

## Ondes mécaniques progressives

### Situation problème :

Autour de la table après la prise de dîner le 08 septembre 2023 à 23h13min Vous sentez, toi et ta famille, une Secousse. Toute la maison oscille pendant quelques secondes. Cela vous a beaucoup marqué. Vous vous demandez d'où vient ce mouvement fort et effrayant. L'un de votre famille se rend compte via le Facebook que le séisme d'Elhaouz provoque cette énorme vibration. Le pourquoi et le comment de cette vibration vous traversent l'esprit. Comment vous expliquez ce phénomène ?

### I. Ondes mécaniques progressives :

#### 1- Onde mécanique :

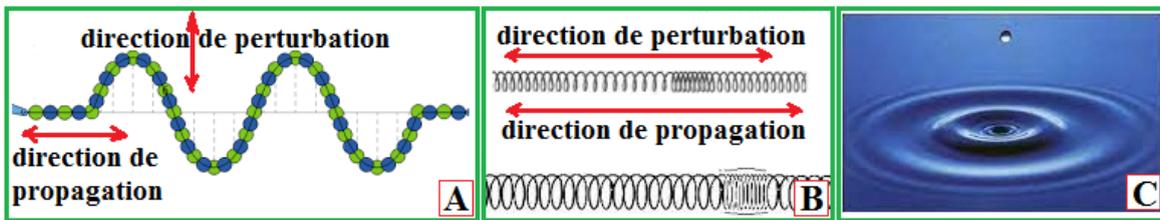
##### a- Activités :

On considère les trois expériences suivantes :

**Expérience 1:** une perturbation provoquée à l'extrémité d'une corde,

**Expérience 2:** une compression des spires provoquée à l'extrémité d'un ressort,

**Expérience 3:** La chute d'une goutte d'eau donne naissance à une perturbation formée de plusieurs vagues circulaires centrées sur le point d'impact.



##### b- Remarques

- ✓ Une perturbation (déformation) de la corde, du ressort et de la surface de l'eau se produit,
- ✓ Chaque point du milieu reprend son aspect initial après le passage de la perturbation,
- ✓ La propagation de la perturbation s'effectue sans transport de matière mais avec un transport d'énergie,

##### c- Conclusions

- ✓ Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel élastique avec transport d'énergie et sans transport de matière.
- ✓ La déformation est une variation locale instantanée d'une ou plusieurs propriétés physiques d'un milieu élastique.
- ✓ La source d'onde est l'endroit où la perturbation est provoquée.
- ✓ Un milieu est dit élastique s'il est capable de reprendre sa forme initiale après avoir subi le passage de l'onde.
- ✓ L'onde mécanique progressive : est une succession continue des signaux mécaniques, résultant d'une perturbation entretenue et continue de la source d'onde.

### 2- Différents types d'ondes mécaniques :

#### a- Activité :

On considère les documents précédents :

#### b- Remarques :

- ✓ **Onde transversale** : est celle dont la direction de la perturbation du milieu est perpendiculaire à la direction de la propagation (doc. A et doc. C),
- ✓ **Onde longitudinale** : est celle dont la direction de la perturbation du milieu est alignée avec la direction de la propagation (doc. B).

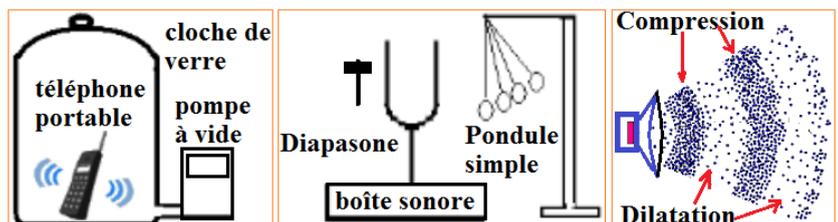
### 3- Onde sonore :

#### a- Activité :

On considère les expériences suivantes :

- On allume le téléphone, puis on vide la cloche de l'air,
- On frappe le diapason,

