

Biophysique : Audition

Résumé

Module : Biophysique

Basé sur : Le cours

-> Ce résumé est un complément de cours, il contient suffisamment d'informations, mais ne remplace pas le polycopié du professeur.

-> Merci d'envoyer toutes vos remarques via l'adresse mail suivante :

mahdikettani1@gmail.com

-> Bon courage et bonne lecture !

Auteur : Kettani El Mahdi, étudiant de la promotion médecine 2019

اللهم أستودعك ما قرأت و ما حفظت و ما تعلمت، فرده عند حاجتي إليه، إنك على كل شيء قدير

AUDITION

I) Introduction :

-> L'audition est la capacité de percevoir des sons. C'est une des fonctions sensorielle = l'ouïe

-> Physique -----> Physiologique -----> Psychique
Vibration sonore Recueil dans l'oreille externe et moyenne Interprétation par le cortex cérébral
Transduction à la cochlée

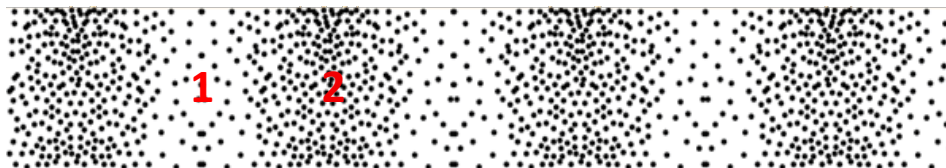
II) Sons :

A) Définition :

-> Perturbation d'une pression d'un milieu matériel (non vide) et élastique autour d'une position d'équilibre

-> Cette pression se transmet dans la matière, en l'occurrence l'air, alternant des zones de compression (densité des particules élevée) et des zones de dépression (densité des particules faible)

-> Dans ce cas, c'est une onde mécanique longitudinale : c.à.d : la direction du mouvement des particules est parallèle à celle de l'onde



1 : Zone de dépression : les particules sont plus éloignées => faible densité

2 : zone de compression : les particules sont plus rapprochées => haute densité

B) Classification des sons :

-> Les particules d'airs vibrent autour d'une position d'équilibre X_0 avec des amplitudes $+a$ ou $-a$, grâce à la représentation de ces mouvements en fonction du temps, on détermine la nature de vibration :

- Perturbation périodique : pur ou complexe
- Perturbation chaotique : bruit

1) Sons pur :

-> Courbe périodique et sinusoïdale

-> $X = a \sin(\omega t + \varphi)$

- X : position de la particule
- a : amplitude
- ω : pulsation ou vitesse angulaire
- φ : phase à l'origine

-> f : fréquence => grave ou aigu en Hz

-> a : amplitude => intensité du son en dB

2) Son complexe :

-> Courbe périodique mais non sinusoïdale

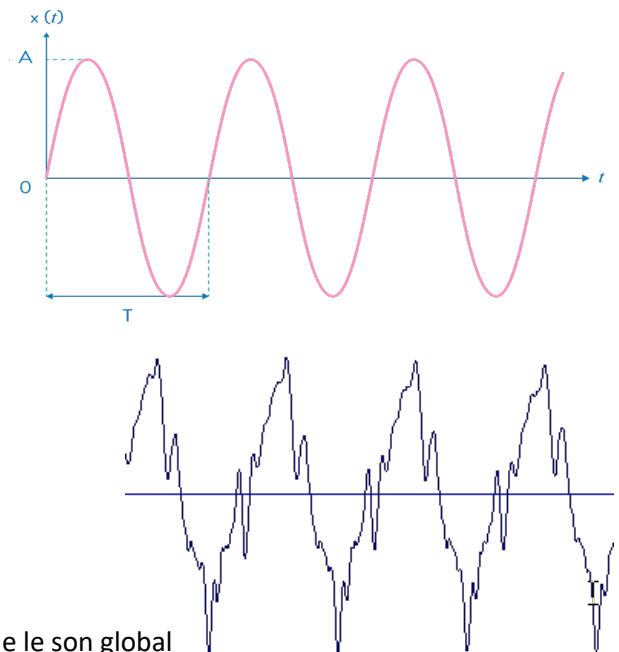
-> $X = \sum_{n=1}^n a_n \sin(\omega_n t + \varphi_n)$

-> Superposition de plusieurs ondes :

- Le fondamental : harmonique fondamentale : même fréquence que le son global
- Les harmoniques : (moins perceptibles) avec des fréquences multiples f_1, f_2, f_3, \dots

3) Bruit :

