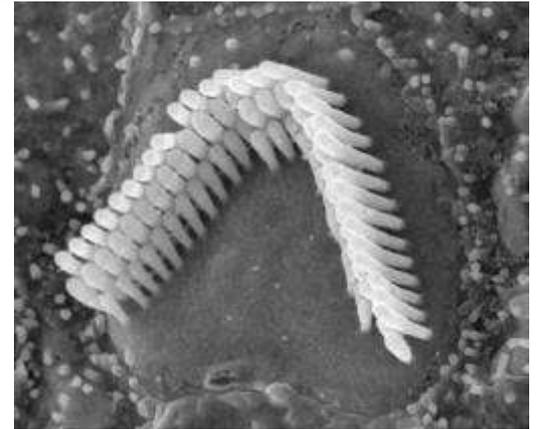


Organe de Corti siège de la transduction mécano-sensorielle



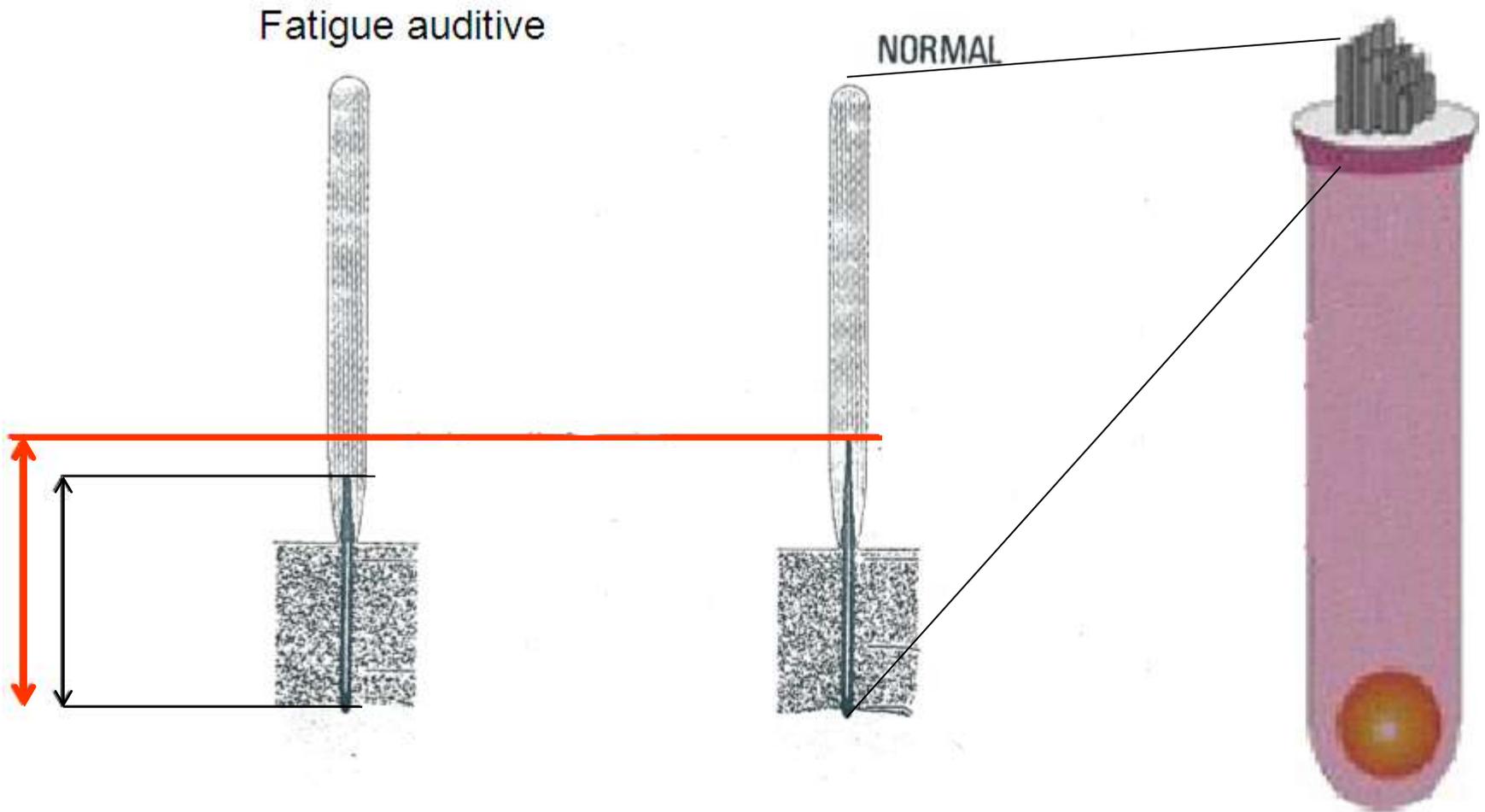
Fatigue auditive se manifeste

➤ à l'apex et

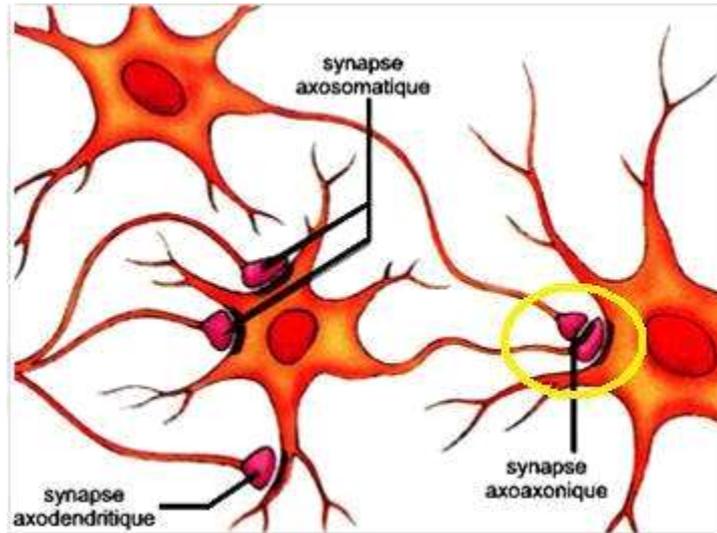
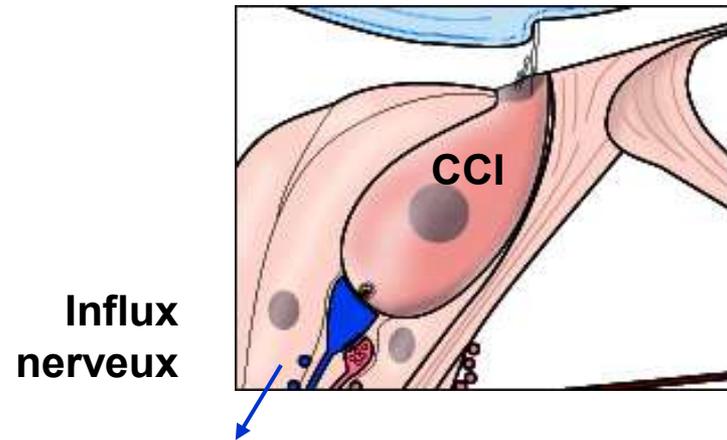


