

Term S - Chap 02 – Caractéristiques des ondes

I) Exemples d'ondes:

1) Onde transversale :



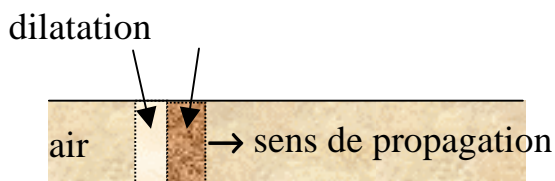
Une onde est transversale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue perpendiculairement à la direction de propagation. Ici, la perturbation est une déformation de la corde provoquée sur la corde qui se propage de proche en proche dans la direction horizontale alors que les points de la corde se déplacent verticalement

direction et sens de déplacement des points de la corde

Remarque: La corde est le milieu de propagation, elle ne se déplace pas. Il n'y a pas de transport de matière. Il faut que le milieu de propagation présente une certaine élasticité.

2) Onde longitudinale :

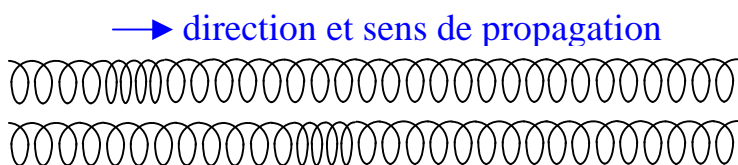
Une onde est longitudinale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue dans la même direction que celle de la propagation.



Le son dans l'air est une onde. La perturbation (succession de compression et de détente) dans l'air se propage de proche en proche horizontalement, les molécules de l'air effectuent un va-et-vient horizontalement.

Remarque: L'air, milieu de propagation ne se déplace pas. Il n'y a pas de transport de matière. L'air est un milieu élastique.

Autres exemples : le long d'un ressort



La déformation du ressort se propage de proche en proche vers la droite



Lorsqu'une bille frappe la suivante, le choc se propage jusqu'à la dernière bille

II) Propriétés générales des ondes mécaniques progressives :

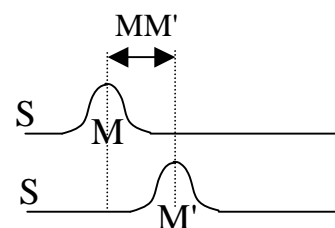
1) Définition générale :

On appelle onde mécanique progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière. Elle est associée à un transport d'énergie.

2) Célérité de l'onde :

On appelle célérité v de l'onde, la vitesse de propagation de l'onde.

Une onde émise par la source S , se propage avec la célérité v le long d'une corde, elle atteint le point M à la date t et le point M' à la date ultérieure t' . Le point M' subit la même perturbation que le point M avec un retard τ .



$$\tau = t' - t \Rightarrow v = MM' / \tau \Rightarrow \tau = MM' / v$$


avec v en $m.s^{-1}$, MM' en m et τ en s

On préfère le mot célérité au mot vitesse auquel est associé la notion de déplacement de matière (vitesse d'une automobile, d'une particule etc...).

Si le milieu est homogène, la célérité est constante.

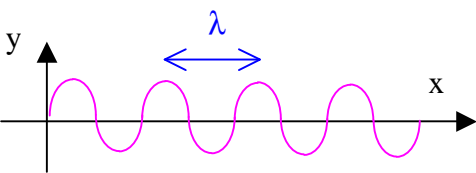
III) Onde progressive périodique :

1) Onde créée par un vibreur sur une corde :

 Une lame d'acier vibre périodiquement de haut en bas grâce à un électroaimant. Une corde attachée à la lame en S subit ainsi une perturbation périodique qui se propage le long de la corde. On a créé une onde progressive périodique.

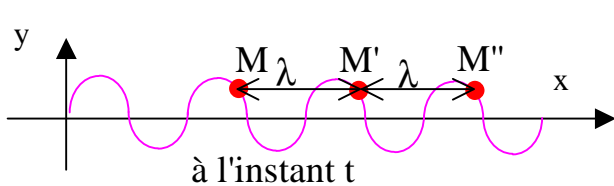
Une onde progressive est périodique lorsque la perturbation se reproduit à l'identique à intervalles de temps égaux appelés période temporelle T.

La fréquence f d'un phénomène périodique représente le nombre de phénomènes effectués par seconde. La fréquence est l'inverse de la période : $f = 1 / T$ avec f en hertz (Hz), T en s



2) Période spatiale :

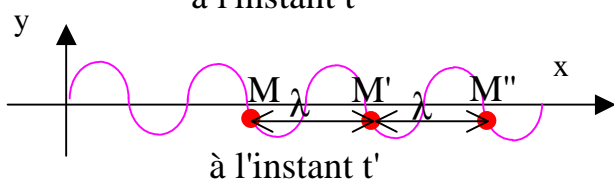
Si on photographie la corde, on obtient un instantané. La forme de la corde à un instant donné est une fonction sinusoïdale de l'abscisse x.



