Propagation d'une onde

Bac S 2006 La Réunion (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

I.1 Définir une onde transversale et une onde longitudinale. À quelle catégorie appartient l'onde créée par la goutte d'eau ?

Onde **transversale** : la perturbation du milieu se fait dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation.

Onde **longitudinale** : la perturbation du milieu se fait dans la même direction que la propagation.

Ici, l'eau se soulève verticalement alors que l'onde avance horizontalement à la surface.

L'onde créée par la goutte d'eau est **transversale**.

COMPRENDRE
Exemples à connaître : onde le long d'une corde (transversale), onde sonore ou compression d'un ressort (longitudinale). Dans tous les cas, l'onde transporte de l'énergie sans transport de matière.

I.2 Calculer la célérité c de l'onde pour les deux épaisseurs d'eau du document 1.

Données utiles 24 images par seconde ; document 1 à l'échelle 1 ; fronts d'onde des images n° 1, 7, 8 et 14

Durée entre deux images consécutives : $\tau = \dfrac{1}{24}$ s.

Épaisseur $e_1 = 3$ mm : de l'image n° 1 à l'image n° 7, il y a 6 intervalles, donc $\Delta t_1 = 6\,\tau$. Sur le document, le front d'onde a avancé de $d_1 = 4{,}8$ cm (mesure le long de l'axe en pointillés).

$$c_1 = \frac{d_1}{\Delta t_1} = \frac{4{,}8}{6 \times \frac{1}{24}} = 19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Épaisseur $e_2 = 1$ mm : de l'image n° 8 à l'image n° 14, $\Delta t_2 = 6\,\tau$ et $d_2 = 4{,}0$ cm.

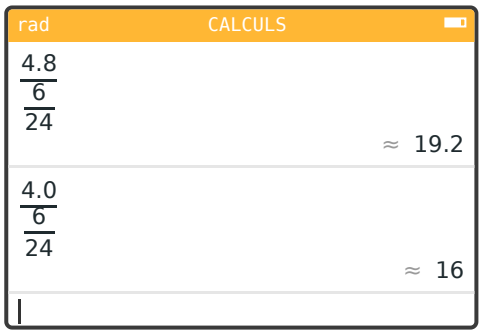
$$c_2 = \frac{d_2}{\Delta t_2} = \frac{4{,}0}{6 \times \frac{1}{24}} = 16 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

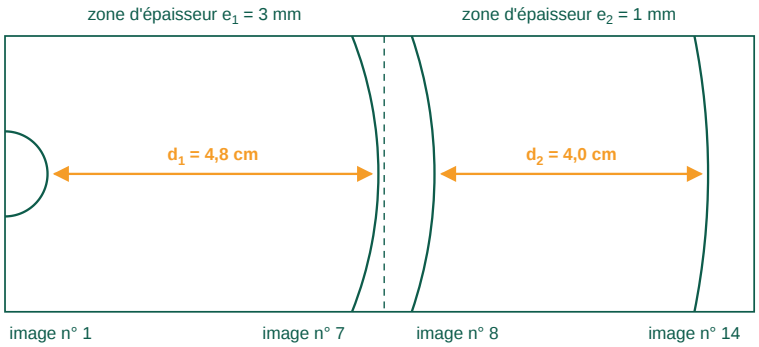
$c_1 = 19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (soit $0{,}19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) pour e_1 et $c_2 = 16 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (soit $0{,}16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) pour e_2.

PIÈGE
Entre l'image n° 1 et l'image n° 7, il y a 6 intervalles de temps, pas 7. Ne pas utiliser les images n° 7 et n° 8 ensemble : entre les deux, le front change de zone.

COMPRENDRE
Les distances sont mesurées à la règle au millimètre près : deux chiffres significatifs, donc deux chiffres pour la célérité. Un écart d'un millimètre sur la mesure reste accepté.

À LA CALCULATRICE





I.2 · Document 1 : distances parcourues par le front d'onde dans chaque zone

I.3 Comment varie, dans cet exemple, la célérité c de l'onde en fonction de l'épaisseur de l'eau ?

Données utiles $c_1 = 19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ pour $e_1 = 3$ mm et $c_2 = 16 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ pour $e_2 = 1$ mm (I.2)

$e_2 < e_1$ et $c_2 < c_1$.