-> C'est un son avec des fréquences différentes, + ou - aléatoire, des harmonique qui ne sont pas en rapport entre eux (partiels), trop complexe, et donc on ne pas lui attribuer une relation fixe et déterminé



C) Caractéristiques physiques :

1) Pression : (P)

-> Le son se propage dans l'air de manière longitudinale avec des successions de compression (accumulation) et dépression (raréfaction) qui se rajoutent ou se retranchent à P_{atm}

-> $P = \rho v c$ en $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

ρ : masse volumique en Kg/m^3

v : vitesse vibratoire d'un point en m/s

c : célérité du son dans le milieu en m/s (ne dépend pas de la fréquence)

2) Puissance et intensité : (I)

-> La puissance d'un son est la réelle valeur en Watts qui sort tout juste de la source sonore

-> Plus la distance augmente, plus la puissance diminue, c'est pour cela qu'il faut déterminer l'intensité du son, qui elle, prend en compte la surface : $I = \frac{W}{S} = \frac{\text{puissance acoustique}}{4\pi R^2}$ en W/m^2

-> $S = 4\pi R^2$ car le son se propage dans les 3D sous forme de sphère, plus la source sonore s'éloigne, plus $S = 4\pi R^2$ augmente et donc plus l'intensité diminue)

-> Remarque : relation entre l'intensité et la pression : $I = v p$ avec $P = \rho v c$ donc $I = v^2 \rho c$

3) Niveau sonore : le Décibel : (S)

-> Comparaison de I reçue à I_0

-> $S_A = \log_{10} \frac{I}{I_0}$ (Bel) = $10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$ (décibel)

-> Pour calculer le niveau sonore global c.a.d produit par plusieurs sources en même temps, on additionne d'abord les intensités I de tous les sons puis on calcule le niveau sonore S_A

Domaine audible humain	
Fréquence audible chez l'homme : 16 – 20 000 Hz, si on considère une fréquence de 1000	
Seuil d'audibilité = Son le plus faible perceptible	Seuil de douleur = Son le plus puissant toléré
Intensité : $I_0 = 10^{-12} \text{ w}/\text{m}^2$ Pression : $P_0 = 2.10^{-5} \text{ Pa}$ Niveau sonore : $S_0 = 0 \text{ dB}$	Intensité : $I_M = 1 \text{ w}/\text{m}^2$ Pression : $P_M = 20 \text{ Pa}$ Niveau sonore : $S_M = 120 \text{ dB}$

4) Impédance acoustique : (Z)

-> c'est la résistance d'un milieu au passage d'une onde sonore

-> $Z = \frac{P}{v} = \rho c$ (en $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ou $\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

-> Plus Z augmente, + le son passe difficilement

-> Lorsque un son passe d'un milieu à autre avec des Z différents, pas toute l'énergie est transmise : $W_i = W_r + W_t$

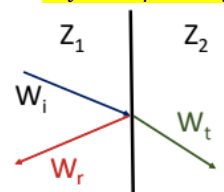
-> Coefficient de réflexion énergétique = Pouvoir réflecteur : $R = \frac{W_r}{W_i} = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$

-> Coefficient de transmission énergétique = Pouvoir de transmission : $T = \frac{W_t}{W_i} = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

-> si $R + T = 1 \Rightarrow$ énergie est conservée

-> Si $Z_1 = Z_2 \Rightarrow R = 0$ pas de réflexion, $T = 1$ toute l'énergie est transmise

-> Plus $Z_1 \neq Z_2$, plus R augmente donc plus la réflexion augmente, plus T diminue donc plus la transmission diminue



D) Qualités physiologiques :

1) Hauteur = Tonie :

-> Lié à la fréquence, elle nous renseigne si le son est grave ou aigu, plus la fréquence augmente, plus le son est aigu

-> Pour les sons complexes, la hauteur est celle du son fondamental

-> Domaine audible chez l'humain est 16 - 20000 Hz, avec l'âge, il diminue jusqu'à < 12000 Hz

-> Éléphant peuvent entendre des sons < 16 Hz, Chauve-souris peuvent entendre des sons > 20000 Hz.

