

Exercices d'application : Questions courtes, Fresnel, onde unidimensionnelle, cuve à ondes battements, lecture sur une cuve à ondes,

Culture en sciences physiques : Questions courtes, Fresnel, cuve à onde, battements, onde stationnaire et battements, ondes croisées, courbes de Lissajous

Corrigés en TD : Questions courtes, Fresnel, cuve à ondes, battements, lecture sur une cuve à ondes, onde stationnaire et battements

Exercice 1 : Questions courtes

1. À quelle distance se trouve un orage si on entend le tonnerre 5 s après avoir vu l'éclair ?
2. Que se passe-t-il si on inverse les fils de l'un des hauts-parleurs d'une paire.
3. Est-il important de se placer en face de hauts-parleurs musicaux pour bien entendre. On pourra distinguer selon la fréquence du son.
4. Comparer la vitesse des ondes de corde vibrante sur une guitare le si à 240 Hz par exemple et celle du son.

Exercice 2 : Représentation de Fresnel

Déterminer graphiquement l'amplitude et la phase des sinusoides suivantes :

1. $\cos(\omega t) + \cos(\omega t + \pi)$,
2. $\cos(\omega t) + 2 \sin(\omega t)$,
3. $\cos(\omega t) + 3 \cos(\omega t + \pi/4)$.

Exercice 3 : Onde unidimensionnelle

Deux sources ponctuelles distantes d'une distance d émettent chacune une onde progressive sinusoidale unidimensionnelle de même fréquence f et de même amplitude se propageant à la même vitesse c , dans le même sens. Leur déphasage à l'origine est pris nul.

1. Placer, pour chaque onde séparément, les points où la perturbation est maximale :
 - à $t = 0$,
 - à $t = 1/(2f)$,
 - à $t = 1/(4f)$.
2. En déduire l'allure de la somme des deux ondes pour $d = \frac{c}{f}; \frac{c}{2f}; \frac{c}{4f}$.
3. Retrouver ce résultat en écrivant le champ des perturbations.

Exercice 4 : Cuve à ondes

On observe sur une cuve à ondes une distance entre crêtes de 5 mm et la figure est immobile pour une fréquence du stroboscope de 80 Hz. Que peut-on en déduire concernant la vitesse des ondes se propageant à la surface ?

Exercice 5 : Battements

Deux cordes identiques 1 et 2 de longueur 70 cm vibrent avec une fréquence fondamentale de 250 Hz.

1. On raccourcit la longueur vibrante de l'une des cordes de 1 cm. Quelle est la fréquence du battement qu'on entend quand on fait sonner les deux cordes en même temps ?
2. La vitesse des ondes transverses se propageant le long d'une corde vibrante varie comme la racine de la tension.
 - (a) Exprimer le rapport de leurs fréquences fondamentales en fonction du rapport de leurs tensions quand celles-ci sont différentes mais qu'elles ont même longueur.
 - (b) Quelle doit être la variation relative de tension sur l'une des cordes pour qu'on entende des battements avec une fréquence de 2 Hz. On utilisera le fait que les variations relatives de fréquence et de tensions sont petites devant un.

Exercice 6 : Lecture sur une cuve à ondes

Les images de la figure 1 représentent l'état de la surface d'une cuve à ondes à différents instants. Une zone claire représente une crête et une zone sombre un creux. La surface est excitée par deux sources, distances de 8 cm.

1. On a mesuré une vitesse de propagation de $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Déterminer la fréquence à laquelle vibrent les sources.
2. Les trois images de la figure 1 ont été prises à des intervalles de temps réguliers. On note Δt la durée entre deux images. Déterminer la plus petite valeur de Δt possible et classer les trois images par ordre chronologique.
3. (a) Comment varie l'amplitude de l'onde au point A avec le temps ? Justifier ce comportement en calculant le déphasage en ce point entre les ondes issues des deux sources.
(b) Même question pour le point B.

