

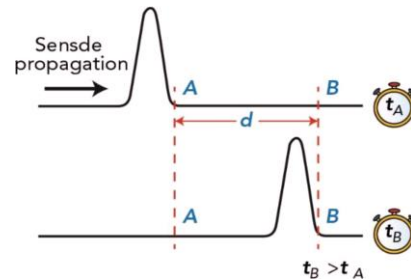
# LES ONDES PÉRIODIQUES

Une onde mécanique 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  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

$d$  : distance parcourue par la perturbation (en m)

$\Delta t$  : durée pour parcourir  $d$  (en s)

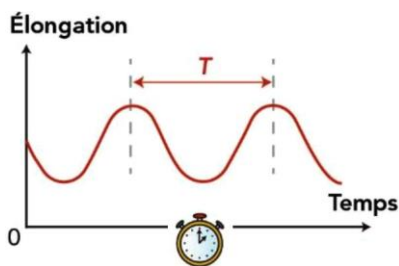
## 1/ CARACTÉRISTIQUES DES ONDES PÉRIODIQUES :

*activité 1*

Une onde est qualifiée de **périodique** si la perturbation qu'elle génère en un point se reproduit identique à elle-même à **intervalles de temps égaux**. Ex : houle à la surface de l'eau, onde sonore produite par un diapason. . .

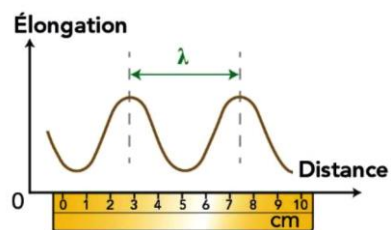
Les ondes périodiques sont caractérisées par une double périodicité :

### Périodicité temporelle (de période $T$ )



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

### Périodicité spatiale (de période $\lambda =$ longueur d'onde)



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

La longueur d'onde  $\lambda$  correspond à la distance parcourue par l'onde à la célérité  $v$  pendant une durée égale à  $T$  :

$$\lambda = v \times T \quad (\lambda \text{ s'exprime en mètre ; } T \text{ s'exprime en seconde ; } v \text{ s'exprime en } \text{m}\cdot\text{s}^{-1})$$

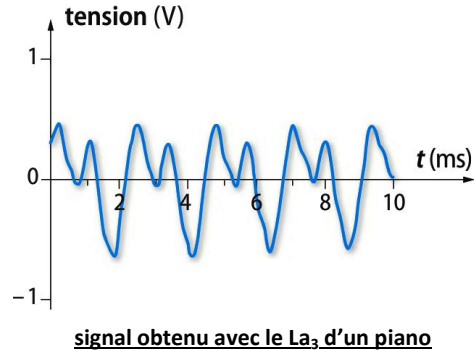
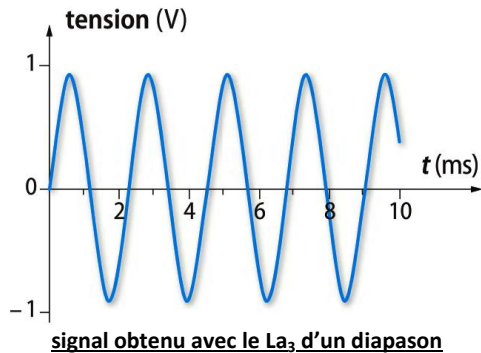
La fréquence  $f$  d'une onde s'exprime en fonction de sa période :  $f = 1/T$  ( $f$  en Hertz)

Il s'en suit que :  $\lambda = v \div f$  ( $\lambda$  en mètre ;  $f$  en Hz ;  $v$  en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

