

ACOUSTIQUE

1.1 GENERALITES

L'acoustique est la branche de la physique traitant de la nature et des propriétés des sons.

1.2 NATURE DES SONS

Un son est une impression physiologique enregistrée par notre cerveau lorsque des éléments sensoriels de l'oreille interne sont soumis à des vibrations mécaniques. Celles-ci sont généralement engendrées à distance et propagées par l'intermédiaire de l'air ambiant.

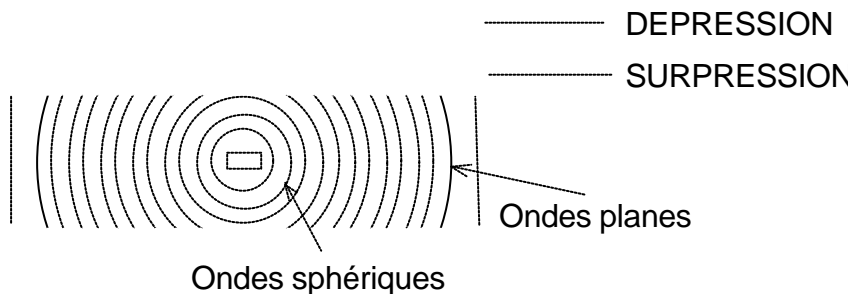
1.3 ONDES ACOUSTIQUES

Dès qu'il y a vibration mécanique d'un corps dans un milieu précis (air, eau, acier, béton, etc.). Il y a production d'onde acoustique. C'est à dire une succession de surpressions et de dépressions momentanées.

Autour du corps sonore, admis ponctuel, les ondes acoustiques se propagent dans toutes les directions : ce sont des ondes sphériques.

A une certaine distance du corps sonore ($>1\text{m}$), et par simplification, on peut admettre, dans une direction donnée, que les ondes acoustiques se propagent avec un front plan: ce sont des ondes planes.

Exemple d'une lame vibrante :



1.4 CARACTERISTIQUES D'UNE ONDE ACOUSTIQUE

- a) Fréquence.
- b) Période.
- c) Longueur d'onde.
- d) Vitesse de propagation.
- e) Intensité.
- f) Pression.

a) FREQUENCE : f [Hz] Nombre de vibrations engendrées par le corps sonore en 1 seconde.

Exemple :

L'oreille humaine perçoit des sons de fréquences situées entre 20 Hz et 16 kHz.

b) PERIODE : T [s] Durée d'une vibration complète.

c) LONGUEUR D'ONDE : λ [m] (λ) Distance entre 2 zones de surpressions (ou de dépressions) engendrées par le corps sonore.

d) VITESSE DE PROPAGATION : (Dans certains ouvrages elle s'appelle célérité) c [m/s]. Il est possible d'exprimer la vitesse comme :
 $c = \lambda * f$ [m/s] ou $c = \lambda / T$ [m/s]
On distingue la vitesse à laquelle la perturbation s'est produite de la vitesse de déplacement des particules en vibration.

Analogie à l'électricité : vitesse de mise en mouvement des charges électriques et vitesse des charges dans le conducteur.

Cette vitesse dépend de la température et du milieu dans lequel se produit la perturbation.

Exemples :

Air 20 °C :

e) INTENSITE : J [W/m²] Variation de la pression du milieu dans lequel s'est produit l'onde acoustique. Les ondes sonores s'étalent à mesure qu'elles s'éloignent de la source. Comme l'aire d'une calotte sphérique de rayon R est $4\pi R^2$, l'aire d'un front d'onde varie proportionnellement à R^2 , et l'intensité ou la puissance par unité de surface varie comme $1/R^2$.

Grandeurs électroacoustiques

Toutes les unités sont basées sur les logarithmiques (bels, décibels, etc.). Contrairement au mètre qui est une grandeur fixe (étalon), le bel par exemple, est un rapport. Les valeurs exprimées en bels sont donc relatives; elles permettent de comparer entre elles les puissances mises en jeu en différents points d'une ligne de transmission téléphonique ou entre l'entrée et la sortie d'un amplificateur. Et ceci d'une manière significative pour notre cerveau !

En choisissant, par convention, une puissance de référence, il devient possible d'exprimer, en unités logarithmiques, des puissances absolues : on parle alors de niveaux. Suivant les applications, les niveaux de référence peuvent être différents; il faut une grande rigueur de notation; la référence adoptée ne doit jamais être omise.

Seuil d'audibilité

Le seuil d'audibilité dépend de la fréquence; il est minimum entre 1 et 2 kHz. A 1 kHz une oreille moyenne peut encore percevoir une intensité acoustique de :

$$J_{\min} = 1 \frac{\text{pW}}{\text{m}^2}$$

ce qui correspond a une pression acoustique :

$$P_{\min} = 20 \text{ mPa}$$

Seuil de la douleur

L'intensité acoustique extrême pouvant être perçue en tant que son est dépendante de la fréquence. Le maximum se situe entre 400 Hz et 1000 Hz.

$$J_{\max} = 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

ce qui correspond a une pression acoustique :

$$p_{\max} = 200 \text{ Pa}$$

Remarques :

A 1 kHz l'intensité acoustique au seuil de la douleur est cent mille milliard de fois plus grande (10^{14}) que celle au seuil d'audibilité.