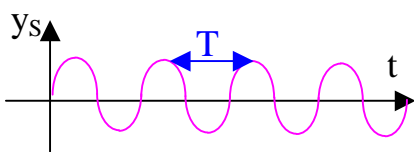
On appelle longueur d'onde, notée λ la période spatiale de l'onde progressive périodique.

λ est une longueur mesurée en mètre (m).

Les points M, M' et M'' sont distants d'une longueur d'onde λ . Ils ont la même élongation quelque soit l'instant t. On dit que **ils vibrent en phase**.



Si 2 points sont distants de $k \cdot \lambda$ (k entier), alors ils vibrent en phase



3) Période temporelle :

On étudie un point M d'abscisse x fixée.

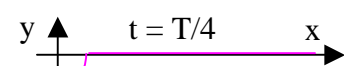
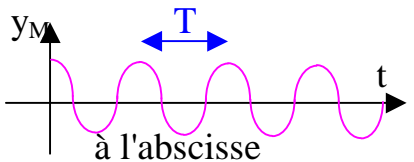
On trace y en fonction du temps.

La source S a un mouvement sinusoïdale de période T.

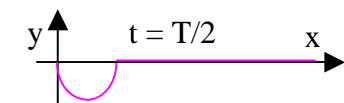
L'élongation du point M est aussi périodique de même période T.

T est un temps, mesuré en s.

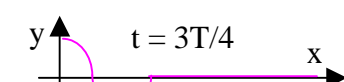
Tous les points de la corde vibrent avec la même période T imposée par la source S.



4) Relation entre période et longueur d'onde :

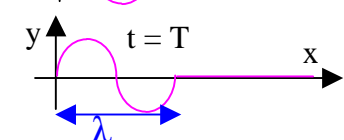


La longueur d'onde λ est la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à sa période T.



$$\lambda = v \cdot T = v / f$$

avec λ en mètre, v en mètre par seconde, T en seconde et f en hertz



5) Onde progressive sinusoïdale :

Une onde progressive est sinusoïdale si la source produit une perturbation sinusoïdale en fonction du temps.

Dans l'exemple du 1), l'élongation y de la corde évolue selon une fonction du temps de la forme :

$$y(t) = Y_{\max} \times \cos(2\pi \times t / T + \varphi)$$

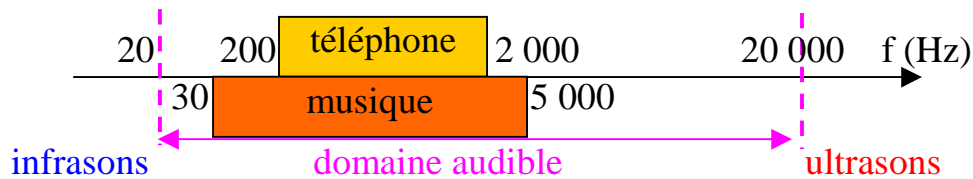
avec Y_{\max} : amplitude de l'élongation (en m) ,

T : période (en s) et φ : phase à l'origine (en radians)

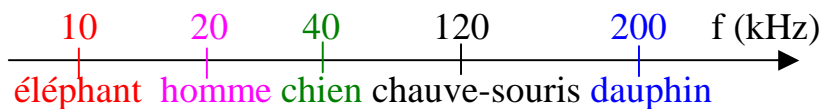
IV) Ondes sonores et ultrasonores :

1) Perception d'un son :

L'oreille humaine ne perçoit que les sons dont la fréquence est comprise entre 20 et 20 000 Hz.



La limite supérieure d'audition est différente chez les animaux



2) Caractéristiques d'une onde sonore :

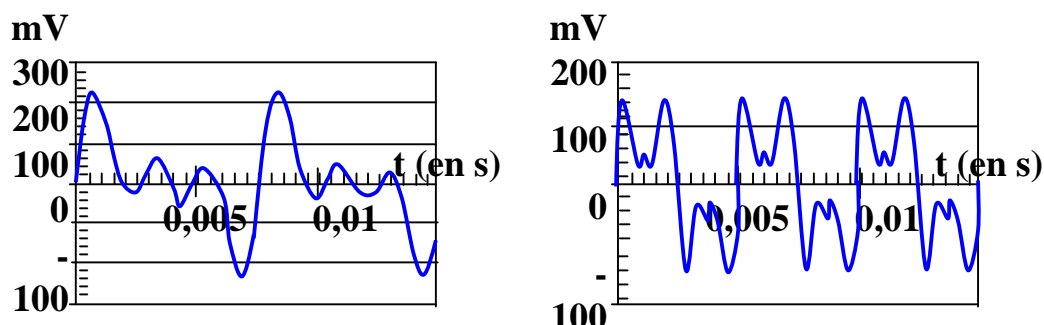
On caractérise un son avec sa hauteur, son intensité et son timbre.