#### b- Remarques :



- ✓ On observe l'absence de son après le vidage de l'air,
- ✓ Lorsqu'on frappe le diapason, la balle se déplace horizontalement,

### c- Conclusion

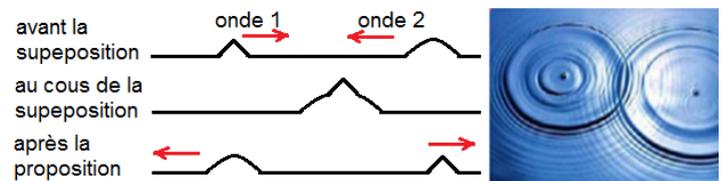
- ✓ Le son est une onde mécanique progressive **longitudinale** se propage dans les milieux matériels (solide, liquide et gaz) et ne se propage pas dans le vide, et il se propage grâce à une compression et une dilatation du milieu de propagation

## 4- Propriétés générales d'une onde mécanique

### a- Dimension d'onde

Une onde mécanique se propage à partir de la source dans toutes les directions qui lui sont offertes :

- ✓ L'onde est à une dimension si elle se propage suivant une dimension depuis sa source (exemples : corde, ressort ...),
- ✓ L'onde est à deux dimensions si elle se propage suivant deux dimensions depuis sa source (exemples : onde à la surface de l'eau ...),
- ✓ L'onde est à trois dimensions si elle se propage suivant trois dimensions (dans l'espace) depuis sa source (exemple : son ...)



### b- Superposition de deux ondes mécaniques

Lorsque deux ondes mécaniques **se croisent**, elles **se superposent** et continuent à se propager après leur rencontre sans **se perturber**.

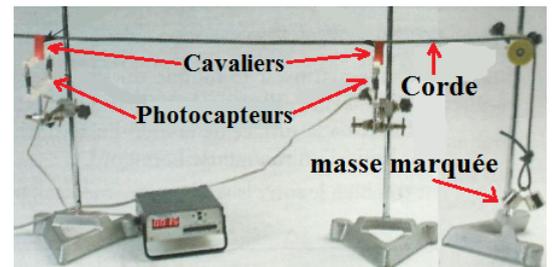
## II. La vitesse de propagation d'une onde :

### 1- Montage expérimental :

Ce montage est constitué de :

deux cavaliers sont placés sur la corde tendue, en face de deux photodétecteurs. Une masse marquée suspendue à l'extrémité de la corde, qui repose sur une poulie, permet de régler la tension de la corde.

Ce protocole expérimental permet de mesurer la vitesse de propagation d'une onde le long d'une corde et d'identifier quelques facteurs qui l'influencent.



### 2- Définition :

Une onde se propage à vitesse (célérité) constante dans un milieu homogène, elle est donnée par la relation suivante :  $v = \frac{d}{\Delta t}$  avec  $d$  : la distance parcourue par l'onde pendant la durée  $\Delta t$ .

### 3- Facteurs influençant la vitesse de propagation :

#### a- Effet de la forme de la perturbation :

On considère les expériences suivantes :

Les courbes représentent les variations d'allongement d'un point  $M$  appartenant à une corde, située à une distance de  $SM = 15m$  de la source  $S$  :

On considère l'instant de début de vibration de la source comme origine des dates ( $t_s = 0s$ ).

#### Remarque et conclusion

On remarque que :  $V_1 = V_2 = ...m/s$

Alors la forme de la perturbation n'a pas un effet sur la vitesse de propagation.

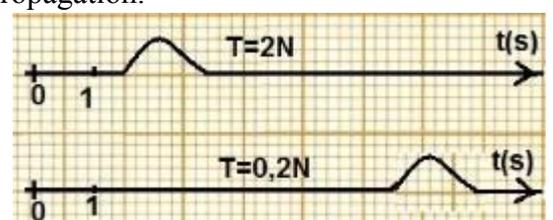
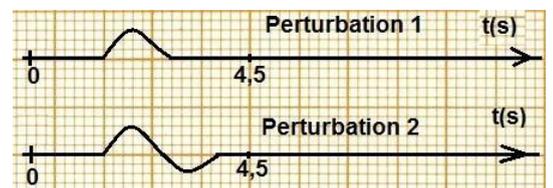
#### b- Effet de la tension de la corde :

Les courbes représentent les variations d'allongement d'un point  $M$  où on modifie la tension de la corde. Avec  $SM=15m$ .