➤ à la base des cellules ciliées

Le raccourcissement des racines donne plus de flexibilité

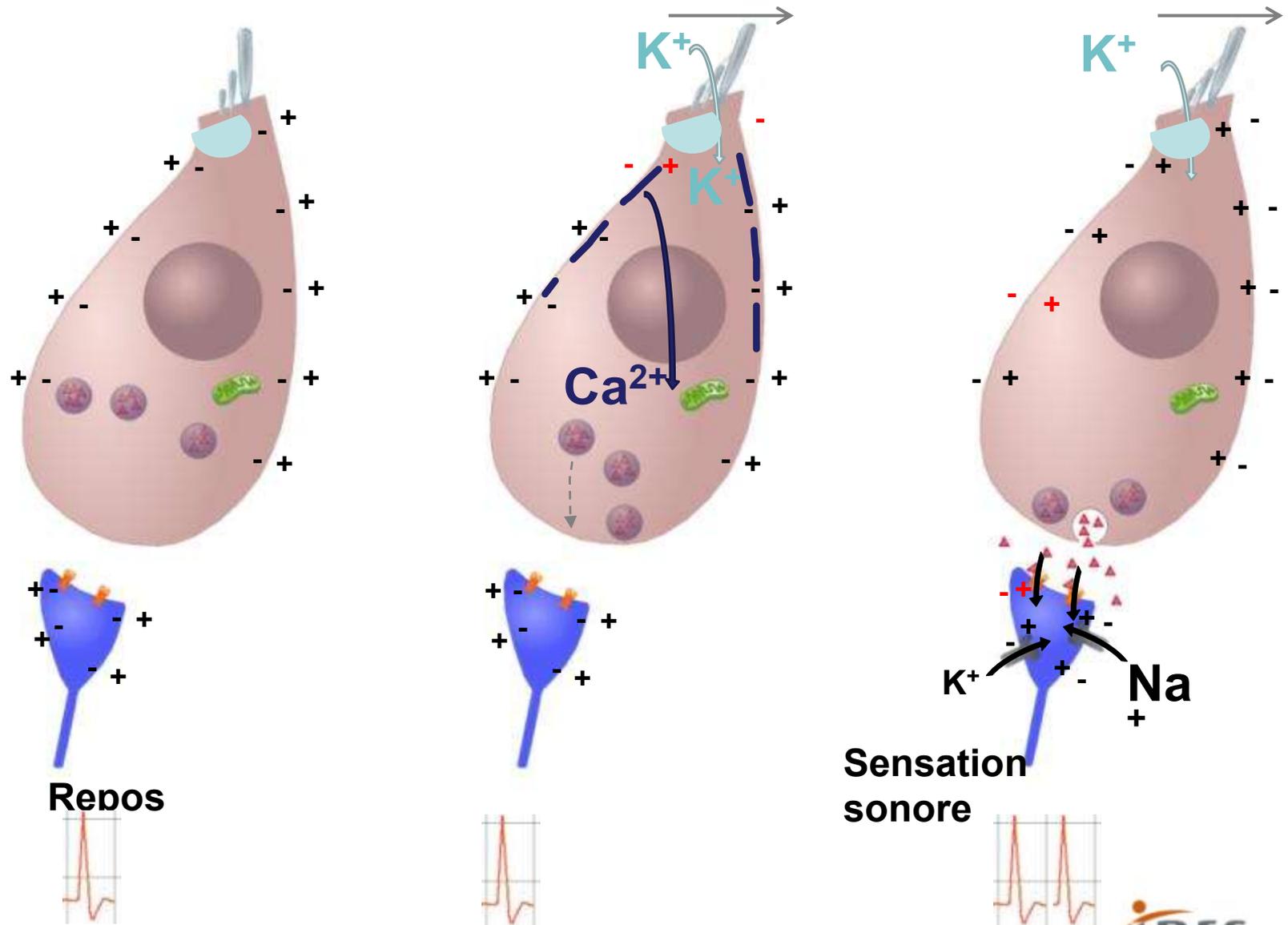


Fatigue métabolique

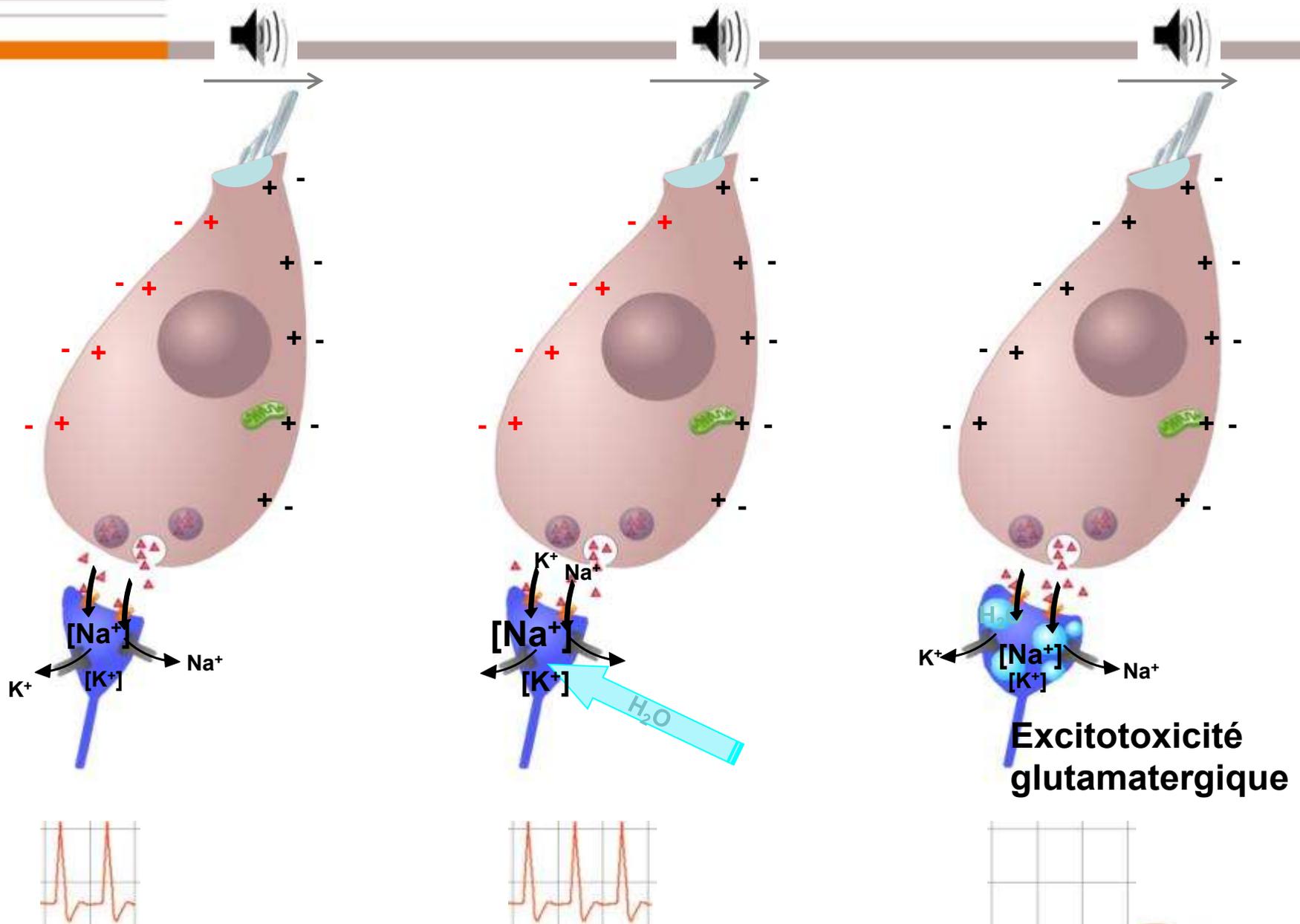


Synapse

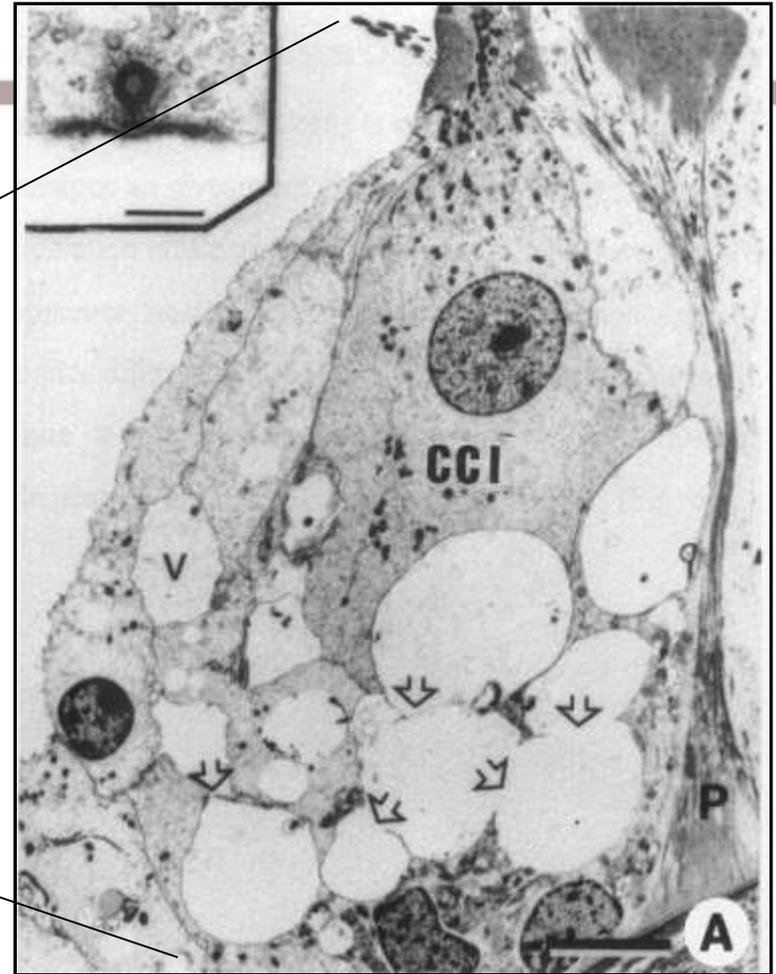
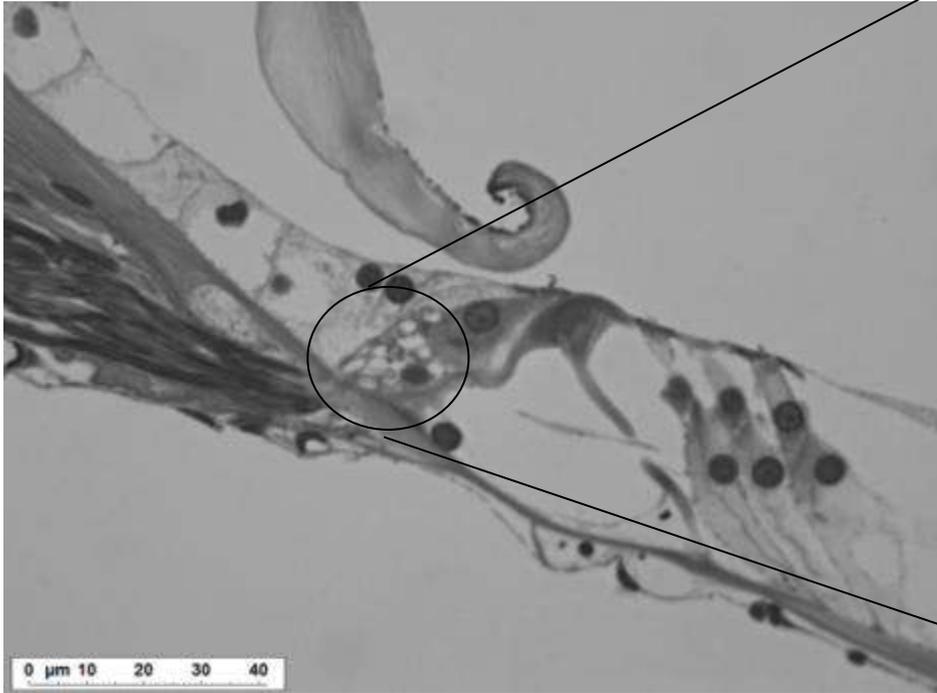
Fatigue métabolique



