

Thème : **Habitat**

Sous thème : **Confort acoustique**

En classe de Première STI 2D

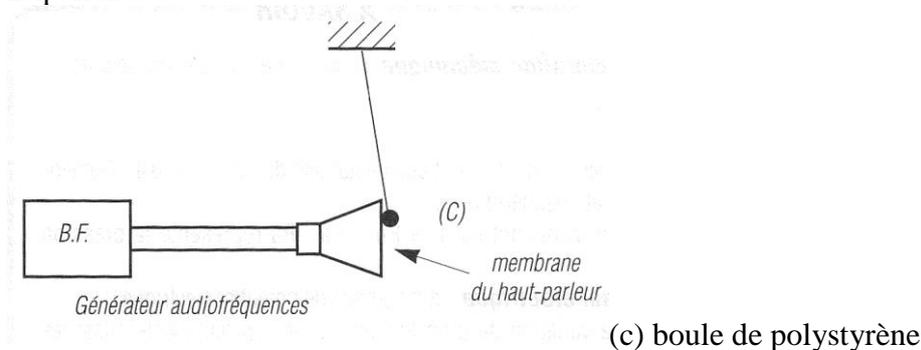
Cours : Ondes sonores et ultrasonores, propagation

Définition de quelques grandeurs physiques associées à une onde sonore ou ultrasonore.

1. **Pression acoustique :**

1.1. *Cause physique du son :*

Expérience :



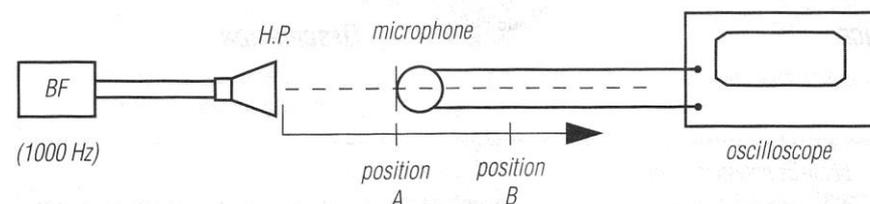
Observations : La boule (c) vibre et on perçoit un son, le son est dû aux vibrations de la membrane du HP.

Conclusion : *Le son résulte du mouvement vibratoire des molécules d'air.*

L'expérience peut être faite en plaçant une bougie devant le HP. Lorsque le HP n'est pas alimenté, la flamme est haute et droite, Lorsque le HP fonctionne, la flamme est plus petite et oscille.

1.2. *Détection d'un son :*

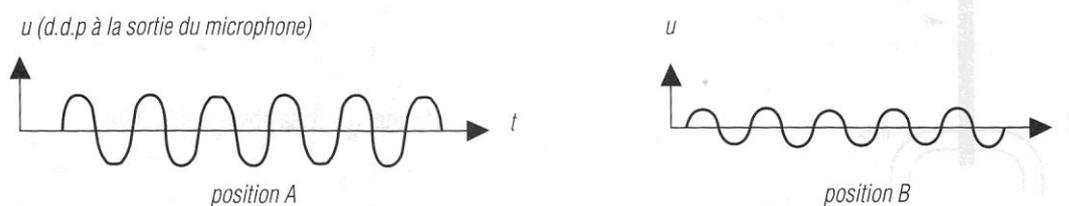
Expérience : devant le HP on place un microphone relié à un oscilloscope



Observations :

L'oreille perçoit un son. Simultanément on observe une tension u variant sinusoidalement en fonction du temps.

Si on éloigne le microphone du HP, la sensation sonore décroît ; simultanément l'amplitude de la tension u est plus faible.



Conclusion :

Le mouvement de la membrane du HP crée des contractions et des dilatations des volumes d'air élémentaires, ce qui entraîne une modification de la pression atmosphérique p_0 . **La pression s'exprime en Pascal (Pa)**. Cette modification de pression se transmet de proche en proche aux molécules d'air environnantes.