## 2/ CAS DES ONDES SONORES : activité 2

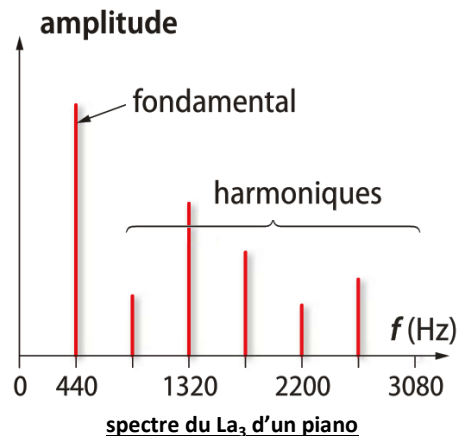
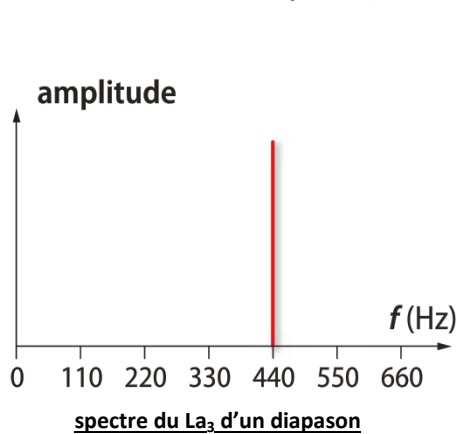
- Les ondes sonores correspondent à la propagation d'une perturbation type « compression-dilatation » dans un milieu matériel.

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 :

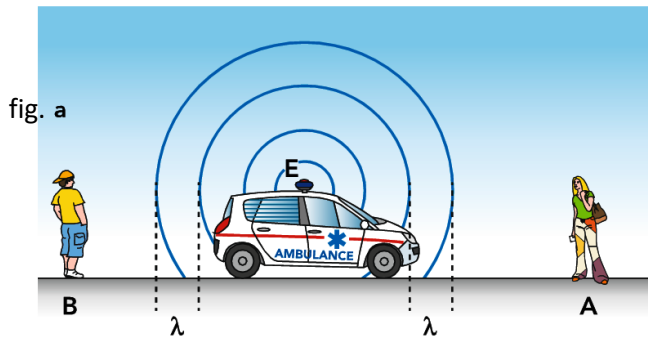
- son **niveau sonore** est lié à l'**amplitude** de l'onde
- sa **hauteur** (grave-aigu) est liée à la **fréquence** de l'onde (celle du **fondamental** pour un son complexe)
- son **timbre** est lié à la complexité de l'onde (richesse des **harmoniques**)

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

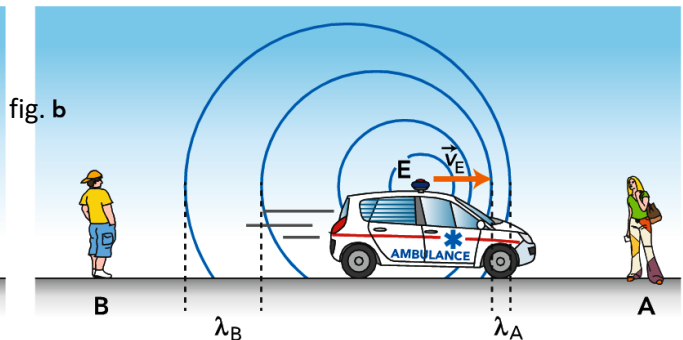
### 3/ L'EFFET DOPPLER :

#### 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  $\lambda$ , une succession de zones de compression de l'air se propage à une célérité  $v_{\text{son}}$  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 »

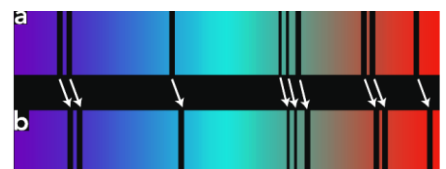
La variation de fréquence  $\delta f = f' - f$ , appelée « décalage Doppler », dépend de la vitesse  $v_E$  de l'émetteur par rapport au récepteur. La mesure de  $\delta f$  permet de déterminer  $v_E$  (voir activité 2.3).

#### 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.