-> Seuil différentiel de hauteur : plus petite différence de f (Δf) donnant une sensation de hauteur différente, il dépend de :

- Sensibilité du sujet
 - L'intensité du son (I diminue = seuil élevé)
 - La fréquence (Δf augmente quand la fréquence augmente)
- > Seuil différentiel relatif de hauteur : c'est le rapport $\Delta f/f$ (il reste \pm constant pour des fréquences de 500-8000 Hz)

2) Intensité = Sonie :

- > Lié à la puissance, elle nous renseigne si le son est fort ou faible, et peut varier aussi en fonction de la fréquence
- > Le champ auditif tonal : l'espace entre le seuil d'audibilité et le seuil de sensation douloureuse
- > Seuil différentiel de sonie (ΔI_s): pour une même fréquence, c'est la plus petite différence permettant une sensation de sonie différente. ΔI_s augmente lorsque I_s augmente
- > Seuil différentiel relatif de sonie : $\Delta I_s/I_s = cte$ pour les f de conversations normales. Pour $f = 1000$ Hz => $cte = 0,2$

3) Timbre : origine d'un son :

- > Qualité physiologique qui permet de reconnaître 2 sons émis par 2 sources auditives différentes même s'ils ont la même tonie et la même sonie

III) L'oreille :

A) Constitution de l'oreille :

- > Oreille externe :

- Pavillon
- Conduit auditif

- > Oreille moyenne :

- Tympan : membre élastique de forme conique, transmet la vibration
- Chaîne des osselets : amplifie l'onde sonore, but : adaptation entre l'oreille externe (air) et l'oreille (aqueux)
- Trompe d'eustache : lié l'oreille moyenne au pharynx, équilibre la pression dans l'oreille

- > Oreille interne :

- Vestibule et canaux semi-circulaire : organe d'équilibration
- Cochlée : tube $d = 30$ mm, enroulé en spirale sur 3,5 tours, décidément l'organe d'audition

B) Circuit du son :

-> L'onde sonore entre premièrement par la pavillon puis suis le conduit auditif jusqu'au tympan, ce dernier fait passer la vibration à la chaîne des osselets pour amplifier l'onde et la transmette au vestibule puis finalement à la cochlée. Une fois la vibration arrive au niveau de la cochlée, il y'a mouvement du liquide périlymphe qui provoque des oscillations de la membrane basilaire et des cils de l'organe de Corti, cela cause donc la dépolarisation et repolarisation des cellules ciliées ce qui transforme l'énergie mécanique (onde sonore) en énergie électrique (influx nerveux) : c'est la transduction

- > A2u repos, la cellule est chargé :

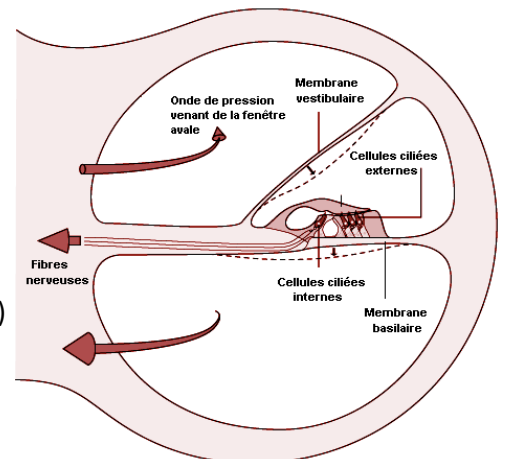
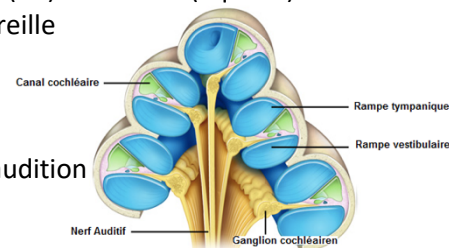
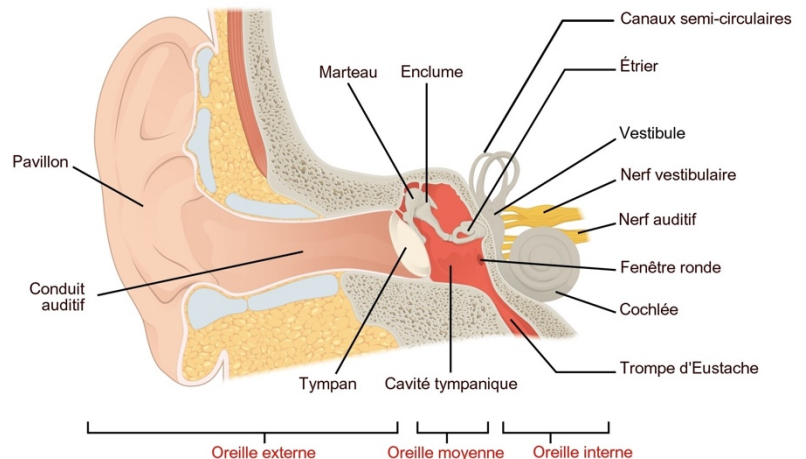
- Négativement à l'intérieur avec des ions K^+
 - Positivement à l'extérieur avec des ions Na^+
- > Entre l'intérieur et l'extérieur il y'a une DDP = $V_{int} - V_{ext}$ (toujours < 0)

