

CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS DES ONDES

1/ CARACTÉRISTIQUES DES ONDES :

activité 1

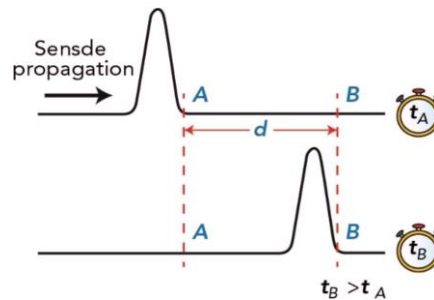
a – Retard et célérité :

Une onde mécanique progressive correspond à la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, sans transport de matière. Exemple d'une **onde à une dimension** se propageant le long d'une corde :

à l'instant t_A le front d'onde est en A

à l'instant t_B le front d'onde est en B

⇒ La perturbation s'est déplacée d'une distance d et le point B va reproduire le mouvement du point A avec un **retard** $\Delta t = t_B - t_A$



On peut définir alors la **célérité** de l'onde :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

v : célérité de l'onde (en m.s^{-1})

d : distance parcourue par la perturbation (en m)

Δt : durée pour parcourir d (en s)

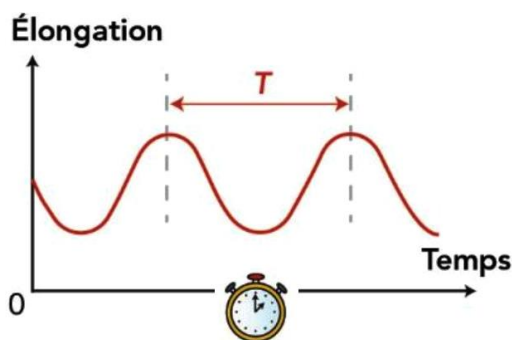
b – Double périodicité des ondes périodiques :

Une onde est qualifiée de **périodique** si la perturbation qu'elle génère en un point du milieu se reproduit **identique à elle-même à intervalles de temps égaux**.

Ex : la pression de l'air varie sinusoidalement en fonction du temps au passage de l'énergie produite par un diapason

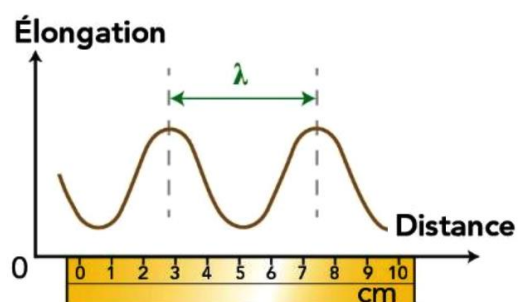
Les ondes périodiques sont caractérisées par une double périodicité :

une période temporelle T (appelée période)



en un point donné du milieu, l'état de déformation est le même tous les intervalles de temps T

une période spatiale λ (appelée longueur d'onde)



à un instant t donné, des points distants de λ sont dans le même état de déformation

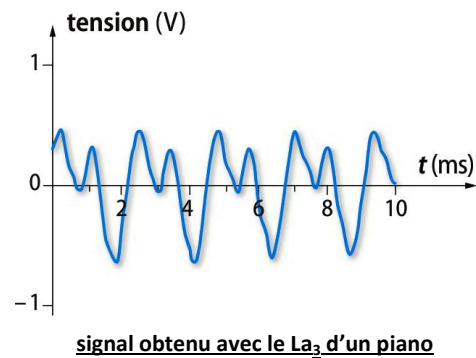
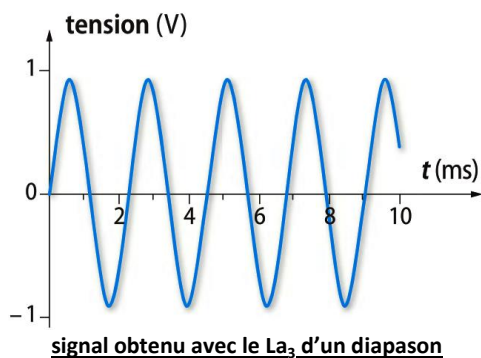
La longueur d'onde λ (m) correspond à la distance parcourue par l'onde à la célérité v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) pendant la période temporelle T (s) : $\lambda = v \times T$ (ou $\lambda = v \div f$ avec f en Hz)

