**Ondes Sonores et ultrasons :**

1. **Acoustique Physique :**

L’acoustique est l’étude des propriétés des ondes sonores, de leur production, de leur propagation et de leurs effets.

1. **Les Ondes sonores: définitions :**

-Une onde est une perturbation qui se propage. Si le milieu est homogène et isotrope, l’onde se déplace dans toutes les directions à la même vitesse v.

-Onde longitudinale : la déformation (ex. pression ou déplacement) est parallèle à la direction de propagation.

-Onde transversale : la déformation (ex. pression ou déplacement) est perpendiculaire à la direction de propagation.

-Dans un fluide, les ondes sonores sont toujours longitudinales.

-Dans un milieu solide : ondes longitudinale + transversale.

**2. Ondes périodiques :**

-Une onde est périodique de période T si, pour tout temps t, l’amplitude de la déformation à l’instant t+T est la même qu’à l’instant t.

-La fréquence μ est le nombre d’oscillations effectuées par unité de temps: μ = 1/T

-Longueur d’onde λ, est la distance parcourue par l’onde pendant une période: λ= vT

🡺**v = λ μ**

**3.Définition: Sons et Ultrasons :**

\*Les sons et les ultrasons sont de même nature physique.

- Sons audibles : 16 Hz à 20 KHz.

- Ultrasons : 20 KHz à quelques GHz.

\* C’est un mouvement vibratoire mécanique qui se transmet de proche en proche dans un milieu matériel. Les sons ne se propagent pas dans le vide.

**4. Classification des sons :**

1. **Les sons purs:**

La vibration des particules est caractérisée par l’équation de type:

x= a sin(2 π μ t) et λ = cT =v/ μ

x: position,

a:amplitude du mouvement,

μ:fréquence de vibration,

t:temps, λ: longueur d’onde

c:célérité du son.

**Remarques :**

**-Notion de phase:** deux sons purs peuvent entrainer les mêmes déplacements longitudinaux sur les particules d’un même milieu commun mais ces mouvements ne peuvent être entrainés dans le temps.

entre x1 = A sin ω t et x2 = A sin(ω t + ϕ)

Même mouvement des particules mais le second mouvement est en avance sur le premier d’un temps:

**t = θ/ ω**

-La propagation du son se fait par transmission de vibrations d’une particule matérielle à sa voisine: il faut distinguer:

- vitesse vibratoire ou vitesse instantanée: vitesse locale d’une particule mise en mouvement de vibration: v= dx/dt=A ω cos ω t

- célérité du son: célérité de la propagation de l’onde sonore le long de la direction.

-Si le milieu est isotrope, la célérité ne dépend que des caractéristiques du milieu:

Les sons vont d’autant plus vite que les milieux sont solides.

Dans l’air: c = 330 à 340 m/s

Dans l’eau: c = 1450 m/s

Dans le tissu mou: c = 1540 m/s

Dans l’os: c = 3300 m/s

**b) Les sons complexes et les bruits :** Sont produits par des particules animées de mouvements périodiques mais qui ne sont plus sinusoïdaux.

**c)Les bruits:** sont dus à des vibrations non périodiques.

**5. Pression, impédance et puissance acoustiques :**

**a) Pression acoustique**

Le long de l’axe de propagation du son, les particules subissent un déplacement vibratoire sinusoïdal autour de leur position de repos, leur densité sur cet axe varie, faisant apparaitre des régions plus denses et d’autres moins denses qu’à l’état de repos :

🡺Des variations de pression autour de la pression atmosphérique, donc des surpressions et des dépressions par rapport à la pression de base. Cette variation est appelée la pression acoustique.

**P = ρ v c**

ρ:masse volumique

v: vitesse acoustique

c:célerité acoustique

La pression acoustique est faible devant la pression atmosphérique de 2.10-5 à 20 Pa

(Par rapport à 1,013.105 Pa), soit une variation d’un rapport de 106🡺 logarithme.

**b) Impédance acoustique :**

Une grandeur très importante pour la caractérisation du milieu.

**Z = P/v = ρ c**

Z: impédance acoustique

P: pression acoustique

v: vitesse vibratoire

c:célérité; ρ: masse volumique

**Quelques valeurs d’impédance acoustique :**

Air z = 0,04 x103 g.cm-2.s-1

Eau z = 1,48 x103 g.cm-2.s-1

Foie z = 1,65 x103 g.cm-2.s-1Os z = 7,5 x103 g.cm-2.s-1

**c) Puissance acoustique (ou puissance surfacique) :**

La pression acoustique rapportée à l’unité de surface et à l’unité de temps 🡺**La puissance acoustique d’un son pur.**



Comme v=P/ ρ c 🡸🡺 W= P2/ ρ c

**6. Niveau sonore :**

La mesure du niveau de puissance acoustique se fait tjrs par comparaison avec un son de référence tel que: W0= 10-12 Watt/m2

comme l’échelle de W/W0🡺 1012

🡺 Unité de mesure de niveau de puissance acoustique = le logarithme décimal du rapport W/W0 =Bel

\*En prenant comme niveau de référence, la puissance acoustique d’un son pur de 1000Hz juste audible W0= 10-12 Watt/m2

I = Log W/W0

C’est le niveau d’intensité sonore exprimé en Bels et varie de 0 à 12.

