

I. Activités expérimentales.

I.1. Onde à une dimension : cas du ressort.

- Dispositif expérimental : ressort à spires non jointives légèrement tendu.
- Expérience : on pince 2 à 3 spires (compression) et on lâche.
- Observation : propagation le long du ressort.
- Questions et interprétation :

a. Quel est le nom du phénomène observé ?

Il s'agit d'une onde mécanique progressive.

Onde mécanique : qui ne se propage pas dans le vide, qui a besoin d'un milieu matériel pour se propager sans transport de matière.

La célérité d'une onde mécanique dans les solides est supérieure à celle dans les liquides, elle même supérieure à celle dans les gaz.

b. Quelle est la propriété du ressort qui permet la propagation de cette onde progressive ?

Il s'agit de la propriété d'être comprimé ou étiré.

c. Quel paramètre physique permet de décrire la perturbation qui se propage ?

La distance qui sépare deux spires consécutives.

d. Cette onde progressive est-elle longitudinale ? Transversale ?

Longitudinale : si la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est parallèle à la direction de propagation.

Transversale : si la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est perpendiculaire à la direction de propagation.

Il s'agit d'une onde longitudinale.

I.2. Onde à une dimension : cas de l'échelle de perroquet.

- Dispositif expérimental : ruban élastique (acheté dans une mercerie) sur lequel sont fixés des tiges (tiges en bois pour brochette) perpendiculaires à l'axe du ruban. Des boules (boules de couleurs pour les fêtes) sont fixées aux extrémités des tiges.
- Expérience : on déplace la tige de l'une extrémités et on laisse revenir dans sa position d'équilibre.
- Observation : propagation de la perturbation orthogonalement à la direction de propagation.
- Questions et interprétation :

a. Quel paramètre permet de décrire la perturbation qui se propage ?

L'angle de la tige par rapport au plan initial ou la distance qui sépare la tige du plan initial.

b. Cette onde progressive est-elle longitudinale ou transversale ?

Il s'agit d'une onde transversale car la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est perpendiculaire à la direction de propagation.

c. Qu'appelle-t-on une onde à une seule dimension ?

Une onde est à une dimension quand la position d'un point du milieu est parfaitement déterminé par son abscisse.

d. De quoi dépend la célérité de l'onde ?

La célérité de l'onde dépend de :

- *l'inertie du système = masse des boules (masselottes)*
Si la masse augmente alors la célérité diminue
- *de la tension du ruban.*
Si la tension du ruban augmente alors la célérité augmente.

I.3. Onde à deux dimensions : onde à la surface de l'eau.

- Dispositif expérimental : video.
- Expérience : on crée une onde en un point de la surface de l'eau en laissant tomber une pierre.
- Observation : propagation de l'onde dans toutes les directions de la surface.
- Questions et interprétation :

a- Il y a-t-il déplacement de l'eau du point d'impact vers l'extérieur ? Comment le montrer expérimentalement ?

Non, il n'a pas de déplacement d'eau vers l'extérieur ?
Il y a transfert d'énergie mais pas de transport de matière.

Expérience possible : mettre un objet flottant et observer s'il se déplace.
On observe un déplacement de bas en haut, mais pas de déplacement vers l'extérieur.

b- Cette onde est-elle transversale ? longitudinale ?

Il s'agit d'une onde transversale (voir justification plus haut)

c- Combien de coordonnées sont nécessaires pour déterminer la position d'un point de l'onde ?

Deux coordonnées x et y . Il s'agit d'une onde à deux dimensions.

I.4. Onde à trois dimensions : cas du son.

Les vibrations sonores correspondent à de petits déplacements longitudinaux (variation de pression) autour d'une valeur moyenne dans la direction de la propagation.

Il s'agit d'une onde longitudinale car la propagation de la compression-dilatation s'effectue parallèlement à la direction de propagation.

Une onde sonore est à trois dimensions car la position d'un point du milieu est parfaitement déterminé par trois coordonnées.

Questions :

a- selon vous, un son fort se déplace-t-il plus vite, moins vite ou aussi vite qu'un son faible ?

La vitesse de dépend pratiquement pas du type de son, elle dépend du milieu.

b- selon vous, un son grave se déplace-t-il plus vite, moins vite ou aussi vite qu'un son aiguë ?