EXERCICES : n°5,7,8,18,19 p58/62 + Lire « préparer le Bac » p64

c - Cas des ondes sonores : *activité 2*

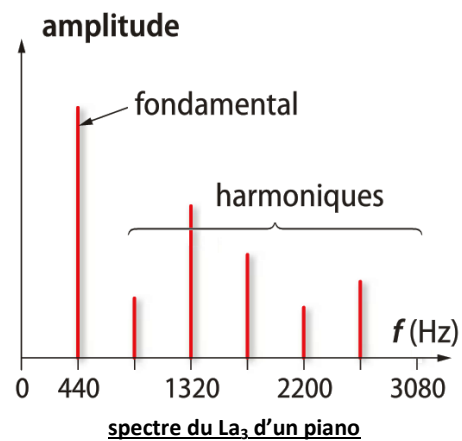
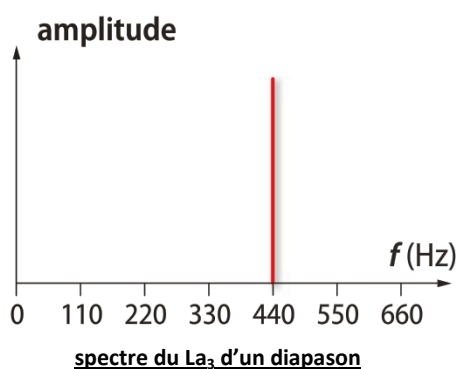
Les ondes sonores correspondent à la propagation d'une perturbation type « compression-dilatation » dans un milieu matériel.

Un microphone permet de transformer fidèlement une onde sonore en un signal électrique et d'en donner une représentation temporelle grâce à un système informatisé. Exemples :



- ⇒ le son produit par le diapason est **pur** car son le signal électrique correspondant est rigoureusement sinusoïdal
- ⇒ le son produit par le piano est **complexe** (comme la plupart des sons)

Pour comprendre la constitution d'un son complexe, on peut réaliser son analyse spectrale (représentation de l'amplitude en fonction de la fréquence). Exemples :



- ⇒ on constate que le spectre d'un son pur ne contient qu'un seul pic, alors que celui d'un son complexe en contient plusieurs (le fondamental et les harmoniques).

Physiologiquement, un son est caractérisé par son niveau sonore, sa hauteur et son timbre :

- son **niveau sonore** est lié à l'**amplitude** de l'onde
- sa **hauteur** (grave-aigu) est liée à la **fréquence** de l'onde (celle du **fondamental** pour un son complexe)
- son **timbre** est lié à la complexité de l'onde (richesse des **harmoniques**)