* Plus la hauteur d'un son est grande, plus il est aigu et sa fréquence est élevée. Inversement, plus sa fréquence est faible, plus il est grave.

* Des instruments différents jouant des notes de même hauteur sont à l'unisson, les sons sont perçus différemment par l'oreille. Ils se différencient par leur timbre.

Le timbre est caractéristique d'un instrument de musique, il permet de les distinguer.

Un diapason émet une vibration sinusoïdale, c'est un son pur.



La forme périodique différente entre ces deux sons indique que le timbre est différent, qu'ils proviennent de deux instruments différents.

* L'intensité d'un son est liée à l'amplitude de la vibration.

3) Spectre d'un son :

On a déjà étudié le spectre de la lumière en la décomposant avec un prisme.

De la même façon, on peut décomposer un son.

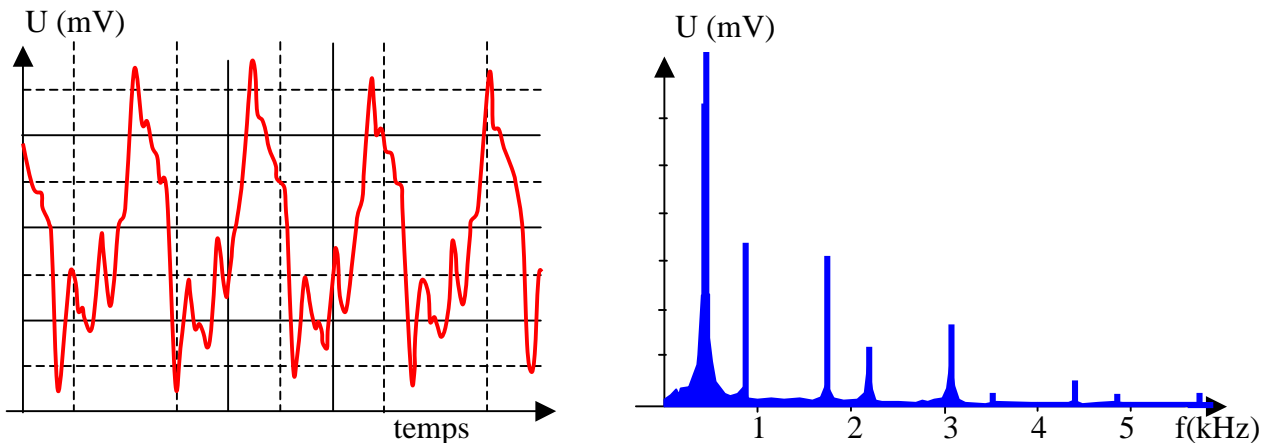
La note La du diapason est une vibration sinusoïdale de fréquence 440 Hz, c'est un son pur.

La note émise par un instrument de musique est une vibration périodique mais non sinusoïdale, c'est un son complexe.

Le mathématicien Joseph Fourier (1768-1830) a montré en 1822, que toute fonction périodique de fréquence f_1 peut se décomposer en une somme de fonctions sinusoïdales dont les fréquences respectives sont des multiples entiers de f_1 : $f_1, 2f_1, 3f_1, .., kf_1$ ($k \in \mathbb{N}^*$).

La 1^{ère} composante de fréquence f_1 est appelée fondamental. Les composantes suivantes de fréquences $n \times f_1$ (n étant entier) sont appelées harmoniques

Le spectre en fréquences d'un son est représentation graphique de l'amplitude de ses composantes sinusoïdales en fonction de la fréquence.



La hauteur d'un son est mesurée par la fréquence du fondamental.

En musique, le La₃ sert de référence de hauteur (diapason), sa fréquence est 440 Hz.

4) Intensité sonore :

L'intensité sonore I est la puissance reçue par unité de surface. Elle se mesure en $W.m^{-2}$

L'oreille humaine ne perçoit que des sons d'intensité minimale $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} W.m^{-2}$, c'est le seuil d'audibilité.

A l'inverse, un son trop intense est douloureux. Le seuil de douleur $I_{max} = 25 W.m^{-2}$

Lorsque l'intensité sonore double, l'oreille humaine n'a pas une perception 2 fois plus grande.

Pour rendre compte de notre perception, on définit le niveau sonore L :

$$L = 10 \log (I / I_0)$$

avec I : intensité sonore en $W.m^{-2}$

I_0 : seuil d'audibilité en $W.m^{-2}$

L : niveau sonore en décibels (dB)

Ex : Si $I' = 2 I$. L' ?

$$L' = 10 \log (I / I_0) + 10 \log 2 = L + 10 \log 2 = L + 3 \text{ dB}$$

ECHELLE DE DÉCIBELS (dB) PERÇUS

