Propagation d'une onde le long d'une corde

Bac S 2005 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Préciser la direction de propagation de l'onde et la direction du mouvement du point M.

La perturbation avance le long de la corde, posée à plat sur le sol : la propagation se fait suivant l'**horizontale**.

Le point M monte puis redescend, comme la main qui a donné la secousse : son mouvement est **vertical**.

Propagation horizontale (le long de la corde) ; mouvement de M vertical.

PIÈGE
Confondre les deux mouvements : M ne se déplace pas le long de la corde. Une onde transporte de l'énergie, pas de matière ; après le passage de la perturbation, M retrouve sa position initiale.

1.2 En déduire si l'onde est transversale ou longitudinale.

Le mouvement de M (vertical) est perpendiculaire à la direction de propagation (horizontale).

L'onde est **transversale**.

COMPRENDRE
Une onde est longitudinale quand les points du milieu bougent parallèlement à la direction de propagation : c'est le cas du son dans l'air ou d'une compression le long d'un ressort.

2.1 Définir puis calculer la célérité de l'onde.

Données utiles $\Delta t = 0{,}25$ s entre deux photos ; figure 2 : deux traits verticaux voisins sont distants de $1{,}00$ m

La célérité v est la vitesse de propagation de l'onde : c'est le quotient de la distance d parcourue par la perturbation par la durée τ mise pour la parcourir, $v = \dfrac{d}{\tau}$.

Sur la figure 2, de la photo 6 à la photo 8, l'avant de la perturbation (son front) passe d'un trait vertical au suivant : $d = 1{,}00$ m, pendant $\tau = 2\,\Delta t = 0{,}50$ s.

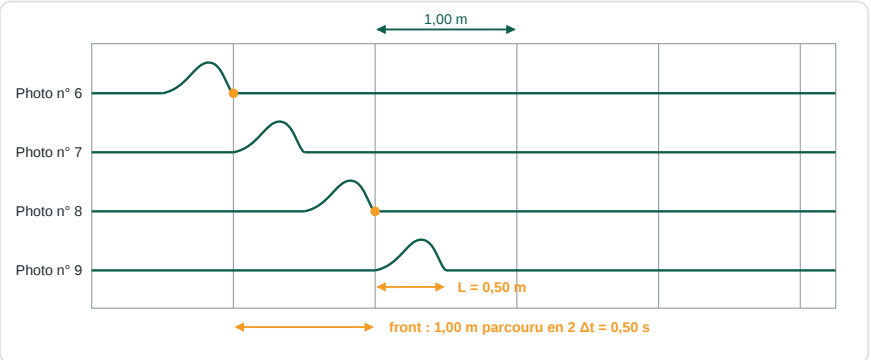
$$v = \frac{1{,}00}{0{,}50} = 2{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 2{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Compter les photos au lieu des intervalles : de la photo 6 à la photo 8, il y a deux intervalles, soit $0{,}50$ s et non $0{,}75$ s.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $\Delta t = 0{,}25$ s, la donnée la moins précise. On garde ce nombre de chiffres dans toute la suite.

MÉTHODE
Repérer toujours le même point de la perturbation (ici le front, à l'avant) sur deux photos éloignées : entre les photos 6 et 8, il tombe exactement sur deux traits du quadrillage, la lecture est sûre.



2.1 · Figure 2 du sujet : avancée du front entre les photos 6 et 8, longueur L de la perturbation

2.2 Pendant quelle durée un point de la corde est-il en mouvement ?

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; figure 2

Un point est en mouvement depuis l'arrivée du front jusqu'au passage de l'arrière de la perturbation. Sur la figure 2, la perturbation s'étend sur une demi-division : $L = 0{,}50$ m.

Elle défile entièrement devant le point en une durée :

$$\theta = \frac{L}{v} = \frac{0{,}50}{2{,}0} = 0{,}25\ \text{s}$$

$\theta = 0{,}25$ s

COMPRENDRE
Vérification sur la figure 3 : l'altitude de A s'écarte de zéro entre $1{,}50$ s et $1{,}75$ s, soit pendant $0{,}25$ s. Chaque point de la corde reproduit le mouvement de la source pendant la même durée.

3.1 Lequel des deux points A et B est touché le premier par la perturbation ?

Sur la figure 3, z_A cesse d'être nulle à la date $t_A = 1{,}50$ s, alors que z_B ne quitte zéro qu'à $t_B = 2{,}00$ s.

Comme $t_A < t_B$:

Le point **A** est touché le premier.

MÉTHODE
Sur un graphe $z(t)$ tracé pour un point donné, la date d'arrivée de l'onde est l'instant où la courbe décolle de l'axe des abscisses.

3.2 Lequel de ces deux points est situé le plus près du point source S ?

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; $t_A = 1{,}50$ s et $t_B = 2{,}00$ s (3.1)

L'onde part de S à $t_0 = 0$ s et se propage à célérité constante : elle atteint d'abord les points les plus proches de la source. La distance d'un point à S vaut $v\,t$:

$SA = v\,t_A = 2{,}0 \times 1{,}50 = 3{,}0$ m $\qquad$ $SB = v\,t_B = 2{,}0 \times 2{,}00 = 4{,}0$ m

$SA < SB$: le point **A** est le plus proche de S.