La célérité de l'onde diminue quand l'épaisseur de l'eau diminue.

II.1 Comment appelle-t-on la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) successives ? Quelle relation la lie à la célérité c et à la période T ?

Cette distance est la **longueur d'onde** λ : c'est la période spatiale de l'onde, c'est-à-dire la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

$\lambda = cT$, avec λ en m, c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et T en s.

II.2 À l'aide du document 2, calculer la célérité c de l'onde périodique pour les deux épaisseurs d'eau. Quelle est l'influence de l'épaisseur de l'eau sur cette célérité ?

Données utiles $f = 24$ Hz ; document 2 à l'échelle 1

Comme $T = \dfrac{1}{f}$, la relation $\lambda = cT$ donne $c = \lambda f$.

Pour gagner en précision, on mesure plusieurs longueurs d'onde à la fois.

Épaisseur e_1 : $4\lambda_1 = 4{,}2$ cm, soit $\lambda_1 = 1{,}05$ cm.

$$c_1 = \lambda_1 f = \frac{4{,}2}{4} \times 24 = 25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Épaisseur e_2 : $5\lambda_2 = 4{,}2$ cm, soit $\lambda_2 = 0{,}84$ cm.

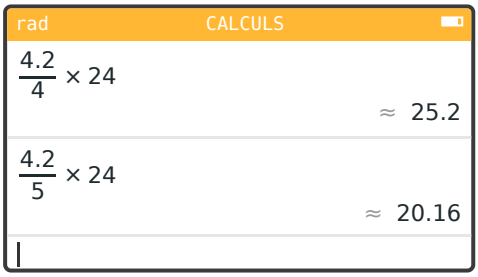
$$c_2 = \lambda_2 f = \frac{4{,}2}{5} \times 24 = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$c_1 = 25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ et $c_2 = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$: comme au I.3, la célérité diminue quand l'épaisseur de l'eau diminue.

COMPRENDRE
La fréquence est imposée par le vibreur : elle est la même dans les deux zones. Les franges se resserrent en eau peu profonde, donc λ diminue et $c = \lambda f$ aussi.

MÉTHODE
Mesurer n longueurs d'onde d'un coup puis diviser par n : l'incertitude de lecture (environ 1 mm) est elle aussi divisée par n.

À LA CALCULATRICE



II.3 Calculer la célérité c de l'onde périodique pour chaque enregistrement. Comment évolue cette célérité en fonction de la fréquence de l'onde ?

Données utiles f (Hz) : 12 ; 24 ; 48 ; 96 et λ (m) : 0,018 ; 0,0097 ; 0,0059 ; 0,0036

On applique $c = \lambda f$ à chaque enregistrement :

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036
c ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0,22	0,23	0,28	0,35

La célérité augmente quand la fréquence augmente : elle dépend de la fréquence, l'eau est un milieu **dispersif** pour ces ondes.

COMPRENDRE
À 24 Hz, on retrouve $\lambda \approx 1$ cm et $c \approx 0{,}23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, proches des valeurs du II.2 pour l'épaisseur e_1 : les deux expériences sont cohérentes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.018 × 12 ≈ 0.216

0.0097 × 24 ≈ 0.2328

0.0059 × 48 ≈ 0.2832

0.0036 × 96 ≈ 0.3456

III.1.1 Comment se nomme le phénomène observé sur l'écran ?

La lumière s'étale après la fente : on observe une tache centrale large, encadrée de taches secondaires séparées par des extinctions.

C'est le phénomène de **diffraction**.

III.1.2 Calculer la longueur d'onde du faisceau laser, sachant que $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ et que $\theta \approx \tan\theta$.

Données utiles $a = 0{,}08$ mm ; $D = 3{,}00$ m ; largeur de la tache centrale $l = 4{,}7$ cm (figure 2)

Dans le triangle rectangle formé par la fente, le centre de la tache centrale et la première extinction :

$$\tan\theta = \frac{l/2}{D} = \frac{l}{2D}$$

L'angle étant petit, $\theta \approx \tan\theta = \dfrac{l}{2D}$. Or $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, donc $\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{l}{2D}$ et

$$\lambda = \frac{a\,l}{2D} = \frac{0{,}08 \times 10^{-3} \times 4{,}7 \times 10^{-2}}{2 \times 3{,}00} = 6 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda = 6 \times 10^{-7}$ m, soit environ 600 nm.

