

## Propagation-Célérité-Pression acoustique

### Puissance acoustique-Intensité acoustique-Décibel

Site : gm-energie.com

Le son est produit par un ébranlement d'un milieu élastique (membrane d'un haut-parleur, corde vocale), qui se transmet au milieu ambiant (air) et qui arrive sur le récepteur (tympan, micro). Cet ébranlement se transmet à l'air environnant sous forme de vibrations longitudinales d'ondes de pression ou de dépression allant de la source vers le récepteur (ondes acoustiques).

Physiquement, c'est une variation de **pression acoustique** locale qui se propage dans un milieu matériel élastique avec une certaine vitesse **c**, que l'on appelle la **célérité**. Il est important de se souvenir que seule l'onde se propage ; les particules d'air se déplacent très peu dans un mouvement de va-et-vient. Il y a transport d'énergie sans déplacement de matière.

Un son pur est représenté comme une onde acoustique parfaitement sinusoidale et périodique.

Une onde acoustique, produite par une source sonore ponctuelle localisée en un point, se propage dans un milieu matériel sans transport de matière mais avec un transport d'énergie pour ensuite atteindre un récepteur. La propagation de cette onde sonore se fait de manière sphérique et isotrope dans toutes les directions ; elle se propage dans un sens de compression-dilatation.

Les paramètres du son : **la période T**, **la fréquence f**, **la célérité c**, **la longueur d'onde λ**, dépendent de la source sonore, du récepteur et du milieu de propagation en sachant que  $f=c/\lambda$

(Dans l'eau  $c = 1480$  m/s, dans l'air  $c = 340$  m/s)

Les sons audibles par l'homme ont une fréquence comprises entre 20 Hz (graves) et 20 kHz (aigus) ; en dehors de cette plage on trouve les ultrasons et les infrasons.

Les variations de la pression par rapport à la pression d'équilibre (pression atmosphérique) sont appelées **pressions acoustiques P** :  $P = \rho c v$ , **c** étant la **célérité** du son dans le milieu considéré, **ρ** la **masse volumique du milieu** et **v** la **vitesse de vibration des particules de fluide ou vitesse acoustique**.

La **puissance acoustique W** est égale au produit de la pression acoustique par le flux de la vitesse. Elle vaut avec S la surface considérée  $W = P^2 S / \rho c$  ( $\rho$  air = 1,2 kg/m<sup>3</sup>) Cette puissance s'exprime en Watts.

L'**énergie** transmise par unité de surface et par unité de temps s'appelle l'**intensité I de l'onde sonore** :

$I = W/S = P^2 / \rho c$  (I en Watts par m<sup>2</sup>, W en Watts, S en m<sup>2</sup>, P en Pa, c en m/s, ρ masse volumique du milieu)

Cette énergie se répartit uniformément sur des fronts d'ondes qui peuvent être des surfaces sphériques ou hémisphériques ... ; si la **surface** d'ondes est une **sphère**, on a  $S = 4\pi r^2$ .

Lorsque les ondes acoustiques se propagent en s'éloignant de la source, leur surface augmente et l'énergie par unité de surface qu'elles véhiculent diminue. Si on a la superposition de plusieurs sons, l'intensité résultante est la somme des intensités de chaque son.

Le **seuil d'audibilité** noté **P<sub>0</sub>** est la pression acoustique minimale pouvant être détectée par l'oreille. Elle varie avec la fréquence. A **1000 Hz**, fréquence de référence, elle vaut **2.10<sup>-5</sup> Pa**, ce qui correspond à une intensité **I<sub>0</sub> de 10<sup>-12</sup> W.m<sup>-2</sup>**. Le **seuil de douleur** est la pression acoustique **maximale** supportable, sans lésion. Elle varie suivant la fréquence. A **1000 Hz**, elle vaut **200 Pa**, ce qui correspond à une intensité de **I<sub>max</sub> = 100 W.m<sup>-2</sup>**. L'oreille n'est sensible qu'aux sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz environ (cela dépend des individus). En utilisant les logarithmes, on peut exprimer les intensités physiques d'une façon plus en harmonie avec notre sensation ; c'est ainsi que le **niveau N d'intensité acoustique** a été défini par la formule suivante :  $N = 10 \log(I/I_0)$

Le niveau sonore N, s'exprime alors en décibels (dB), I<sub>0</sub> étant l'intensité physique de référence (10<sup>-12</sup> W.m<sup>-2</sup>), et I l'intensité du son. Un décibel correspond pratiquement à la plus petite variation d'intensité que l'oreille peut discerner. Quand l'intensité double, le niveau augmente de 3 dB (=10log2)

En utilisant les puissances on a également :  $N = 10 \log(W/W_0)$  Et en utilisant les pressions acoustiques on obtient :  $N = 20 \log(P/P_0)$

Pour trouver le niveau sonore résultant avec plusieurs sons, on sait que ce sont les intensités qui s'ajoutent ; le niveau sonore résultant est alors :  $N = 10 \cdot \log(\sum 10^{N_i/10})$

Le **sonomètre** est l'appareil qui permet de mesurer le **niveau d'intensité sonore en dB**

**Application** : Deux sources sonores contiguës ont des niveaux sonores de 60 dB (=N<sub>1</sub>) et 65 dB (=N<sub>2</sub>)

1) Quel est le **niveau sonore N** résultant ? on a  $N = 10 \log(I/I_0)$  et  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$  donc  $I_1/I_0 = 10^{N_1/10} = 10^6$  et  $I_2/I_0 = 10^{6.5}$  or les I s'ajoutent :  $I = I_1 + I_2$  et  $I/I_0 = I_1/I_0 + I_2/I_0 = 10^6 + 10^{6.5} = 4,16 \cdot 10^6$  d'où  $N = 66 \text{ dB}$

2) Sachant que ce niveau sonore était enregistré à 10m des sources, quel serait-il à 100m des sources ?

On a  $N(\text{à } d=10\text{m}) = 20 \log(P/P_0) = 66 \text{ dB}$

$N'(\text{à } 100\text{m}) = 20 \log(P'/P_0)$  d'où

$N - N' = 20 \log(P/P_0) - 20 \log(P'/P_0) = 20 \log(P/P')$

$= 20 \log(d'/d)$

$= 20 \log(100/10) = 20$

or  $N = 66 \text{ dB}$

donc  $N' = 46 \text{ dB}$

ex m p l e	Climatiseur Réversible Mono-Split 5 kw			
	GAZ	Énergie	SCOP	dB Int.
	R-32	A <sup>+</sup>	7.4	28
	Watts	Énergie	SCOP	dB Ext.
	5000	A <sup>+</sup>	4.7	52