La pression résultante p en un point de l'espace environnant est $p = p_0 + p_a$, **p_a représente la pression acoustique.**

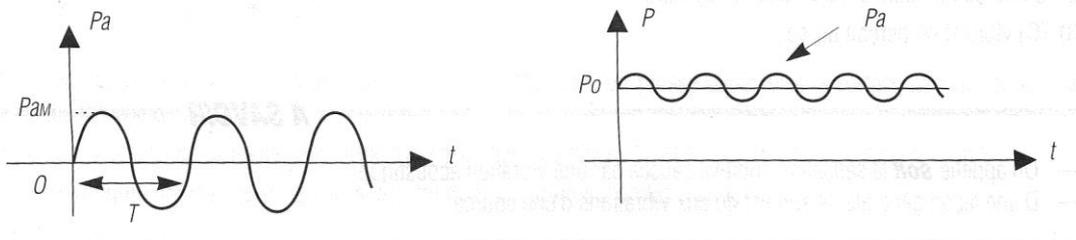
Le microphone transforme **le signal sonore en signal électrique** : tension u observée.

Dans l'expérience, la courbe représentant les variations de la tension u en fonction du temps représente aussi les variations de la pression acoustique p_a en fonction du temps car $p_a = k.u$ (k est une constante caractéristique du microphone).

Remarque : dans le cas d'un **son pur**, p_a est une fonction sinusoïdale du temps. On peut écrire :

$$p_a = p_{aMax} \sin \frac{2\pi}{T} \times t \quad p_{aMax} : \text{valeur maximale de la pression acoustique en Pascal (Pa)}$$

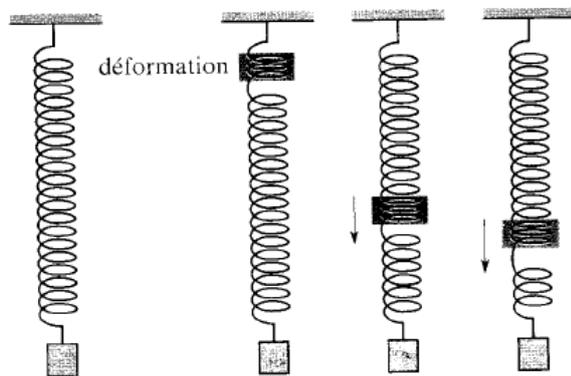
T période en seconde (s), appelée **périodicité temporelle** correspond à la fréquence $f = \frac{1}{T}$ en Hertz (Hz) identique à celle du générateur.



Remarque :

Dans les milieux condensés, c'est-à-dire les milieux solides ou liquides, le mécanisme de propagation est analogue. Toutefois, les amplitudes de déplacement des molécules sont encore plus faibles.

L'expérience de propagation d'une perturbation le long d'un ressort donne une bonne image de ce qui se passe, à l'échelle microscopique, pour la propagation du son dans un milieu matériel.

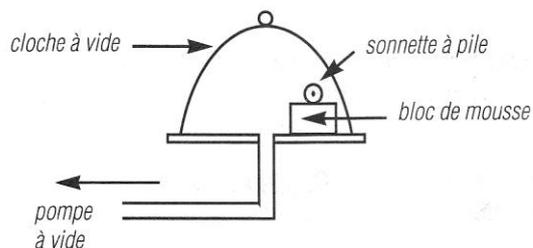


La propagation du son s'effectue sans déplacement global de matière.

2. Propagation d'une onde sonore :

2.1. *Mise en évidence de l'influence de la nature du milieu sur la propagation d'un signal acoustique:*

a/ Expérience :



b/ Description :

- Brancher la sonnette sur la pile
- Mettre la pompe en marche
- Arrêter la pompe au bout de 5 minutes
- Faire une entrée progressive de l'air

c/ Observation :

- Le son émis est perçu, simultanément on voit le marteau frapper le timbre
- Le son est atténué
- On ne perçoit plus le son ; on voit toujours le marteau frapper le timbre
- Le son est perçu de plus en plus fort par l'oreille

d/ Conclusion :

L'onde sonore (comme des rides à la surface de l'eau) nécessite un milieu matériel pour se propager. On dit qu'il s'agit d'ondes élastiques ou mécaniques.