Dans un milieu non dispersif (air pur), la vitesse du son ne dépend pas de la fréquence du son.

c- Selon vous, un son va-t-il plus vite, moins vite, aussi vite dans l'air, dans l'eau ou dans un solide ?

La vitesse du son $v_{\text{solide}} > v_{\text{eau}} > v_{\text{air}}$

La vitesse dépend de la compressibilité du milieu.

- d- Si nous plaçons une bougie allumée devant un haut parleur qui émet un son fort, continu et aiguë, la flamme bougera-t-elle ? Si le haut parleur émet un son grave, qu'en est-il ?

Expérience pour illustrer cette question.

Avec un son aigu ($f = 10\,000\text{ Hz}$) la flamme n'est pas affectée par l'émission sonore.

Par contre, la flamme vacille un peu quand le son grave ($f = 50\text{ Hz}$)

- e- Comment expliquez-vous que la voix mélodieuse de votre professeur soit moins audible au fond de la classe que devant ?

L'affaiblissement est dû au fait que la puissance sonore par une unité de surface est plus faible quand on s'éloigne de l'émetteur.

II. Bilan des activités expérimentales.

1. Définition.

On appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière.

2. Les ondes transversales :

Une onde est transversale si la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est perpendiculaire à la direction de propagation.

Exemples :

- Onde le long d'une corde.
- Onde à la surface de l'eau.
- Onde de torsion sur l'échelle de perroquet.
- Certaines ondes sismiques.

3. Les ondes longitudinales :

Une onde est longitudinale si la direction du mouvement des éléments du milieu de propagation est parallèle à la direction de propagation.

Exemples :

- Onde le long dans un ressort.
- Onde de pression dans un solide, liquide ou gaz (onde sonore)
- Certaines ondes sismiques.

III. Propriétés générales des ondes.

1. Une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes (milieu à 1, 2 ou 3 dimensions)
2. La perturbation se propage de proche en proche. Il y a transfert d'énergie, sans transport de matière.
 - Dans la plupart des cas, on observe une diminution de l'amplitude de l'onde due à un transfert d'énergie au milieu de propagation (travail des forces de frottement, viscosité, friction).
 - Elongation : position d'un point du milieu par rapport à son position d'équilibre.
 - Amplitude : valeur maximale de l'élongation.
3. La vitesse de propagation d'une onde est une propriété du milieu.

- La célérité : $c = \frac{d}{\Delta t}$ $c \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$ $d \text{ (m)}$ $\Delta t \text{ (s)}$
- la célérité est caractéristique du milieu.
- La célérité est indépendante de la forme et de l'amplitude du signal (si l'amplitude reste faible)
- La célérité dépend du type d'onde qui se propage :

Une onde transversale à la surface de l'eau a une célérité beaucoup plus faible. qu'une onde de pression longitudinale qui se propage dans le liquide.
Voir TP n°2.

- la célérité d'une onde de torsion diminue quand on augmente l'inertie du milieu (augmente de la masse des masselottes) et quand on augmente la tension (tension du ruban élastique)
- La célérité dépend de la compressibilité du fluide :

La célérité d'une onde progressive est plus grande dans l'eau que dans l'air.

4. Deux ondes peuvent se croiser sans se perturber.

Voir page 26 du livre, figure 20.

Deux cailloux lancés dans l'eau génèrent des ondes circulaires qui se croisent sans se perturber.

IV. Onde progressive à une dimension.

1. Définition (voir livre page 27) : une onde mécanique progressive à une dimension est une onde qui ne se propage que dans une seule direction.
2. Notion de retard (voir livre page 27, figure 21).

La perturbation au point M' à l'instant t' est celle qui existait auparavant en un point M à l'instant $t = t' - \tau$

τ est le retard

$$\text{avec } \tau = \frac{MM'}{v} \quad \tau \text{ (s)} \quad MM' \text{ (m)} \quad v : \text{célérité (m.s}^{-1}\text{)}$$

La perturbation en un point à l'instant t est celle qu'avait la source à la date $t' = t - \tau$
Cette relation est valable pour les milieux non dispersifs.

Un milieu est dispersif si la célérité dépend de la fréquence de l'onde.