Excitotoxicité glutamatergique



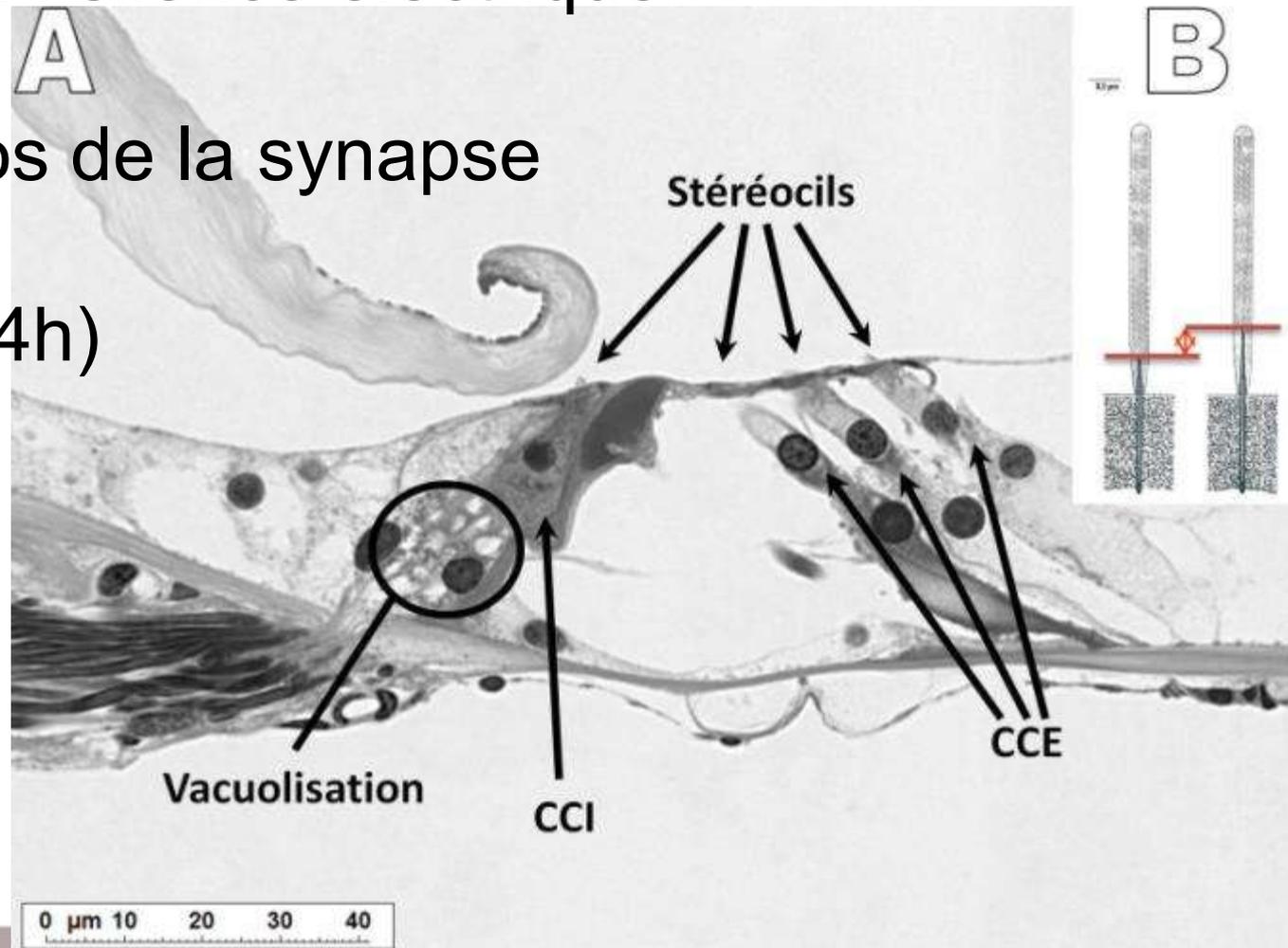
Cellules ciliées internes



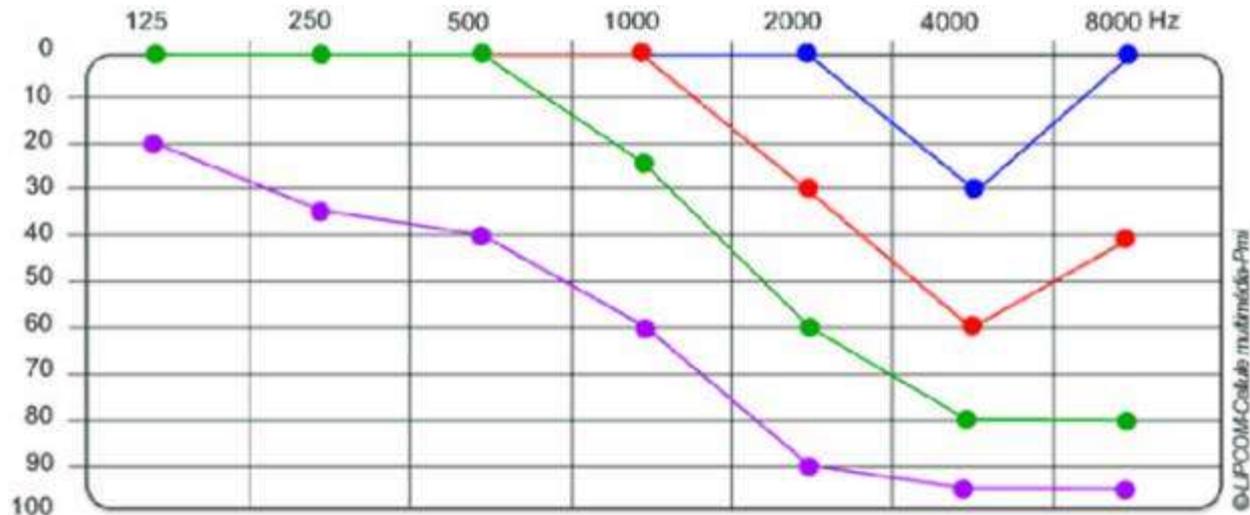
Silence électrique

Fatigue auditive

- raccourcissement des racines des stéréocils
- vacuolisation : silence électrique
- mise au repos de la synapse
- réversible (14h)



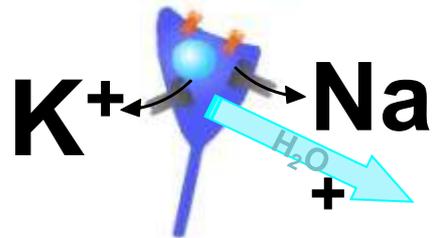
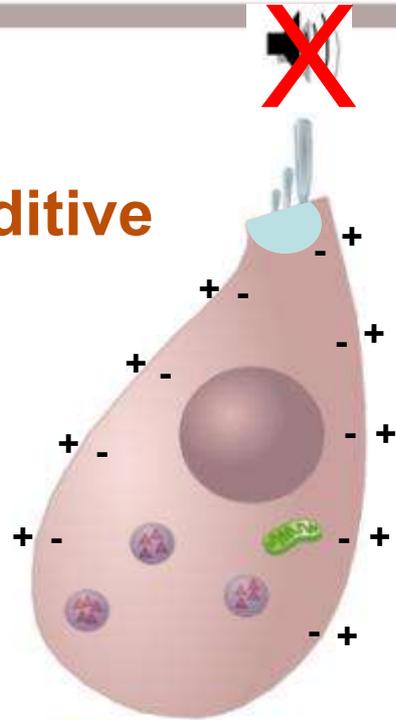
Quand la fatigue auditive glisse vers les pertes auditives



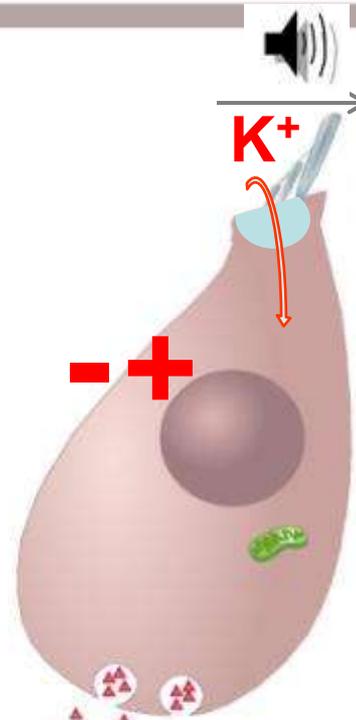
Evolution de seuils audiométriques (tonale) en cas d'agressions sonores chroniques. La perte auditive de perception est initialement centrée sur la fréquence 4000 Hz, puis va toucher les autres fréquences. L'arrêt de l'exposition traumatique stoppe l'évolution de la surdité.

Il faut raison garder!

Fatigue auditive



Perte auditive

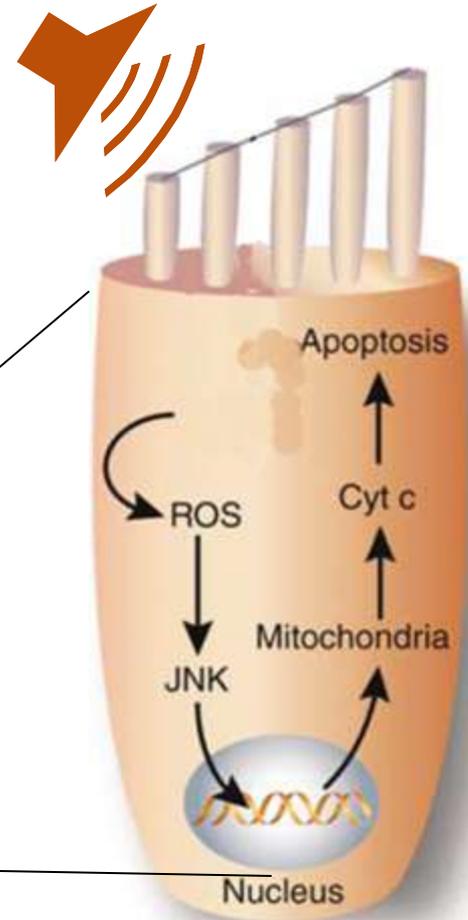
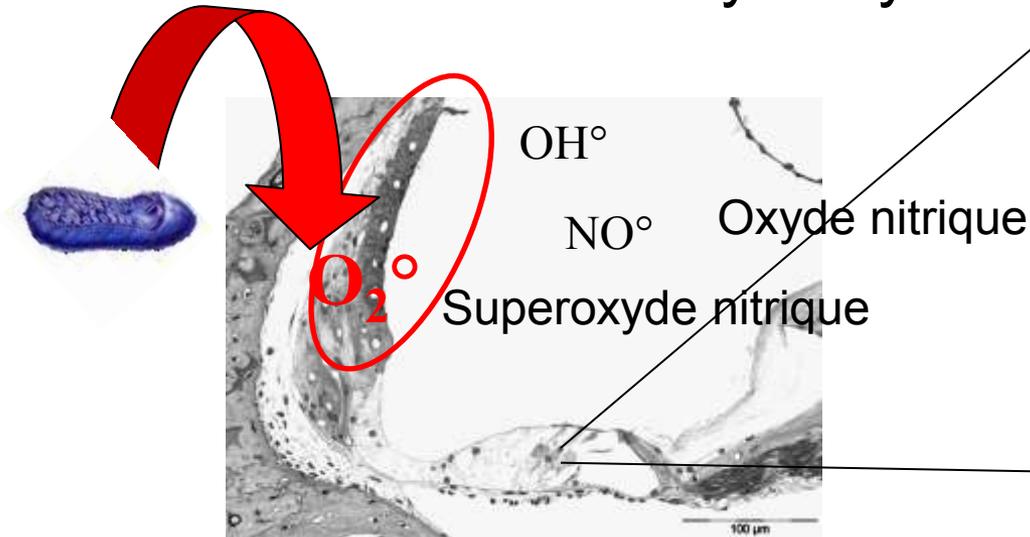


Choc excitotoxique

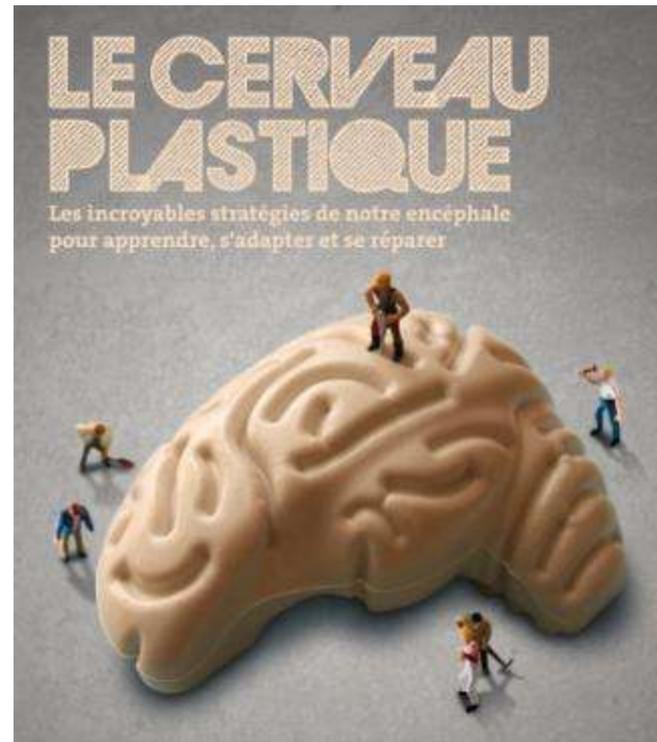
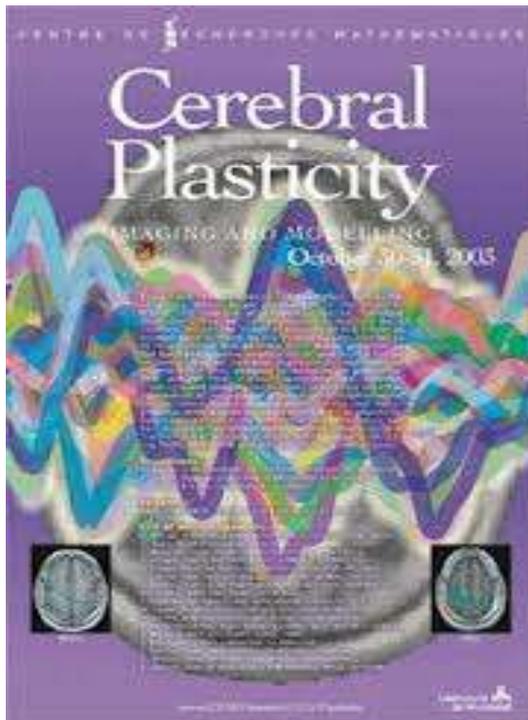


