

Ondes mécaniques progressives périodiques

Niveau : 2ème Bac Sciences Physiques et Chimiques

Prof : AIT MAMA MOHAMED

Sommaire

- I. Ondes mécaniques progressives périodiques
- II. Exemples d'ondes périodiques
- III. Détermination expérimentale
- IV. Phénomène de diffraction
- V. Exercices avec solutions

1 Ondes mécaniques progressives périodiques

1.1 Définition

Onde périodique

Une onde est **périodique** si elle se répète identiquement à elle-même pendant des intervalles de temps égaux T (période).

Pour une onde **sinusoïdale** :

$$x(t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

où :

- $x(t)$: élongation (m)
- A : amplitude (m)
- T : période (s)
- φ : phase à l'origine (rad)

1.2 Exemples

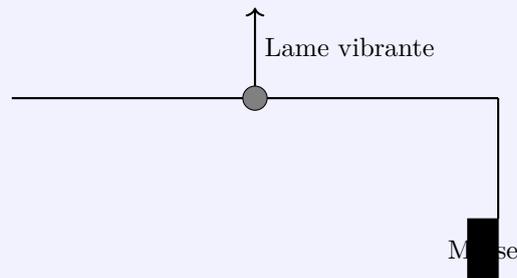
Exemples

- Onde le long d'une corde vibrante
- Ondes à la surface de l'eau
- Ondes sonores

2 Exemples d'ondes mécaniques progressives périodiques

2.1 Onde le long d'une corde

Expérience corde vibrante



Longueur d'onde :

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

2.2 Onde à la surface de l'eau

Ondes surface eau

- Ondes **circulaires** : perturbation ponctuelle
- Ondes **rectilignes** : lame vibrante

2.3 Ondes sonores et ultrasonores

Ondes sonores

- Ondes **longitudinales** nécessitant un milieu matériel
- Célérité : $v_{\text{gaz}} < v_{\text{liquide}} < v_{\text{solide}}$
- **Ultrasons** : $\nu > 20 \text{ kHz}$ (inaudibles, se réfléchissent sur obstacles)

3 Détermination expérimentale de la vitesse de propagation

3.1 Comparaison de deux points

Vibration en phase

Deux points vibrent **en phase** si :

$$MM' = k\lambda \quad (k \in \mathbb{N}^*)$$

En opposition de phase si :

$$MM' = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

3.2 Expérience des deux microphones

Mesure célérité du son

Pour $\nu = 103 \text{ Hz}$, on mesure les distances entre positions en phase :

$$34 \text{ cm}, 68 \text{ cm}, 102 \text{ cm}, 136 \text{ cm}$$

La longueur d'onde est :

$$\lambda = 34 \text{ cm}$$

$$v = \lambda\nu = 0,34 \times 103 \approx 35 \text{ m/s}$$

4 Phénomène de diffraction

4.1 Définition

Diffraction

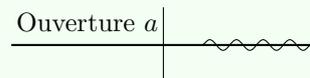
Phénomène caractéristique des ondes qui se manifeste lorsque :

$$a \approx \lambda$$

où a est la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle.

4.2 Onde diffractée à la surface de l'eau

Diffraction des ondes



La diffraction est d'autant plus marquée que a est petit devant λ .

5 Exercices avec solutions

5.1 Exercice 1

Exercice 1

Ondes à la surface de l'eau ($f = 17 \text{ Hz}$, $d = 6,0 \text{ cm}$ entre points A et B).

1. Représenter la longueur d'onde.
2. Déterminer λ .
3. Calculer la célérité v .
4. Comparer les mouvements du vibreur S et d'un point M à $8,5 \text{ cm}$.

Solution Exercice 1

1. Sur la figure, mesurer la distance entre deux crêtes successives.
2. Graphiquement, $\lambda = 2,0 \text{ cm}$.
3. $v = \lambda f = 0,02 \times 17 = 0,34 \text{ m/s}$.
4. Calculer le retard $\tau = \frac{SM}{v} = \frac{0,085}{0,34} = 0,25 \text{ s}$.

Comparer avec la période $T = \frac{1}{17} \approx 0,059 \text{ s}$.

$\frac{\tau}{T} \approx 4,25$ donc M est en opposition de phase avec S.

5.2 Exercice 2

Exercice 2

Mesure de la célérité du son ($d_1 = 41 \text{ cm}$, $d_2 = 61,5 \text{ cm}$).

1. Déterminer T à partir du graphique ($0,1 \text{ ms/div}$).
2. Calculer λ .
3. Déterminer v .

Solution Exercice 2

1. Sur l'oscilloscope, 1 division = 0,1 ms.
Si une période correspond à 2 divisions : $T = 0,2 \text{ ms} = 2 \times 10^{-4} \text{ s}$.
2. $\lambda = d_2 - d_1 = 61,5 - 41 = 20,5 \text{ cm}$.
3. $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,205}{2 \times 10^{-4}} = 1025 \text{ m/s}$.

5.3 Exercice 3**Exercice 3**

Onde rectiligne à la surface de l'eau ($N = 50 \text{ Hz}$, $d = 15 \text{ mm}$).

1. Déterminer λ .
2. Calculer v .
3. Retard τ pour un point M.
4. Nouvelle vitesse pour $N' = 2N$ et $\lambda' = 3 \text{ mm}$.
5. Milieu dispersif ?
6. Diffraction pour $a = 4 \text{ mm}$ et $a = 10 \text{ mm}$.

Solution Exercice 3

1. Graphiquement, $\lambda = 6 \text{ mm}$.
2. $v = \lambda N = 0,006 \times 50 = 0,3 \text{ m/s}$.
3. $\tau = \frac{SM}{v}$ (distance SM à mesurer sur la figure).
4. $v' = \lambda' N' = 0,003 \times 100 = 0,3 \text{ m/s}$.
5. Non dispersif car $v = v'$ malgré ν différent.
6. Pour $a = 4 \text{ mm} < \lambda$: forte diffraction.
Pour $a = 10 \text{ mm} > \lambda$: faible diffraction.

5.4 Exercice 4**Exercice 4**

Mesure de la célérité des ultrasons dans le pétrole ($L = 1,84 \text{ m}$, $v_{\text{air}} = 340 \text{ m/s}$).

1. Nature des ultrasons ?
2. Déterminer τ (2 ms/div).
3. Montrer que $\tau = L \left(\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_p} \right)$.
4. Calculer v_p .

Solution Exercice 4

1. Ultrasons sont des ondes **longitudinales** (comme toutes les ondes sonores).
2. Sur l'oscilloscope, si le décalage est de 3 divisions :
 $\tau = 3 \times 2 = 6 \text{ ms} = 6 \times 10^{-3} \text{ s}$.
3. $\tau = t_{\text{air}} - t_{\text{pétrole}} = \frac{L}{v_{\text{air}}} - \frac{L}{v_p}$.
4. $6 \times 10^{-3} = 1,84 \left(\frac{1}{340} - \frac{1}{v_p} \right)$
Résolution donne $v_p \approx 1320 \text{ m/s}$.

Fin de la séance - Bon travail !