PIÈGE
l est la largeur totale de la tache centrale : l'angle θ correspond à la demi-largeur $l/2$. Oublier le facteur 2 double la longueur d'onde. Convertir a et l en mètres.

COMPRENDRE
$a = 0{,}08$ mm n'a qu'un chiffre significatif : le résultat n'en garde qu'un. La valeur trouvée est bien dans le domaine visible (400 à 800 nm), côté orangé-rouge.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.08 \times 10^{-3} \times 4.7 \times 10^{-2}}{2 \times 3.00} \approx 6.266667 \times 10^{-7}$

III.2.1 Calculer la vitesse de déplacement des vagues à la surface de l'océan.

Données utiles vagues espacées de 230 m ; une vague remplace la précédente en 12 s

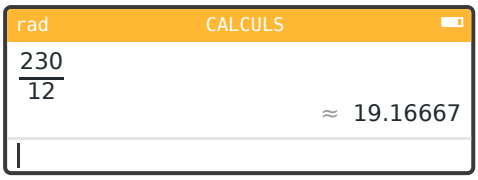
La distance entre deux vagues successives est la longueur d'onde : $\lambda = 230$ m. La durée au bout de laquelle une vague remplace la précédente est la période : $T = 12$ s.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{230}{12} = 19\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 19\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
La vitesse du vent ($65\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) et la hauteur des vagues (1 m) sont des données inutiles ici : la vitesse des vagues n'est pas celle du vent.

À LA CALCULATRICE



III.2.2 La houle arrive sur un port dont l'ouverture a une largeur $a = 200$ m. Le bateau stationné au fond du port risque-t-il d'en ressentir les effets ? Justifier à l'aide d'un schéma.

Données utiles $\lambda = 230$ m ; $a = 200$ m

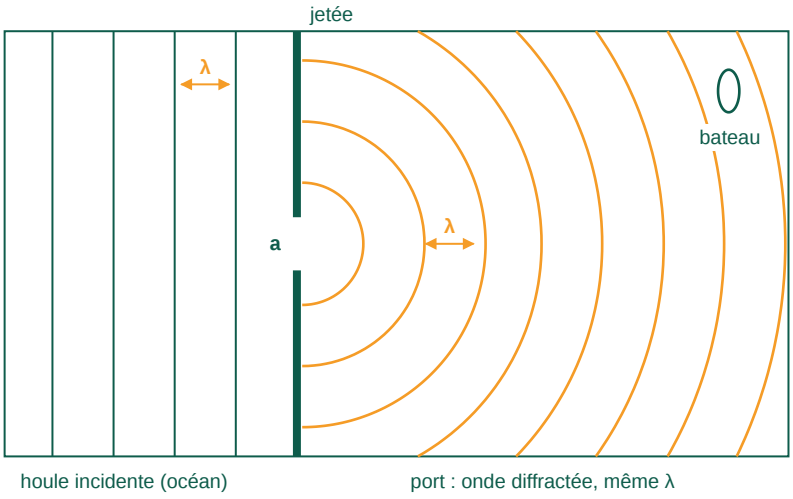
L'ouverture du port a une largeur $a = 200$ m du même ordre de grandeur que la longueur d'onde de la houle ($\lambda = 230$ m), et même un peu plus petite : la houle est **diffractée** par l'ouverture.

L'ouverture se comporte alors comme une source : derrière les jetées, l'onde devient circulaire et se propage dans toutes les directions, avec la même longueur d'onde λ.

Oui : l'onde diffractée atteint tout le port, le bateau ressentira la houle bien qu'il ne soit pas en face de l'ouverture.

PIÈGE
Sur le schéma, garder le même écart entre les vagues avant et après l'ouverture : la diffraction ne change ni la longueur d'onde ni la fréquence.

COMPRENDRE
Sans diffraction (a très grand devant λ), la houle ne passerait que dans le couloir situé face à l'ouverture et le bateau serait à l'abri derrière la jetée.



III.2.2 · Document 4 complété : houle diffractée par l'ouverture du port