Radicaux libres : ↗ ROS et ↘ GSH

Radicaux hydroxyles



La plasticité du système nerveux auditif central

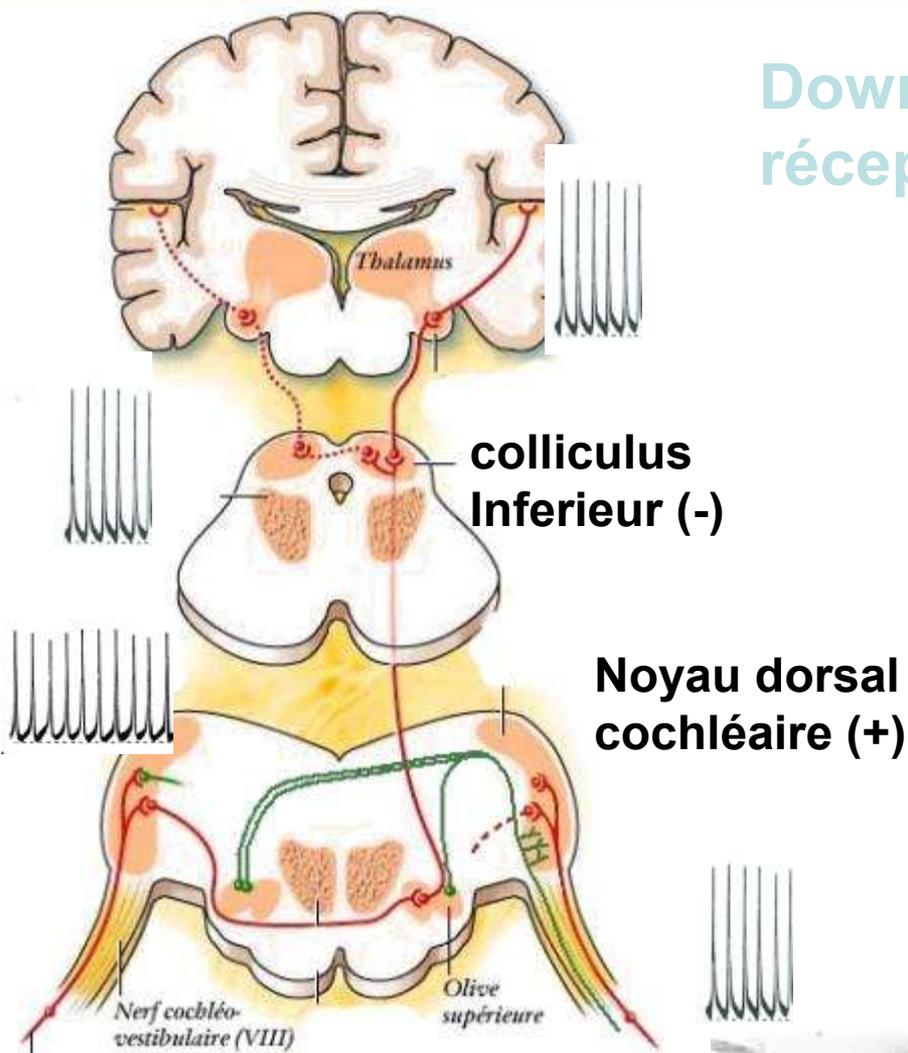


C'est un équilibre entre 2 mécanismes majeurs qui optimisent l'analyse des inputs cochléaires



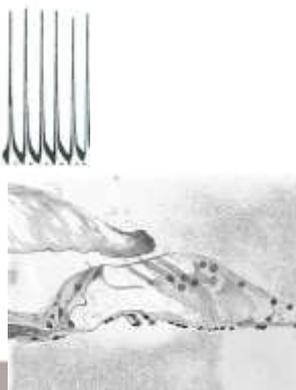
Downregulation des récepteurs gabaergiques

Salvi et al (1997) Evidence of rapid functional reorganization in inferior colliculus and cochlear nucleus. In Syka Ed. Acoustical signal processing in the central auditory system. Plenum, NY, pp. 477-488



Upregulation des récepteurs cholinergiques

Kaltenbach (2007) Intense sound-induced plasticity in the DCN of rats; evidence for cholinergic receptor upregulation. *Hear Res* 226: 232-243.



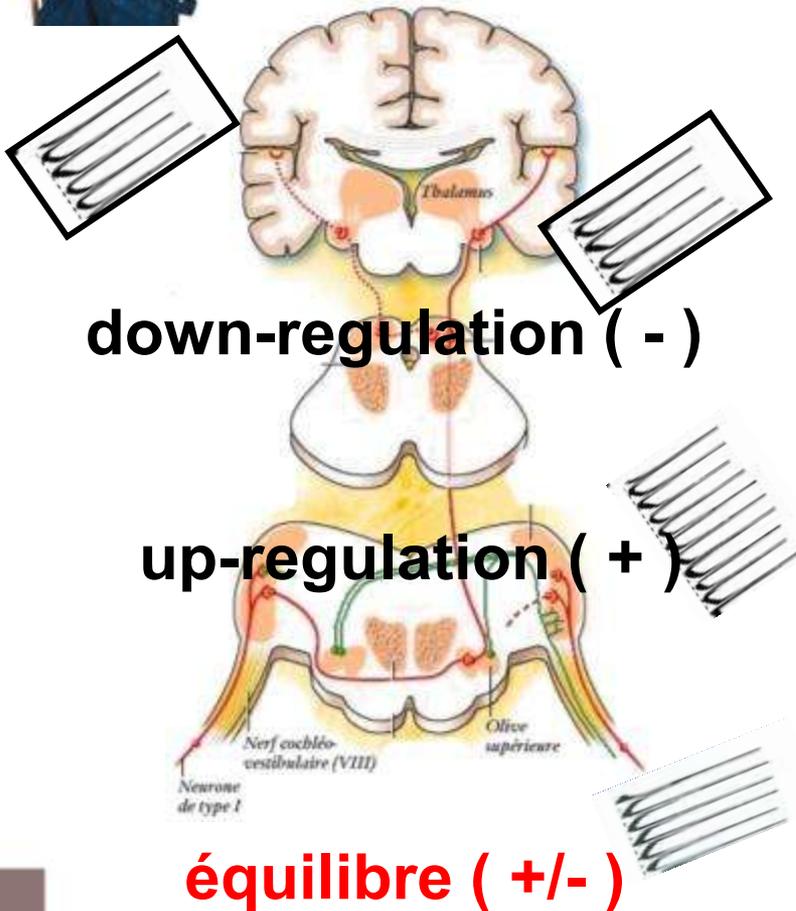
La plasticité cérébrale retarde les effets de la presbyacousie