- > En action, la cellule subit :

- Excitation suffisante
- Variation brutale de la répartition des ions Na^+ , K^+ et Ca^{2+} (entré et sortie)
- Inversion de la polarité de la membrane = dépolarisation
- La dépolarisation se propage le long de la membrane

- > Étapes de la transduction :

Mouvement des cils => Entrée de K^+ par la partie apicale => Dépolarisation => Entrée de Ca^{2+} => Libération des neurotransmetteurs => Influx nerveux => Ouverture de canaux à K^+ (partie basale) => Sortie de K^+ => Repolarisation



IV) Anomalie et tests d'exploration :

A) Types de surdité :

-> Surdité de transmission :

- Problème au niveau de : l'oreille externe et/ou moyenne : conduit auditif , tympan , chaine des osselets
- Rem di e par : appareil auditif, chirurgie

-> Surdité de perception :

- Problème au niveau de : l'oreille interne
- Rem di e par : prothèse auditive   fréquence F et intensité I variable (car difficilement accessible à la chirurgie)

-> Surdité de conduction nerveuse :

- problème au niveau : nerf auditif qui se comprime , et lésion nerveuse .
- Pas appareillable (ne peut pas porter des prothèse)

B) Les tests d'exploration :

1) Acoum trie :

a) Phonique :

- > On fait répéter au sujet des mots à voix basse
- > Peu précis

b) Au diapason :

- > On fait écouter plusieurs diapasons de fréquences différentes
- > Le diapason émet un son pur qui varie entre 64 - 4096 Hz et diminue progressivement d'amplitude
- > Si la durée de perception d'un son diminue => surdité
- > 2 types d'épreuves : de Rinne et de Weber



->  preuve de Rinne :

- Consiste à comparer les 2 durées d'audition : CO (diapason sur la mastoïde) et CA (diapason à 2cm du pavillon)
- Oreille normale $\frac{t_{CA}}{t_{CO}} \approx 3$
- Si t_{CA} diminue => $\frac{t_{CA}}{t_{CO}} < 3$ => Surdité de transmission <==> Rinne -
- Si t_{CA} et t_{CO} diminue => $\frac{t_{CA}}{t_{CO}} \approx 3$ => Surdité de perception ou de conduction nerveuse <==> Rinne +

->  preuve de Weber :

- On pose cette fois ci le diapason sur le front
- Si le son est entendu de façon symétrique => oreille normal
- Si le son est latéralisé du coté sain => surdité de perception
- Si le son est latéralisé su coté malade => surdité de transmission

2) Audiométrie :

-> on utilise un appareil de stimulation acoustique calibré qui émet des sons purs

a) Tonale liminaire :

- > On fait écouter des sons purs des fréquences différentes (125 - 8000 Hz)
- > On commence par un niveau sonore faible, puis on augmente jusqu'à détection du premier son audible = seuil d'audibilité (liminaire)
- > On utilise des écouteurs pour tester la CA afin de dépister la surdité de transmission
- > On utilise un vibreur sur la mastoïde pour tester la CO afin de dépister les surdités de perception
- > On représente finalement le résultat sous forme de diagramme pour chaque oreille en mettant CO et CA avec des couleurs différentes
- > Si le seuil auditif est entre 0-30 dB => Audition normale

b) Tonale supraliminaire :

-> Le but est de rechercher des distorsions au niveau de l'intensité (recrutement) ou la hauteur (diplacousie)

-> Exemple :

- Pour dépister un recrutement en cas de surdité unilatérale, on utilise le Test de Fowler (il en existe d'autres), ce dernier permet de dépister une lésion cochléaire
- Méthode : On fait écouter un son de même fréquence en alternance dans les 2 écouteurs (droit et gauche). Puis on varie uniquement l'intensité jusqu'à atteindre une sensation d'égale intensité dans l'oreille saine et malade

-> 3 cas sont envisageable :

- Même si on augmente l'intensité, la sensation reste la même (l'oreille malade écoute moins que l'oreille saine)
- Plus on augmente l'intensité, plus la sensation s'égale au niveau des 2 oreilles jusqu'à atteindre un niveau où elle devient exactement la même dans les 2 oreilles
- Plus on augmente l'intensité, plus la sensation de l'oreille malade augmente et peut dépasser celle de l'oreille saine