3.3 Quel retard le point touché en second présente-t-il par rapport au point touché en premier ?

Données utiles $t_A = 1{,}50$ s ; $t_B = 2{,}00$ s (3.1)

B reproduit le mouvement de A avec un retard :

$$\tau = t_B - t_A = 2{,}00 - 1{,}50 = 0{,}50\ \text{s}$$

$\tau = 0{,}50$ s

COMPRENDRE
Les deux courbes de la figure 3 ont la même forme : celle de B est celle de A décalée de τ vers la droite. C'est la signature d'une onde progressive.

3.4 Quelle est la valeur de la distance séparant les points A et B ?

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; $\tau = 0{,}50$ s (3.3)

Pendant le retard τ, la perturbation va de A à B à la célérité v :

$$AB = v\,\tau = 2{,}0 \times 0{,}50 = 1{,}0\ \text{m}$$

$AB = 1{,}0$ m

COMPRENDRE
Résultat cohérent avec la question 3.2 : $SB - SA = 4{,}0 - 3{,}0 = 1{,}0$ m.

3.5 Un point C commence son mouvement à la date $t_C = 0{,}50$ s. Préciser sa position par rapport à A, puis représenter A, B et C par rapport à S (échelle : 2 cm pour 1 m).

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; $SA = 3{,}0$ m et $SB = 4{,}0$ m (3.2)

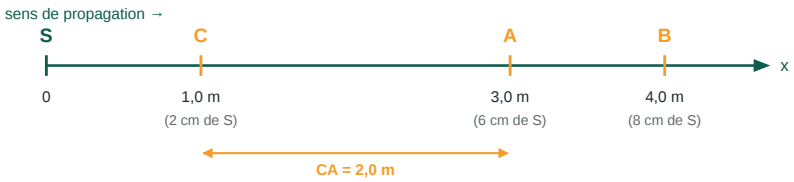
$t_C < t_A$: C est atteint avant A, il se trouve donc entre S et A.

$SC = v\,t_C = 2{,}0 \times 0{,}50 = 1{,}0$ m, donc $CA = SA - SC = 3{,}0 - 1{,}0 = 2{,}0$ m.

Sur le schéma, à l'échelle demandée : C à 2 cm de S, A à 6 cm et B à 8 cm, tous du même côté de S.

C est situé $2{,}0$ m avant A, entre S et A, à $1{,}0$ m de la source.

PIÈGE
Placer C au-delà de A parce qu'on trouve une distance de $2{,}0$ m. Le signe du retard donne le sens : C bouge $1{,}00$ s avant A, il est du côté de la source.



3.5 · Positions de S, C, A et B le long de la corde (sur la copie : 2 cm pour 1 m)

4.1 La forme de la perturbation modifie-t-elle la célérité ?

Dans les expériences 1-a et 1-b (figure 4), le point K commence à bouger à la même date, $t = 1{,}50$ s, alors que les deux perturbations n'ont pas la même forme.

La même distance $d = SK$ est parcourue pendant la même durée : $v = \dfrac{d}{t}$ a la même valeur.

La forme de la perturbation ne modifie pas la célérité.

PIÈGE
En 1-b, la perturbation commence par un creux : la date d'arrivée est le début de ce creux, pas le sommet de la bosse qui suit.

MÉTHODE
Dans toute la partie 4, la distance $d = SK$ est fixe : comparer les célérités revient à comparer les dates d'arrivée en K. Plus l'onde arrive tôt, plus elle est rapide.

4.2 La tension de la corde modifie-t-elle la célérité et si oui, dans quel sens ?

Figure 5 : la perturbation atteint K à $t \approx 1{,}5$ s dans l'expérience 2-a et à $t \approx 0{,}8$ s dans l'expérience 2-b.

Pour la même distance d, la durée est plus courte en 2-b : la célérité y est plus grande. Or la corde est plus tendue en 2-b.

Oui : la célérité augmente quand la tension de la corde augmente.

COMPRENDRE
Une seule grandeur change entre 2-a et 2-b (la tension) : même corde, même forme de perturbation. C'est ce qui permet d'attribuer l'écart de célérité à la tension.

4.3 La masse linéique de la corde modifie-t-elle la célérité et si oui, dans quel sens ?

Figure 6 : la perturbation atteint K à $t = 1{,}00$ s dans l'expérience 3-a et à $t = 1{,}50$ s dans l'expérience 3-b.

Pour la même distance d, la durée est plus courte en 3-a : la célérité y est plus grande. Or la corde 3-a a la masse linéique la plus faible.

Oui : la célérité diminue quand la masse linéique μ de la corde augmente.

COMPRENDRE
Ces deux résultats se résument par $v = \sqrt{F/\mu}$, avec F la tension de la corde. Cette relation n'est pas à connaître ; elle montre que la célérité dépend du milieu, pas de la source.