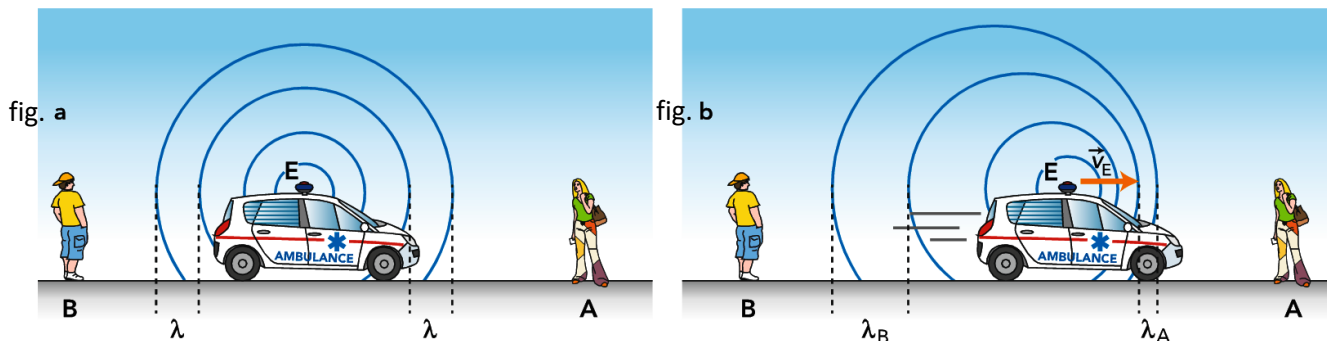
Le domaine des **sons audibles** est compris **entre 20Hz et 20000Hz**. Au-delà de 20000Hz on parle d'**ultrasons**.

EXERCICES : n°12,14,17 p60/61 + Lire « préparer le Bac » p65

2/ PROPRIÉTÉS DES ONDES :

a – effet Doppler : activité 3

Le son produit par la sirène d'une ambulance est perçu plus aigu lorsque l'ambulance s'approche de l'observateur et plus grave lorsqu'elle s'en éloigne :



Lorsque l'émetteur est immobile, les observateurs immobiles A et B perçoivent des ondes de même longueur d'onde : $\lambda = \frac{v}{f_E}$

Lorsque l'émetteur se déplace à la vitesse v_E en s'approchant de l'observateur A et en s'éloignant de l'observateur B, ceux-ci perçoivent des ondes de longueurs d'onde $\lambda_A < \lambda$ et $\lambda_B > \lambda$.

En effet, lorsque l'émetteur E produit une onde sonore périodique de longueur d'onde λ , une succession de zones de compression de l'air se propage à une célérité v_{son} dans toutes les directions offertes par le milieu. Si l'émetteur E est immobile par rapport aux récepteurs A et B (fig. a), les zones de compression passent périodiquement au niveau des récepteurs à une fréquence identique à celle du son produit par l'émetteur.

En revanche, si l'émetteur E est en mouvement et se rapproche du récepteur (fig. b), les zones de compressions successives se rapprochent elles aussi du récepteur, ce qui provoque une diminution de la longueur d'onde perçue au niveau du récepteur, soit une augmentation de la fréquence (voir récepteur A).

Si l'émetteur E s'éloigne du récepteur, c'est le contraire (voir récepteur B).

De manière générale, une onde (mécanique ou électromagnétique) émise avec une fréquence f est perçue avec une fréquence f' différente lorsque l'émetteur et le récepteur sont en déplacement relatif : c'est « l'effet Doppler »

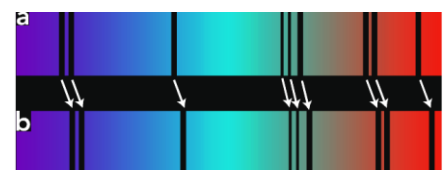
La variation de fréquence $\delta f = f' - f$, appelée « décalage Doppler », dépend de la vitesse v_E de l'émetteur par rapport au récepteur. La mesure de δf permet de déterminer v_E (voir activité 2.3).

Applications :

- Grâce aux ultrasons, l'examen Doppler par échographie permet de mesurer la vitesse d'écoulement du sang
- Grâce aux ondes électromagnétiques, les radars autoroutiers permettent de mesurer la vitesse des véhicules
- Dans le domaine de l'astrophysique, l'effet Doppler permet de mesurer la vitesse d'éloignement des étoiles et de détecter les exoplanètes :

En effet, lorsqu'une source lumineuse s'éloigne de la Terre, son spectre d'absorption se décale vers les basses fréquences (effet Doppler), donc vers les grandes longueurs d'onde. On parle alors de « redshift ».