Pour des agressions répétées le seuil de la douleur est plus bas. Lors d'un travail permanent en milieu bruyant des lésions de l'oreille peuvent déjà se produire pour des intensités acoustiques encore plus basses.

On peut tester son ouïe en composant le numéro de téléphone suivant : (CNA 021/ 320 46 24) la bande magnétique du répondeur vous expliquera ce que vous devez faire. Si vous le désirez les renseignements correspondants et une évaluation détaillée du résultat vous seront envoyés gratuitement

Gain en puissance A_p .

$$A_p = \frac{P_2}{P_1} [\text{nombre sans dimensions}]$$

Le gain de puissance A_p correspond à un certain nombre d'échelons dans la plage de perception sonore : On exprime ceci en disant qu'il existe un rapport entre deux grandeurs de même espèce. Exprimé en bels, ce gain est donné par la relation :

$$A_p = \log \frac{P_2}{P_1} [\text{Bels}]$$

Si A_p est positif il y a amplification.

Si A_p est négatif il y a affaiblissement.

$$A_p = 10 \log \frac{P_2}{P_1} [\text{dB}]$$

Remarque :

Etant plus commode dans l'usage pratique, **décibel**, dixième du bel, est préféré à ce dernier, d'où le facteur 10.

Niveau d'intensité acoustique L_J en décibels L .

Pour caractériser un niveau acoustique déterminé, il est indispensable de choisir un niveau de référence. Dans ce cas la référence est le seuil d'audibilité à 1000 Hz. Il est noté de la manière suivante : $J_{\text{référence}} = 1 \text{pW/m}^2$

Donc la formule qui caractérise le niveau (absolu) d'intensité acoustique L_J :

$$L_J = 10 \log \frac{J_1}{J_{\text{Référence}}} [\text{dB(SL)}] \text{ Sound Level}$$

Niveau de puissance L_p en décibel(mW)

Soit le reportage d'une manifestation sportive des USA vers l'EUROPE, via satellite. Les grandeurs acoustiques interviennent au début (microphone, prise de son) et à la fin de la chaîne de transmission (haut-parleur). Tous les autres niveaux, à chaque maillon de la chaîne de télécommunications, sont des puissances électriques qu'il est utile d'exprimer en unités logarithmiques. Pour cela il faut choisir une puissance de référence qui sera par exemple :

$P_{\text{Référence}} = 1\text{mW}$. Les niveaux s'exprimeront en dB(mW).

Donc la formule qui caractérise le niveau (absolu) de puissance L_p :

$$L_p = 10 \log \frac{P}{P_{\text{Référence}}} [\text{dB(mW)}]$$

Exemple :

$$P = 1\text{mW} \quad L_p = 0 \text{ dB(mW)}$$

Remarque :

L'usage admet l'abréviation " dBm " pour dB(mW)

Niveau de puissance L_p en décibel(0.775 V) 600 W.

De nombreux voltmètres électroniques ont une échelle en décibels avec le 0 dB correspondant à 0.775 V. Sur une résistance de 600 W (impédance caractéristique d'une ligne de téléphone) cette tension engendre une puissance de 1 mW.

Ainsi, si la mesure s'effectue sur 600 W, on obtient une lecture en dB(mW); si la résistance est différente il faut ajouter à la lecture la correction suivante :

$$\Delta L_U = 10 \log \frac{600}{R} [\text{dB}]$$

Pour obtenir le niveau en dB(mW).

Vous pouvez consulter le site :

http://www.suva.ch/fr/arbeitsmedizin/publikationen/audiometrie_pdf_03.pdf

Questionnaire :

Pourquoi on ne peut pas entendre un son dans le "vide" spatial ?

Donnez trois exemples de production d'onde acoustique.

Le téléphone transmet les fréquences entre 300 Hz et 3400 Hz. Quelle est la longueur d'onde dans l'air; du son correspondant à ces fréquences ?

Quelques calculs avec les logarithmes

$$\log 10 =$$

$$\log 456 =$$

$$10^{2.66} =$$

$$10^6 =$$

$$\log (10^6) =$$

$$\log (10^5 + 10^4) =$$

$$\log (10^5) + \log (10^4) =$$

$$4500/34 =$$

$$10^{(\log (4500) - \log (34))} =$$

$$335 * 7897 =$$

$$10^{(\log (335) + \log (7897))} =$$

Si le niveau d'intensité moyen de 2 postes de radio est pour chacun d'eux de 45 dB, quel est le niveau d'intensité moyen des 2 postes allumés et accordés sur 2 stations différentes ? ($J_0 = 1 \text{ pW/m}^2$)

Réponse :

L'intensité d'un poste est J_r

Avec les 2 postes, l'intensité est $J_r + J_r = 2J_r$

$$L_J = 10 \log \frac{2J_r}{J_0} = 10 \log 2 + 10 \log \frac{J_r}{J_0} [\text{dB(SL)}]$$

$$L_J = 3 \text{ dB} + 45 \text{ dB} = 48 \text{ dB}$$

Le haut-parleur de basses fréquences d'une chaîne stéréo présente une aire de 0.05 m^2 et produit 1 W de puissance acoustique. Calculez l'intensité du son tout près du haut-parleur.

Réponse :

$$J = p/A = 1/0.05 = 20 \text{ W/m}^2.$$