#### Remarque et conclusion

Pour  $T_1=2N$ , on a  $V_1=...$

Pour  $T_2=0,2N$ , on a  $V_2=...$



Puisque :  $V_1 \neq V_2$ , alors la tension de la corde a un effet sur la vitesse de propagation.

Pour  $T_1 > T_2$  on a  $V_1 > V_2$ , alors plus la tension de la corde augmente plus la vitesse de propagation augmente.

**c- Effet de la masse linéaire  $\mu$  :**

Les courbes représentent les variations d'allongement d'un point  $M$  où on modifie seulement la masse linéaire avec  $SM=15m$ .

La masse linéaire  $\mu$  est définie par la relation suivante :  $\mu = \frac{m}{L}$

Avec  $m$  est la masse de la corde et  $L$  est sa longueur.

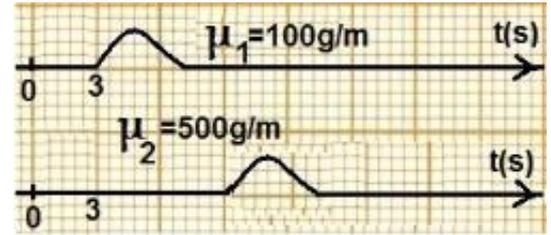
**Remarque et conclusion**

Pour  $\mu_1 = 100g/m$ , on a  $V_1 = \dots$

Pour  $\mu_2 = 500g/m$ , on a  $V_2 = \dots$

Puisque :  $V_1 \neq V_2$ , alors la masse linéaire a un effet sur la vitesse de propagation.

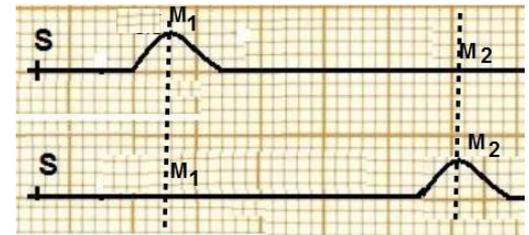
Pour  $\mu_2 > \mu_1$  on a  $V_1 > V_2$ , alors plus la masse linéaire augmente plus la vitesse de propagation diminue.



**4- Retard temporel :**

**a- Activité :**

On considère une onde mécanique se propage dans un milieu unidimensionnel sans amortissement, on crée une déformation à  $S$  l'une de extrémités d'une corde à l'instant  $t_0 = 0s$ . Cette perturbation se propage avec la vitesse  $V$  et atteint un point  $M_1$  à l'instant  $t_1$ , et à l'instant  $t_2$  elle atteint un point  $M_2$  qui répète le même mouvement de  $M_1$  avec un retard  $\tau$  de sorte que  $\tau = \frac{M_1 M_2}{V}$ .



**b- Remarque :**

On dit que le point  $M_2$  répète le mouvement du point  $M_1$  après un retard  $\tau$  et on écrit :

$$y_{M_2}(t) = y_{M_1}(t - \tau) \text{ et } y_{M_1}(t) = y_{M_2}(t + \tau)$$

**5- Comparaison du mouvement d'un corps avec la propagation d'une onde mécanique :**

Mouvement d'un corps	Propagation d'une onde mécanique
Pendant le mouvement, la matière se déplace	Pendant le mouvement l'énergie se transfère
Le mouvement effectue dans une trajectoire spécifique	L'onde se propage dans toutes les directions possibles
Peut être effectué dans le vide	Elle ne se propage pas dans le vide
La vitesse dépend des conditions initiales	La vitesse ne dépend pas des conditions initiales mais dépend de la nature du milieu