\* Pour affiner la sensibilité à l’échelle, on utilise le dixième de Bels (décibels ou dB)

I dB= 10 Log W/W0

L’échelle est comprise entre 0 à 120.

* Quelques exemples de niveaux sonores:

0 dB : seuil d’audibilité

20 dB : voix basse

90 dB : motocyclette

130 dB : avion à réaction

1. **Biophysique de l’audition :**
2. **Physiologie :**

L’oreille est l’organe de l’audition. Elle joue un rôle majeur dans l’équilibration.

L’oreille est formée d’un appareil de transmission et d’un appareil de perception.

1. **Appareil de transmission :**

C’est un transformateur d’énergie. Il fait passer les ondes sonores d’un milieu aérien dans un milieu liquide.

Les sons, captés par le pavillon, canalisés par le conduit auditif externe, font vibrer le tympan à la manière d’une membrane de microphone.

La vibration de la membrane tympanique entraine la vibration de la chaine des osselets.

Cette vibration se transmet à la platine de l’étrier. Ce mouvement platinaire provoque le déplacement des liquides de l’oreille interne 🡺 excitation de l’organe de Corti.

1. **Appareil de perception :**

Les vibrations acoustiques sont arrivées aux cellules sensorielles de Corti.

* L’organe de Corti transforme l’énergie mécanique en énergie nerveuse.
* L’influx nerveux parcourt ensuite le nerf cochléaire et les voies cochléaires centrales.
* La trompe d’Eustache maintient dans la caisse une pression égale à celle qui existe sur la face externe du tympan.

1. **Les troubles de l’audition :**

**A . Les surdités de transmission**

Elles ont pour origine le plus souvent des troubles mécaniques au niveau du tympan ou de la chaine des osselets. La chirurgie peut donner de bons résultats.

**B . Les surdités de perception**

Elles affectent l’oreille interne et sont difficilement accessibles à la chirurgie.

L’adoption de prothèses auditives à fréquence et intensité variables permet de lutter contre ce type de surdité.

1. **Les phénomènes subjectifs de l’audition ou qualité physiologique des sons :**

La sensation sonore est décrite par 3 qualités principales:

1. **Hauteur ou tonie**

Qualité de la sensation qui fait dire que le son est grave ou aigu. Elle est liée essentiellement à la fréquence.

Seuil différentiel relatif de tonie: Δ μ / μ,

Δ μ: la variation de fréquence la plus petite

Que l’on puisse percevoir.

Entre 60 et 1000 Hz,

SDR=: Δ μ / μ =cste=1/80= 1comma

Dans cet intervalle de fréquences, la variation de tonie Δ H est proportionnelle au SDR,

Δ H = k: Δ μ / μ

Pour deux sensations différentes:

H2 – H1 =k.Log μ 2/ μ 1

**Définition de l’octave :**

C’est l’unité d’intervalle tonie séparant deux sons dont l’un a une fréquence double de l’autre:

1 octave=k Log2

Autre unité: le savart pour lequel k=103

1 octave = 300 savarts = 103log2

La puissance acoustique intervient également pour modifier la tonie

* A basse fréquence et grande puissance acoustique, un son parait plus grave.
* A grande fréquence et grande puissance acoustique, un son parait plus aigu.

1. **La sonie ou sonorie ou intensité psychologique d’un son :**

C’est la qualité de la sensation qui fait dire que le son est fort ou faible. Elle est liée à la puissance acoustique.

S = k logW/W0

W0= 10-12 Watt.m-2 à 1000 Hz

La zone de l’aire auditive s’étend entre le seuil minimum de l’audition et le seuil douloureux.

En établit les courbes seuils avec des sujets en faisant varier à la fois le niveau sonore en dB et la fréquence en Hz.

Cette qualité de sensation se quantifie en unité « phone »

1. **Le timbre :**

Le timbre est la qualité d’un son qui permet de reconnaitre deux sons de même hauteur et de même sonie par deux instruments différents.

1. **Les ultrasons :**

* Les ultrasons sont des vibrations mécaniques de fréquence comprise entre 20 KHz et GHzs.

**1. Production des ultrasons :**

Les courants alternatifs sont capables de produire des sons de haute fréquence:

La magnétostriction et la piézo-électricité.

* La magnétostriction sert uniquement à produire des ultrasons.
* La piézo-électricité traduit le principe à la fois émetteur et récepteur de certains cristaux: c’est ce dernier qui est utilisé en échographie.

-Transformation d’une force en une différence de potentiel et inversement.

-Plusieurs espèces de cristaux vérifient cette propriété: c’est le cas du quartz.

Taillée judicieusement dans le cristal, une lame placée entre deux armatures métalliques et soumise à des différences de potentiel électrique se dilate ou se contracte suivant le sens de la tension électrique appliquée.

L’alternance des différences de potentiel entraine au niveau du cristal un mouvement vibratoire.

La fréquence de cette vibration dépend de celle du mouvement alternatif électrique.

\*Les cristaux piézo-électriques sont également récepteurs, lorsque l’onde ultrasonore, après avoir subi une réflexion sur une interface (écho) revient sur le cristal émetteur. Ce dernier est le siège d’une variation de différence de potentiel qui pourra être amplifiée et visualisée sur l’écran d’un oscilloscope.