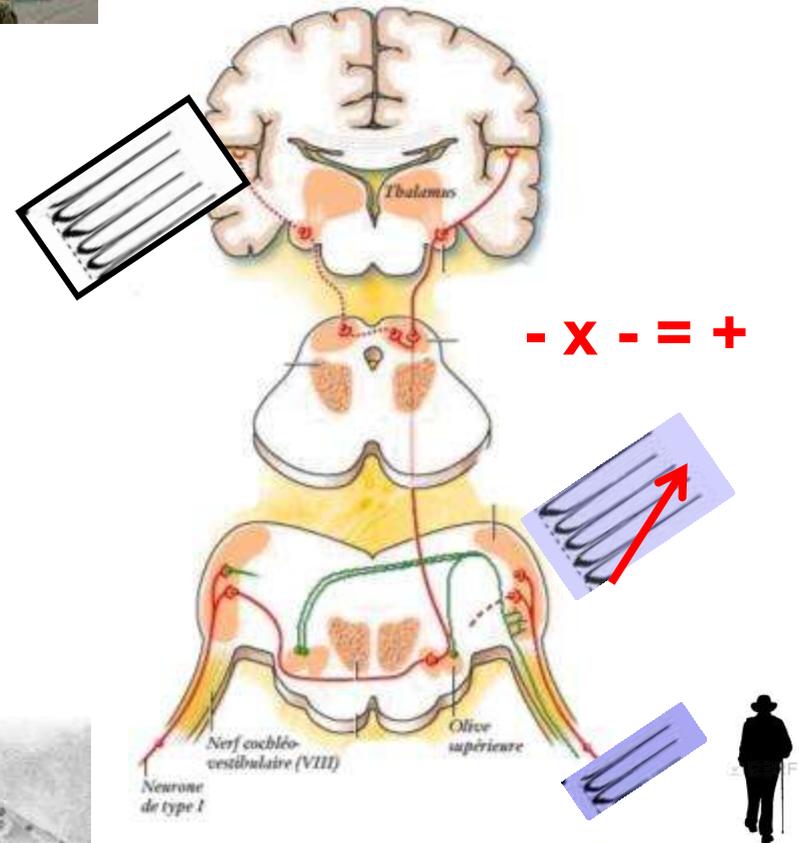
Jeune sujet



Sujet âgé
< 50 ans



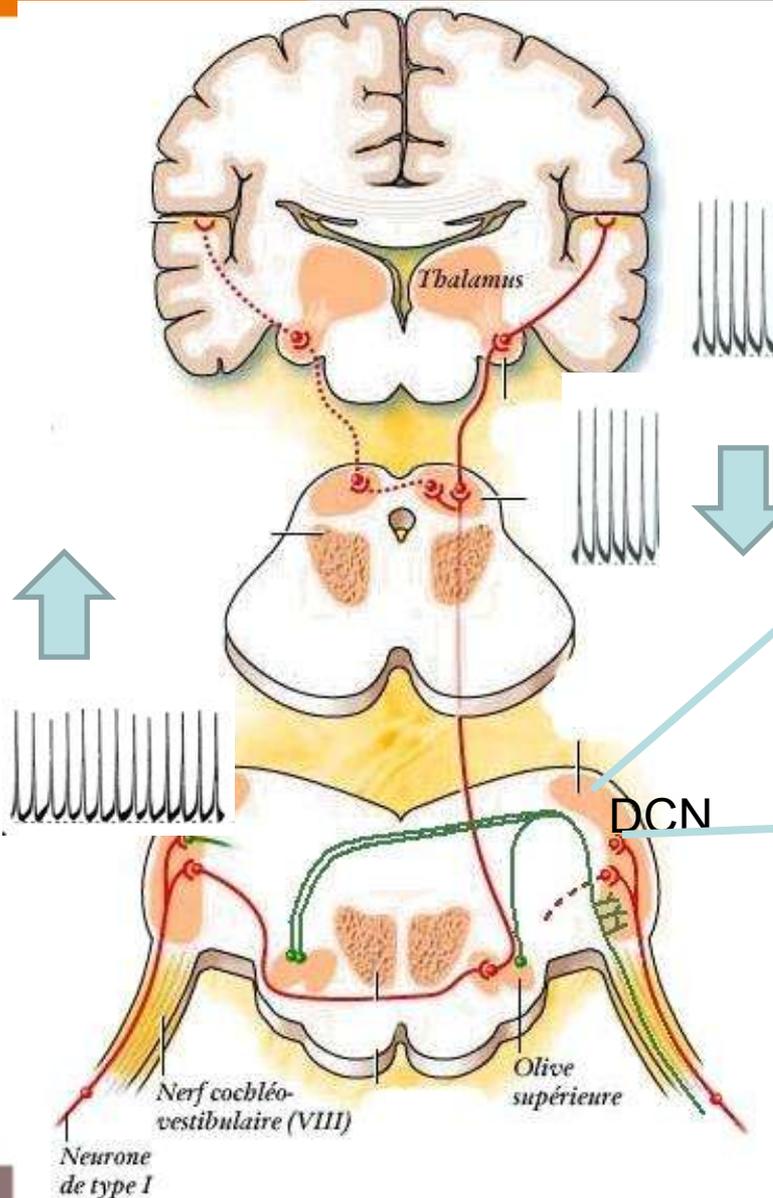
=



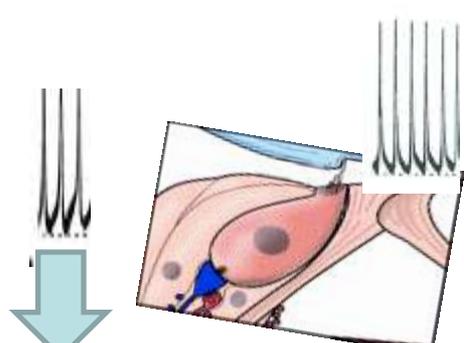
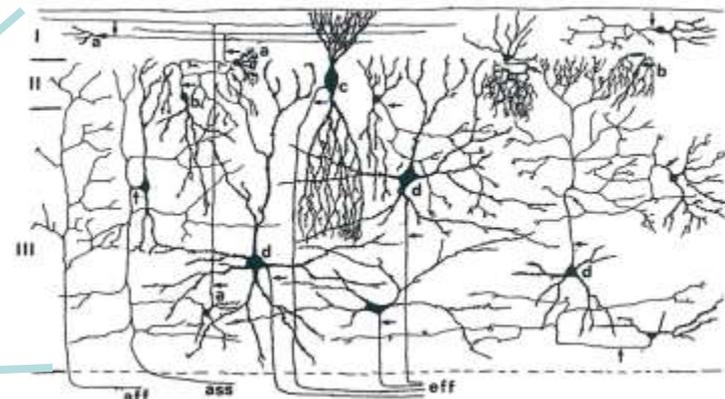
Régulation à la hausse des inputs cochléaires dans le noyau cochléaire dorsal (upregulation)



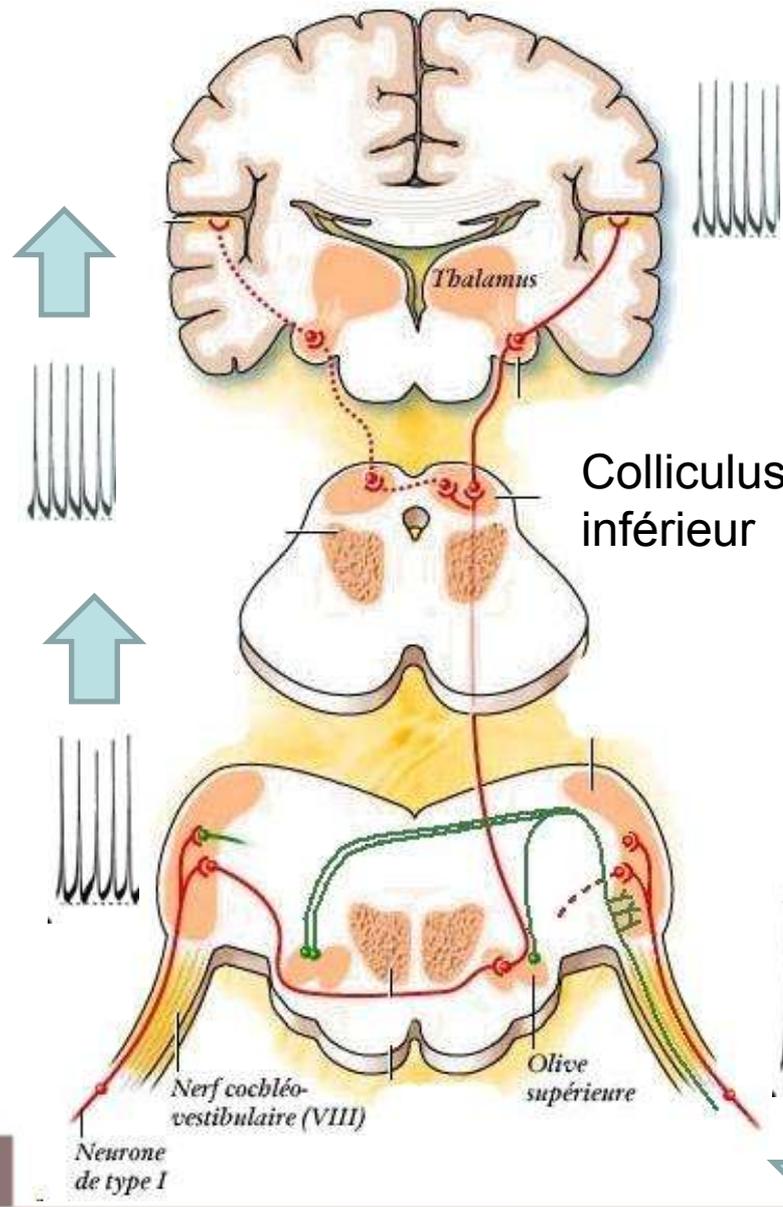
Kaltenbach (2007) Hear Res 226: 232-243



3 couches de cellules

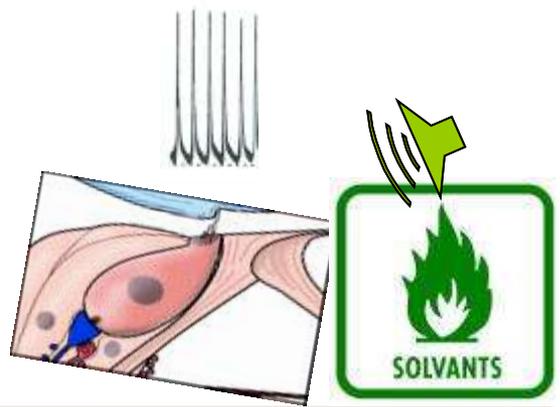


Régulation à la baisse des inputs inhibiteurs dans le colliculus inférieur (- x - = +) downregulation



Levée de l'inhibition gabaergique

Mulders (2013) Development of hyperactivity after acoustic trauma in the guinea pig inferior colliculus. *Hear Res* 298: 101-108.



Conclusions



- **On peut avoir un audiogramme « normal » en dépit d'un traumatisme périphérique**
- **La surdité peut survenir longtemps après la fin de l'exposition au bruit ou au traitement.**
(difficile de faire le rapport entre atteinte auditive et expo)



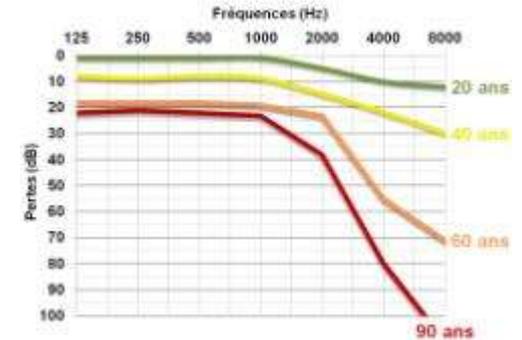
On peut alors souffrir de presbyacousie précoce (la génétique a souvent bon dos !)



50-55 ans



Presbyacousie
naturelle/génétique



40-45 ans

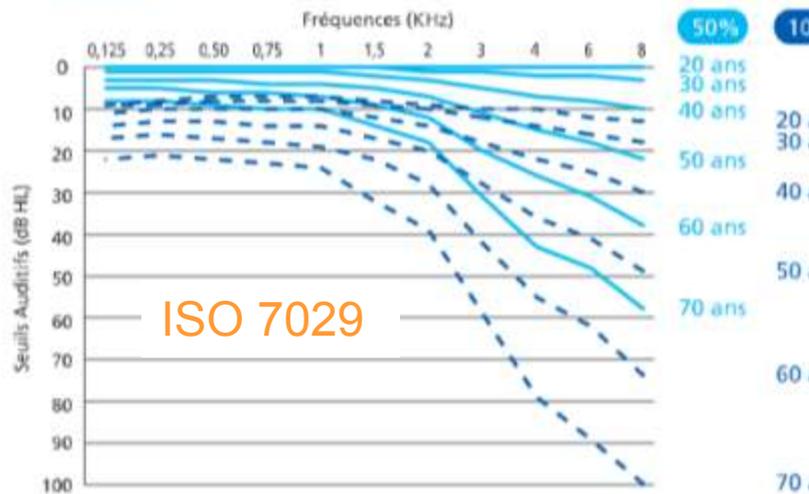


Presbyacousie
précoce/environnementale

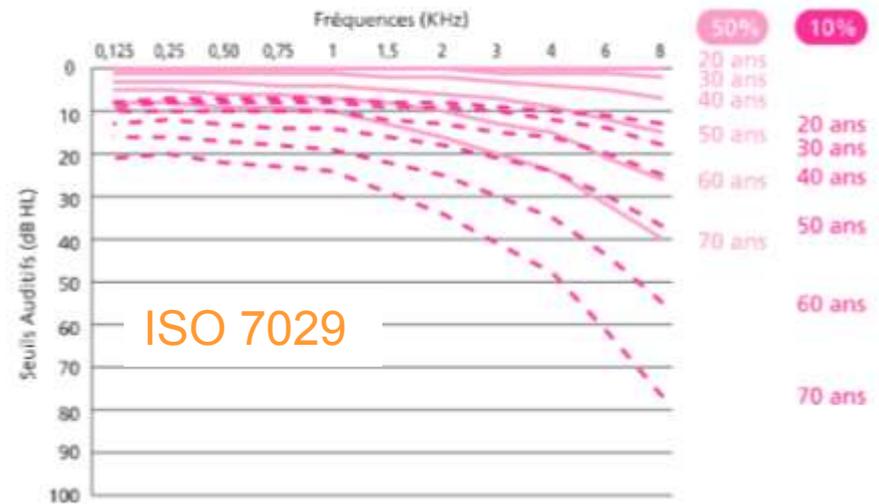
Presbyacousie s'installe quand
la plasticité est à bout de souffle

Il ne faut pas négliger la presbyacousie.