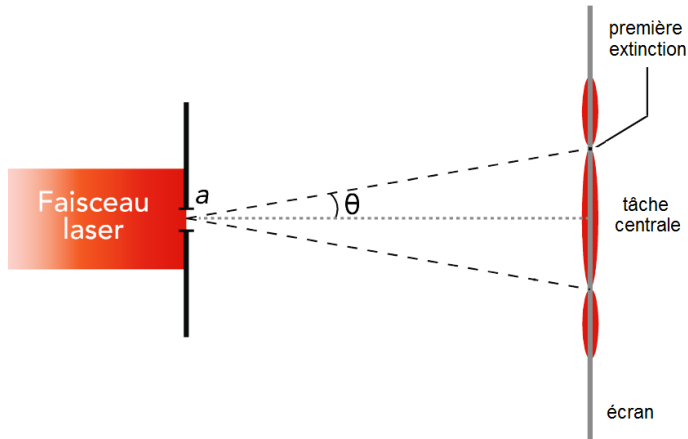
C'est le contraire lorsque la source lumineuse se rapproche.



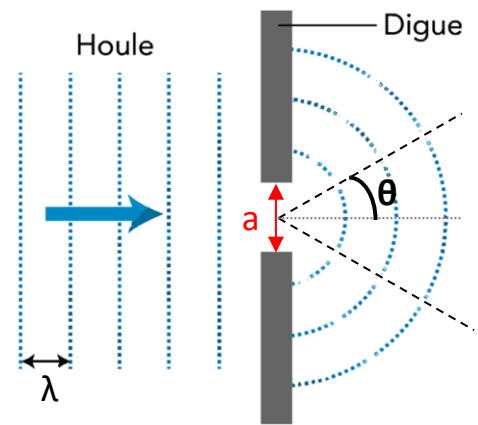
a. spectre obtenu avec une source immobile par rapport à l'observateur
b. spectre obtenu avec une source s'éloignant de l'observateur.

b – La diffraction : activité 4

La diffraction est une propriété des ondes qui se manifeste par un étalement de la direction de propagation lorsque l'onde rencontre un obstacle ou une ouverture. Exemples :



Diffraction d'un faisceau LASER



Diffraction de la houle à l'entrée d'un port

La diffraction s'observe lorsque la dimension **a** de l'obstacle est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde λ .

L'importance de l'étalement se mesure avec l'écart angulaire θ (angle entre la direction initiale de l'onde et celle de la première extinction) :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

θ : écart angulaire (radian)

λ : longueur d'onde (mètre)

a : largeur de l'obstacle (mètre)

L'écart angulaire augmente lorsque la dimension de l'obstacle diminue.

Diffraction de la lumière blanche

Dans le cas de la lumière blanche, chaque radiation est diffractée avec un angle θ différent en fonction de sa longueur d'onde.

La superposition des figures de diffraction conduit à une tâche centrale blanche (superposition des toutes les radiations) et à des tâches latérales irisées.