2.2. *Célérité d'une onde sonore* : On utilise aussi le terme « vitesse de propagation » bien qu'il n'y ait pas déplacement global de matière.

a/ Définition :

Soit deux points M_1 et M_2 distants d'une source sonore, on définit la célérité C du son par :

$$C = \frac{d(M_1M_2)}{t_2 - t_1}$$

$d(M_1M_2)$ est la distance entre M_1 et M_2 en mètre (m) ; $t_2 - t_1$ est la durée, en

seconde (s) ; C est en mètre par seconde ($m.s^{-1}$).

b/ La célérité du son dans l'air :

La célérité ne dépend pas des caractéristiques du son émis, mais de la température de l'air. On la calcule à l'aide de la relation : $C(\theta) = 331,4 + 0,607 \times \theta$ C en ms^{-1} ; θ en $^{\circ}C$.

La célérité du son dans l'air est d'environ $340 ms^{-1}$ à la température ordinaire ($\approx 20^{\circ}C$).

c/ La célérité dépend du milieu de propagation :

Le son se propage à la fois dans les gaz, les liquides et les solides.

Les solides conduisent très bien le son : le stéthoscope médical est basé sur ce principe.

La différence de célérité du son dans les solides est utilisée pour l'étude géologique de la croûte terrestre en analysant l'écho sonore créé par une explosion souterraine.

On retiendra que **la célérité du son dépend du milieu de propagation. Elle est plus importante dans les solides et les liquides que dans l'air.**

Tableau regroupant l'ordre de grandeur de la célérité du son dans différents milieux :

milieu	$c (m.s^{-1})$	milieu	$c (m.s^{-1})$
Air ($20^{\circ} c$)	340	Brique	2500
Eau	1460	Verre	5000 à 6000
Bois	1000 à 2000	Plomb	1320
Béton	3500	Liège	450 à 500
Acier	5000 à 6000	Caoutchouc	40 à 150

2.3. *Périodicité spatiale* :

Lorsque l'on reprend la mise en œuvre du TP ultrasons, on constate que lorsque l'on déplace le récepteur (R), on détecte pour certains points équidistants, une tension maximale en même temps que celle fournie à l'émetteur (E). On dit alors que ces tensions sont en phase.

L'onde présente une périodicité spatiale pour deux points quelconques séparés par une distance particulière, les vibrations reçues sont en phase.

La longueur d'onde λ est la plus petite distance séparant deux positions pour lesquelles les signaux sonores sont en phase.

La longueur d'onde λ est la période spatiale.

Ainsi, des signaux arrivant en phase en deux points distants d'un nombre entier de longueurs d'onde seront en phase.

Relation entre la périodicité temporelle T et la périodicité spatiale λ .

La longueur d'onde λ dépend de la fréquence f, donc de la période T.

Le rapport constant λ/T s'exprime dans les mêmes unités qu'une vitesse ($m.s^{-1}$). Il ne dépend pas de la période ou de la fréquence de l'onde ; la valeur obtenue est égale à la célérité C du son.

On retient la relation : $C = \lambda/T$ ou $C = f \times \lambda$

λ est la longueur d'onde, en mètre (m) ; T la période, en seconde (s) ; f la fréquence, en hertz (Hz) ; C la célérité de propagation en mètre par seconde ($m.s^{-1}$).

On obtient donc $\lambda = C \times T$

La longueur d'onde λ de l'onde sonore sinusoïdale est la distance parcourue par le son pendant une période T de la vibration de la source.

La célérité du son est indépendante de la fréquence de l'onde : elle permet ainsi aux auditeurs d'un concert, placés loin de l'orchestre, d'entendre en même temps les sons graves et les sons aigus émis simultanément. (En musique une octave correspond à un doublement de la fréquence).