A - Hommes

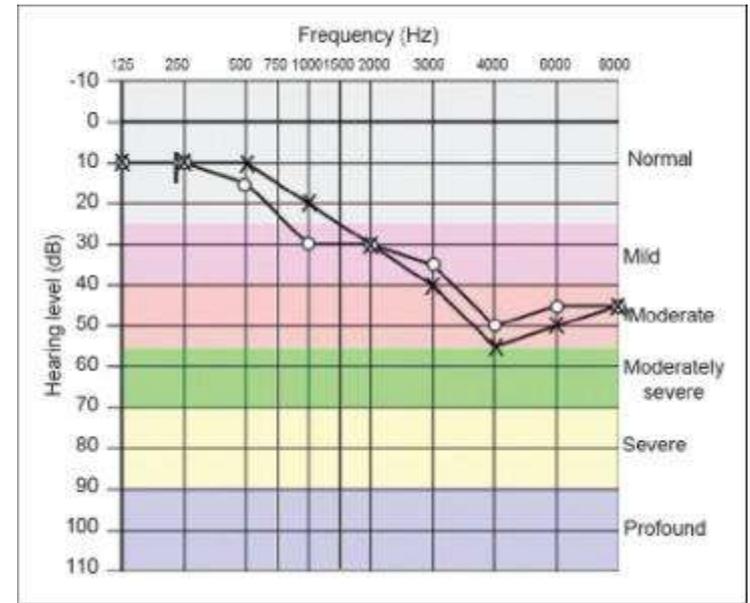


B - Femmes



Une valeur audio qui s'écarte des courbes de presbyacousie peut révéler un environnement professionnel agressif.

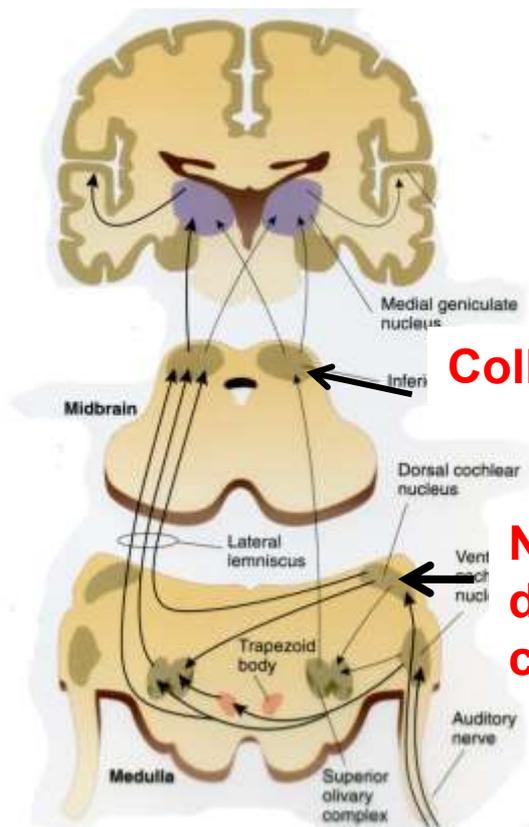
En prévention, on se doit de dépister la fatigue auditive périphérique



L'audiométrie tonale liminaire ...

... n'est pas le meilleur outil pour évaluer la fatigue auditive périphérique

Que nous impose la médecine du travail?



Intégration du message auditif

Colliculus inférieur

Noyau dorsal cochléaire



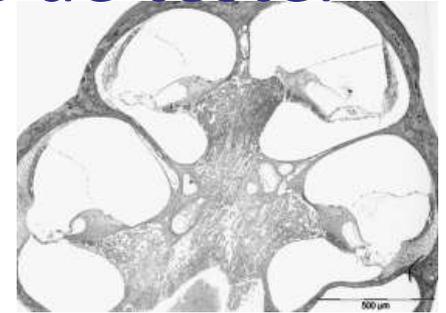
Organe de Corti

Surdité professionnelle doit être *périphérique*

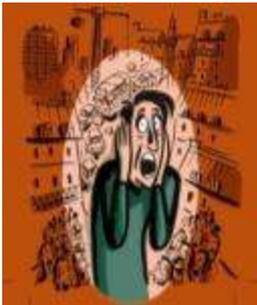
En médecine du travail, nous mesurons une sensation sonore/intégrée pour évaluer une surdité périphérique/cochléaire

Comment mesurer la fatigue auditive périphérique?

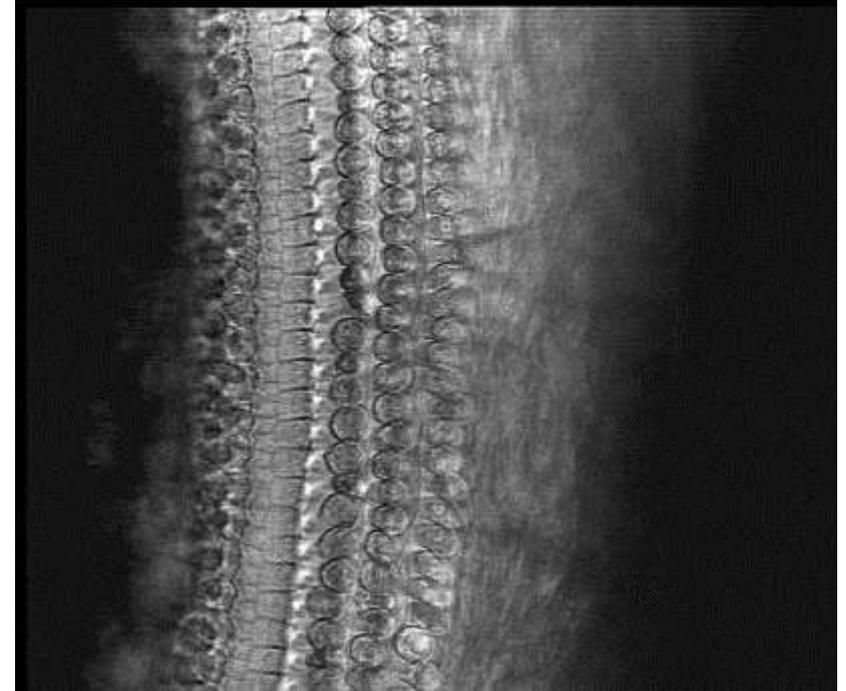
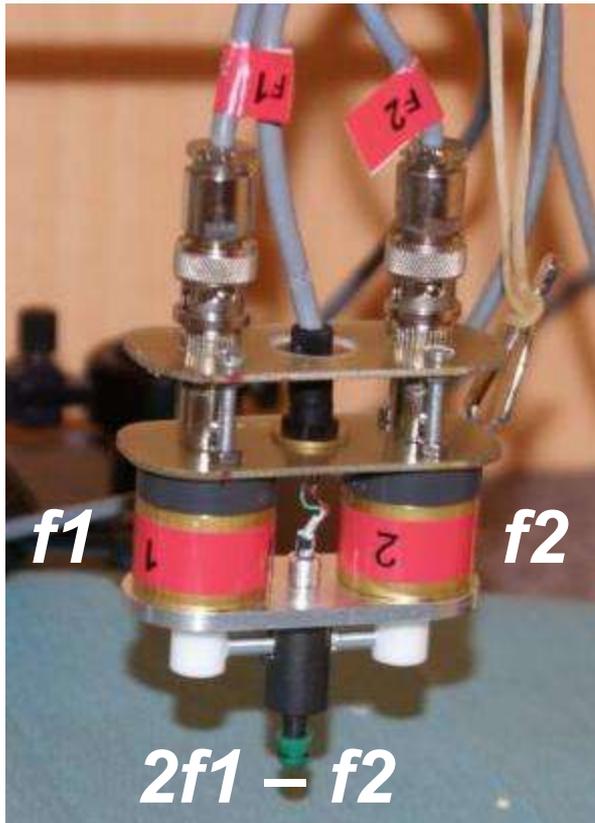
Nous avons besoin d'un outil capable de tester le récepteur auditif ...



...pour ne pas sous-estimer les dysfonctionnements cochléaires dus au bruit ou aux agents chimiques par l'utilisation d'une audiométrie tonale liminaire

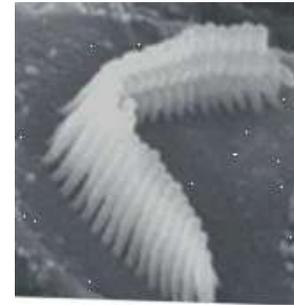
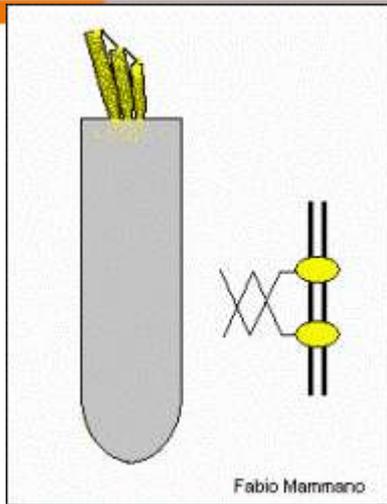


Oto-émissions acoustiques provoquées

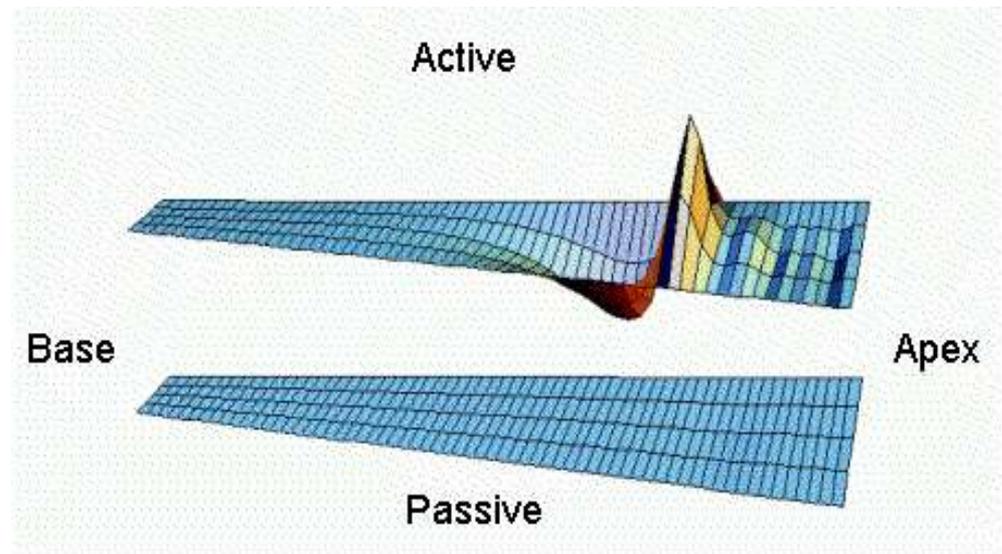
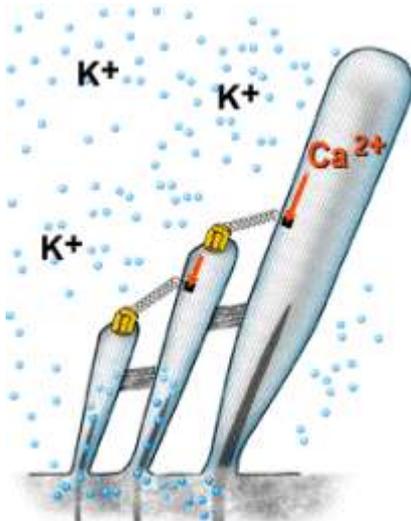


- PDAs permettent d'évaluer le fonctionnement des cellules ciliées externes, donc ... la cochlée.