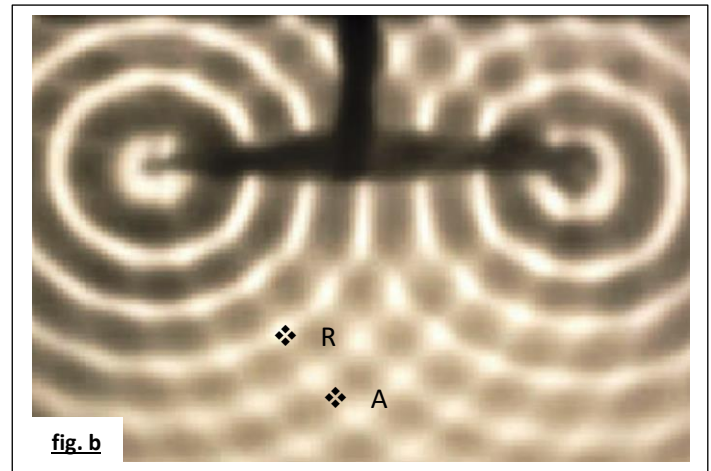
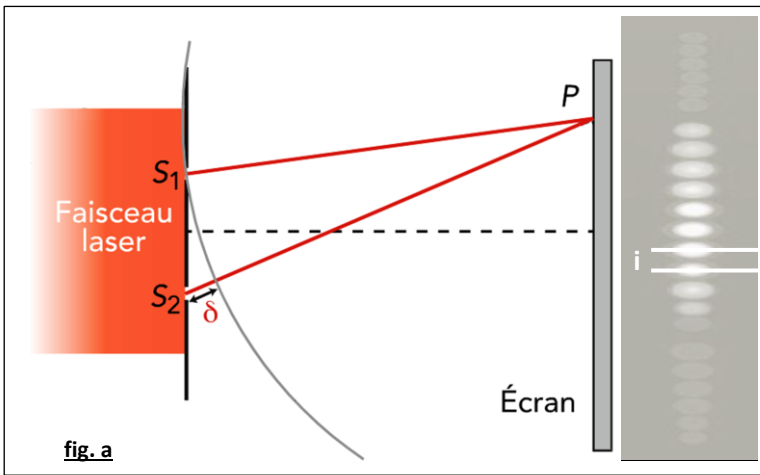
EXERCICES : n°3,5,6,21,22 p78/82

c – Les interférences : activité 5

Lorsque deux ondes **monochromatiques** issues d'une **même source** se superposent, l'amplitude de l'onde résultante varie dans l'espace : c'est le phénomène d'interférences.

Exemples :

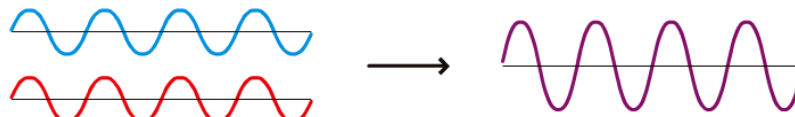
- lorsque deux faisceaux lumineux issus d'une même source LASER passent par deux ouvertures et se superposent, on observe une succession de zones brillantes et sombres (fig. a)
- lorsque deux ondes mécaniques de même longueur d'onde se rencontrent, on observe des zones où elles se renforcent (point R) et d'autres où elles s'annulent (point A) (fig. b)



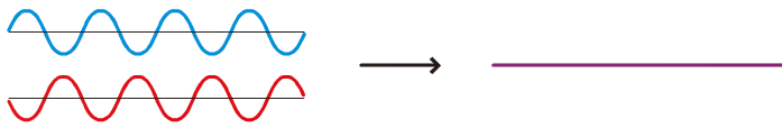
Interprétation :

Une onde monochromatique peut être modélisée par une fonction sinusoïdale. Lorsque deux ondes monochromatiques de même longueur d'onde se superposent, deux situations extrêmes peuvent se rencontrer :

- si les creux et les crêtes coïncident, les ondes se renforcent. Elles sont **en phase** et on parle d'**interférences constructives** :



- si les creux de l'une coïncident avec les crêtes de l'autre, les ondes s'annulent. Elles sont en **opposition de phase** et on parle d'**interférences destructives** :



Conditions de formation des interférences constructives et destructives

Soit $\delta = S_2P - S_1P$ la **différence de marche** entre les distances parcourues par deux ondes issues d'une même source qui interfèrent en un point P (cf fig. a) :

- si $\delta = k \times \lambda$ alors les interférences sont **constructives** (k est un entier relatif)
- si $\delta = (k + \frac{1}{2}) \times \lambda$ alors les interférences sont **destructives**

Interférences en lumière blanche :

L'interfrange i (cf fig. a) dépend de la longueur d'onde de la radiation.

Dans le cas d'une source polychromatique, les franges correspondant à chaque radiation sont donc décalées et on observe une décomposition de la lumière (=couleurs interférentielles).