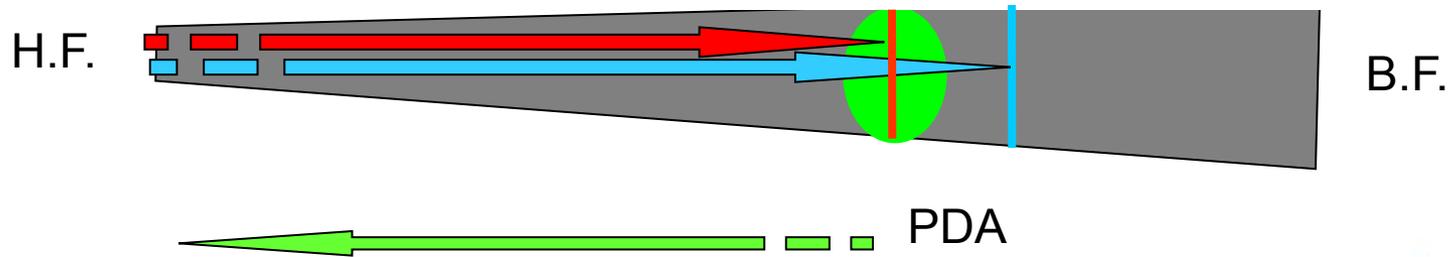
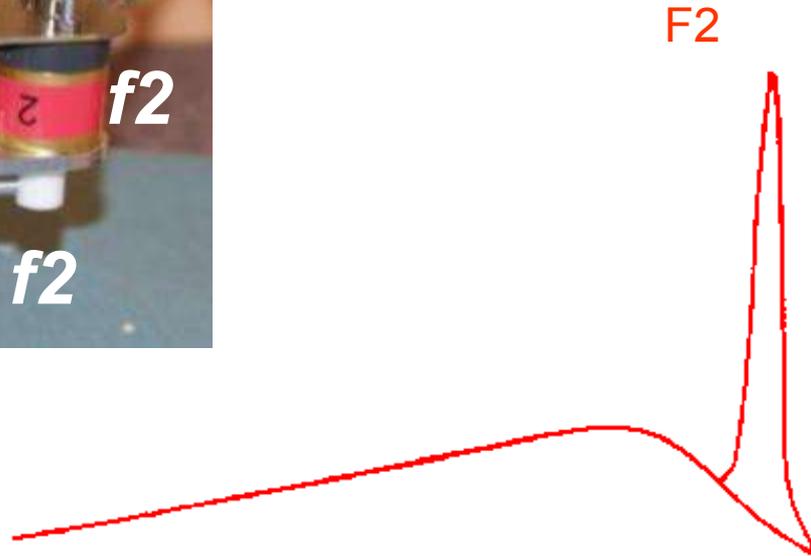
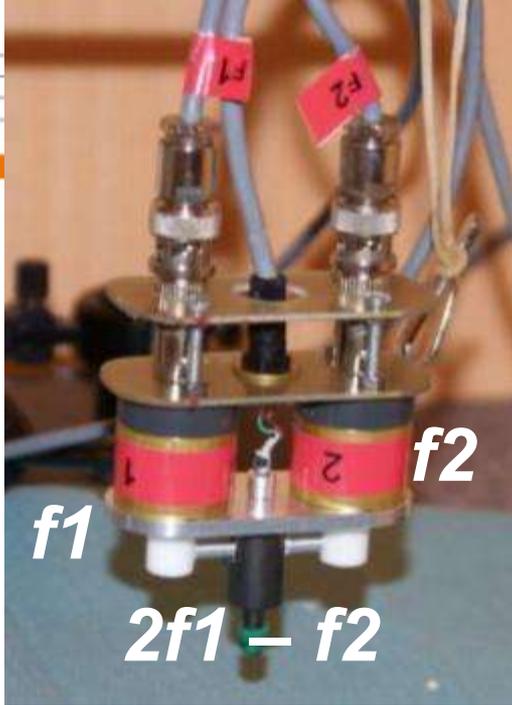
Motilité des cellules ciliées externes



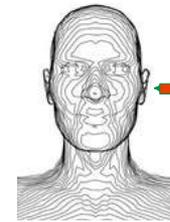
Transduction mécano-électrique



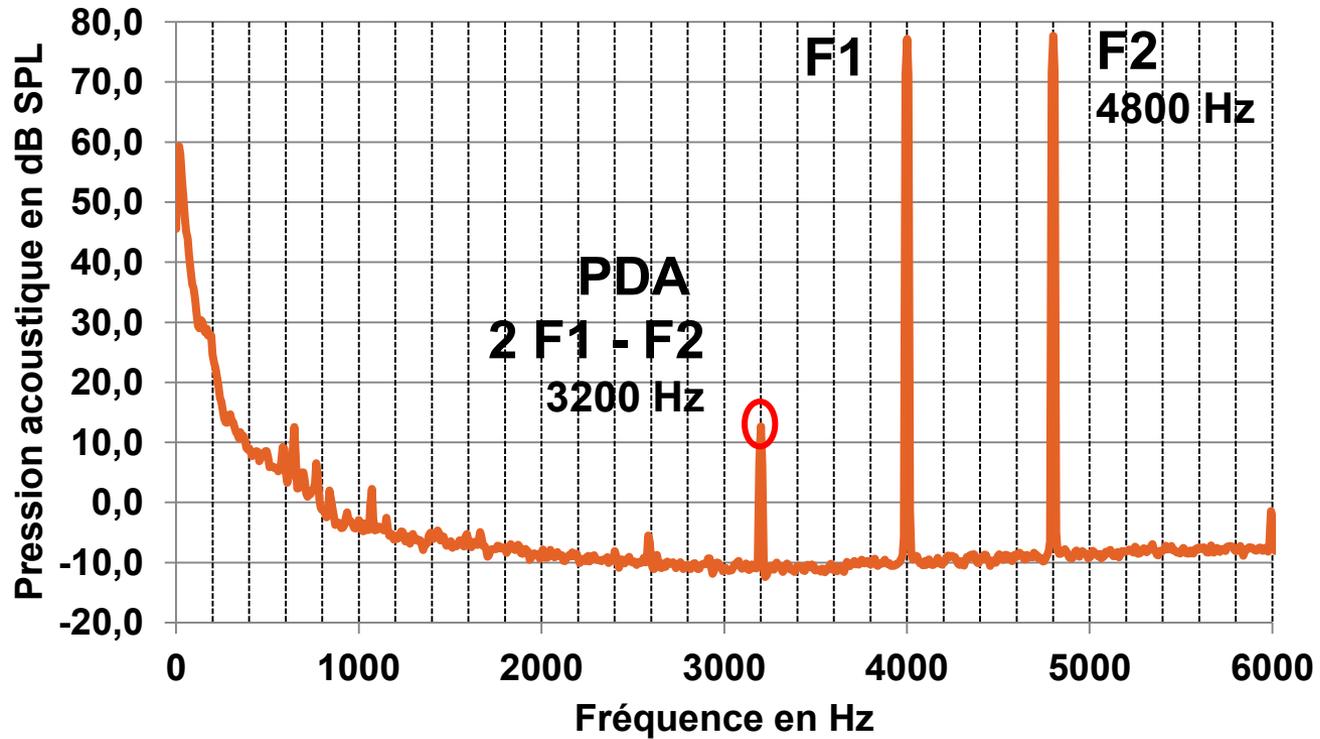
Origine du Produit de Distorsion Acoustique



■ Analyse FFT du PDA



Sonde ipsilatérale PDA

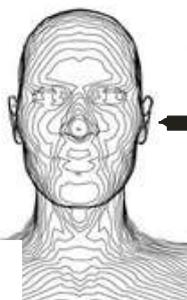


Le prototype INRS



Stimulation
controlatérale

Sonde ipsilatérale
produit de distorsion



Conditionneur
de sonde

Analyseur FFT
&
Générateurs

Mesure

CONTRO

f1

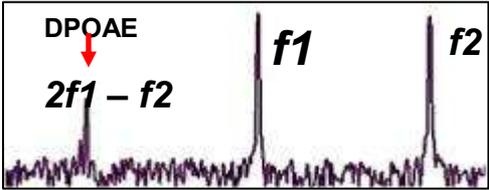
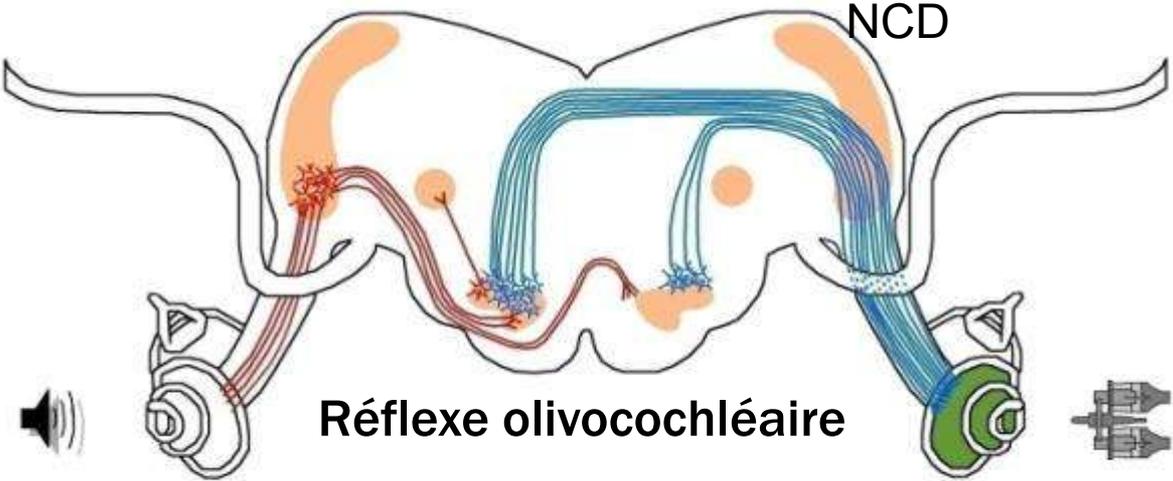
f2

Stimulation acoustique controlatérale : SAC

Logiciel EchoScan Audio
Acquisition, analyse
traitement des données



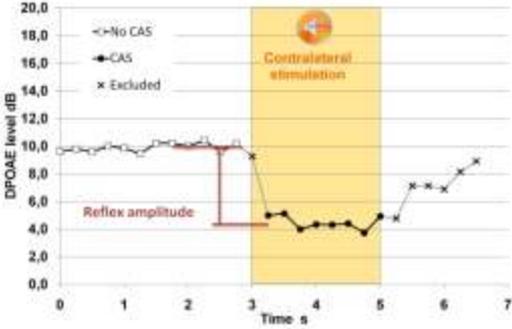
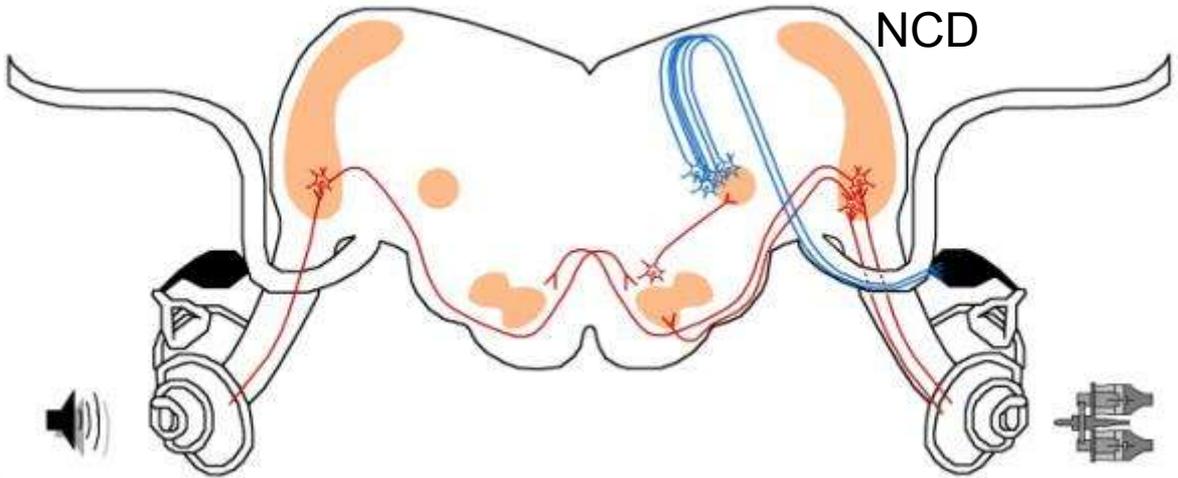
SAC DPAs



Sonde de DPOAEs

Stimulation acoustique controlatérale : SAC

Mesure du seuil du réflexe



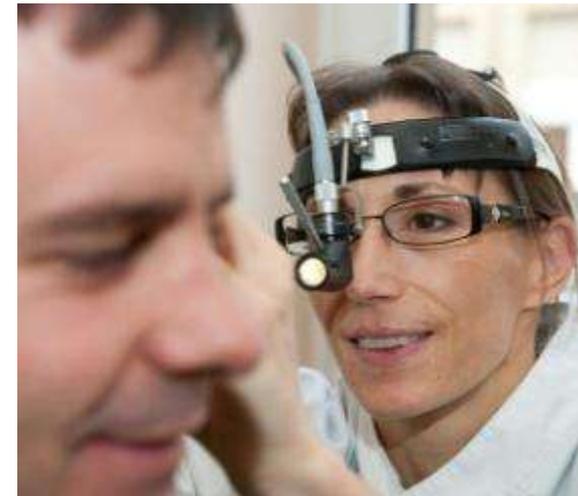
Du prototype INRS à l'industrialisation EchoDia

contralateral
stimulation ipsilateral
stimulation probe



Etude de validation clinique

Protocole de recherche clinique mené sur 50 volontaires sains



AFSSAPS n° UEC/AnnR/DA/2010-212
CPP n°10.07.02
IDRCB n° 2010-A00551-38

Promoteur : CHU-Hôpital Central, service
Investigateur principal: Pr PARIETTI-WINKLER

| Subject # | Leq dB(A) | L _{EX,8h} dB(A) | Exposure duration | Economic sector | |
|-----------|-----------|--------------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 16 | 84.5 | 84.5 | 7:30 | Manufacturing | |
| 23 | 87.2 | 87.1 | 7:21 | Services | |
| 24 | 86.5 | 86.4 | 7:22 | | |
| 26 | 87.0 | 83.5 | 3:32 | | |
| 31 | 86.1 | 85.6 | 7:12 | | |
| 32 | 91.1 | 90.8 | 7:30 | | |
| 33 | 93.6 | 91.3 | 4:40 | Construction | |
| 34 | 88.7 | 88.1 | 7:00 | | |
| 36 | 85.6 | 84.9 | 6:45 | | |
| 38 | 84.8 | 84.1 | 6:45 | | |
| 39 | 85.4 | 84.8 | 7:00 | | |
| 40 | 89.6 | 89.2 | 7:20 | | |
| 41 | 80.3 | 80.2 | 7:50 | | |
| 43 | 86.7 | 85.6 | 6:15 | | |
| 44 | 88.7 | 88.0 | 6:45 | | |
| 48 | 83.3 | 83.3 | 7:57 | | |
| 54 | 84.6 | 84.5 | 7:50 | Manufacturing | |
| 55 | 85.2 | 84.0 | 6:00 | | |
| 56 | 82.6 | 82.5 | 7:47 | | |
| 57 | 85.7 | 84.5 | 6:00 | | |
| 62 | 83.8 | 83.8 | 8:00 | | |
| 64 | 84.2 | 83.7 | 7:10 | | |
| 66 | 84.7 | 84.6 | 7:50 | | |
| 67 | 79.0 | 79.1 | 8:15 | | |
| 72 | 81.3 | 80.5 | 6:40 | | Services |
| 73 | 83.4 | 83.4 | 8:05 | | Manufacturing |
| 73 | 83.4 | 83.4 | 8:05 | Manufacturing | |
| Mean (26) | 85.5 | 84.9 | 7 :08 | | |



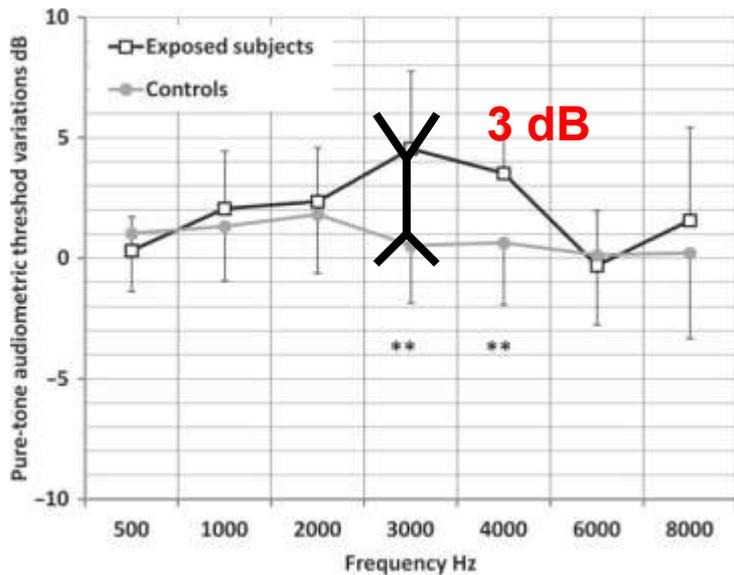
Combattre la fatigue audio : prévention

Δ SAC DPA = $S_{\text{avant}} - S_{\text{après}}$ une journée de travail

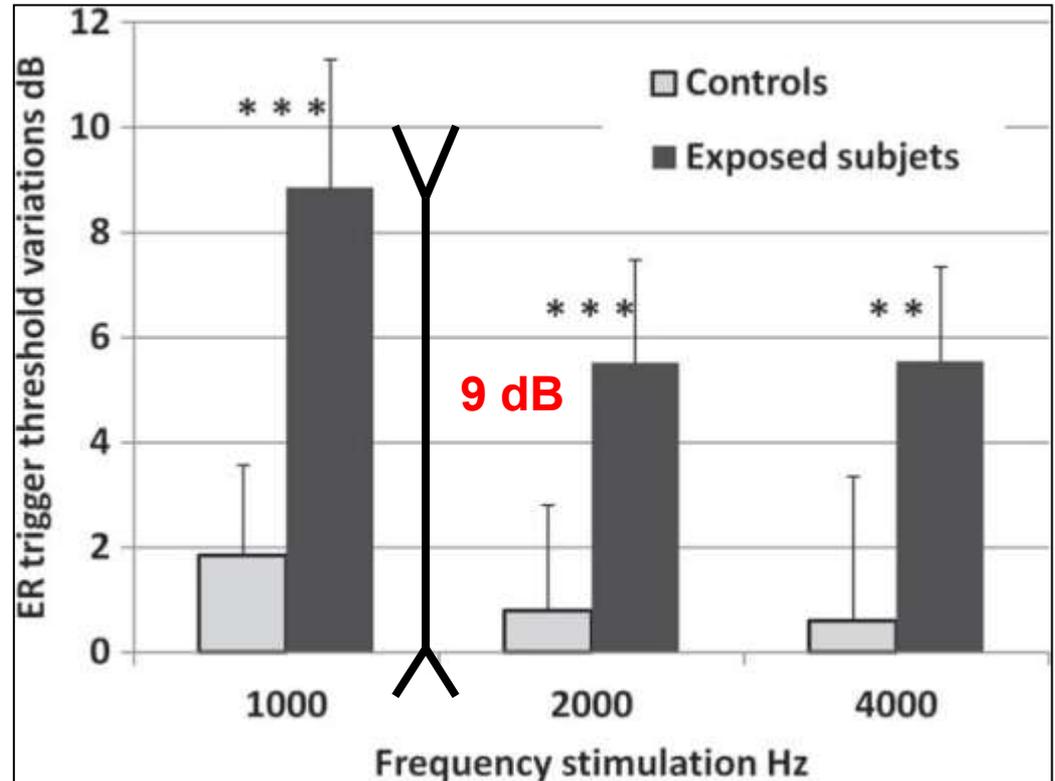
One-day measurement to assess the auditory risks encountered by noise-exposed workers

Thomas Venet^{*}, Pierre Campo^{*}, Cécile Rumeau^{*†}, Aurélie Thomas^{*} & Cécile Parietti-Winkler^{*}

^{*}Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandœuvre, France
[†]Service O.R.L. et Otologie Cervico-faciale CHU-Hôpital Central, Nancy, France

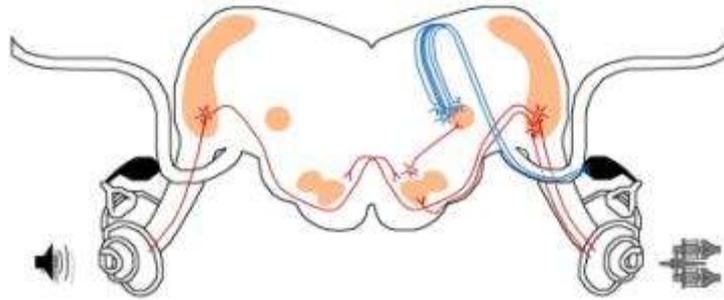


Audiométrie tonale liminaire



EchoScan

Comment expliquer une telle différence de sensibilité?



- **Nous contournons la plasticité auditive centrale**
- **Nous mesurons la somme de plusieurs sources de fatigue:**
 - fatigue métabolique des cellules ciliées,
 - fatigue métabolique des fibres afférentes,
 - fatigue métabolique des noyaux centraux (SOC & facial),
 - fatigue métabolique des fibres efférentes,
 - fatigue des muscles de l'oreille moyenne.

- ▶ **2011 – 2014** : Interventions en entreprises avec le prototype INRS

Mise en évidence des situations préjudiciables à l'audition grâce à l'EchoScan

Bruit

Solvants aromatiques (toluène, styrène)

Co-exposition bruit et solvants

Contrôle chez un groupe témoins (sans bruit ni solvant)

➤ **Echoscan : Objectif Prévention**

Diagnostiquer les personnes dont le récepteur auditif est mis à mal avant de constater un déficit auditif irréversible

Que nous reste-t-il à faire ?



- **Confirmer, chez les salariés, Les résultats obtenus chez l'animal.**
- **Une telle approche est prometteuse parce, en fonction des mesures obtenues avec EchoScan, le diagnostic peut être posé sur le site même**

Bruit vs. Agent chimique