Exercice 7 : Onde stationnaire

On considère deux ondes unidimensionnelles contrapropageantes. L'impulsion sur chacune est formée d'une seule période d'une oscillation rectangulaire symétrique, de même fréquence f .

Tracer l'allure de l'onde somme :

- quand les deux fronts se rencontrent (instant qu'on définira comme $t = 0$),
- pour $t = T/4$,
- pour $t = 3T/8$,
- pour $t = T/2$,
- pour $t = 3T/4$,
- pour $t > 2T$

On distinguera deux cas selon la phase relative des deux ondes. Interpréter en termes d'ondes stationnaire.

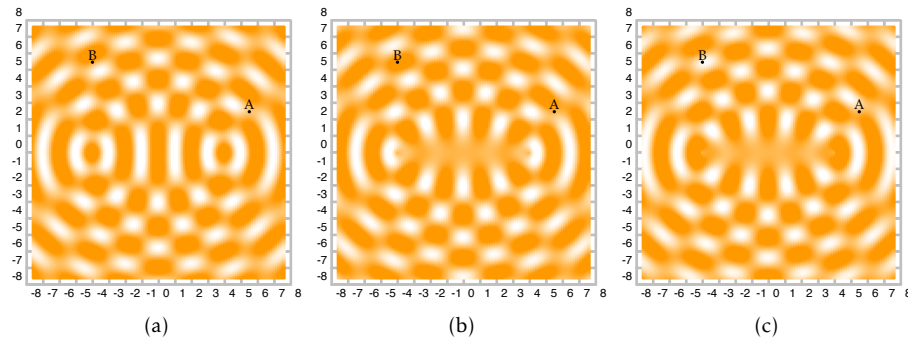


FIGURE 1 – Simulations d'une cuve à ondes. Les échelles sont en cm.

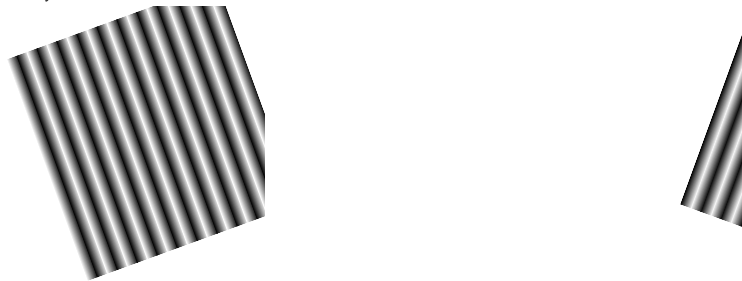
Exercice 8 : Onde stationnaire et battements

On considère deux ondes unidimensionnelles contrapropageantes de même amplitude et de fréquences proches, respectivement f_0 et $f_0 + \Delta f$, avec $\Delta f \ll f_0$. On note c leur vitesse commune et on considère pour simplifier que la phase de chacune est nulle à $t = 0$ à l'origine $x = 0$.

1. Déterminer le champ des perturbations.
2. Décrire précisément ce qu'on observe quand Δf est non nul et positif.

Exercice 9 : Ondes unidimensionnelles croisées

On considère deux ondes planes unidimensionnelles sinusoïdales de même fréquence, de même amplitude et contrapropageantes dont les directions de propagation font un angle α assez faible entre elles : la direction de l'une est donnée par $\cos(\alpha/2)\vec{e}_x + \sin(\alpha/2)\vec{e}_y$ pour l'une et $-\cos(\alpha/2)\vec{e}_x + \sin(\alpha/2)\vec{e}_y$ pour l'autre (voir ci-dessous) :



1. Représenter les fronts où la perturbation est respectivement maximale, minimale et nulle pour chaque onde aux instants $t = 0$ et $t = \frac{\pi}{2\omega}$. En déduire l'allure de la figure d'interférences.

2. Retrouver ce résultat en déterminant l'expression du champ des perturbations.

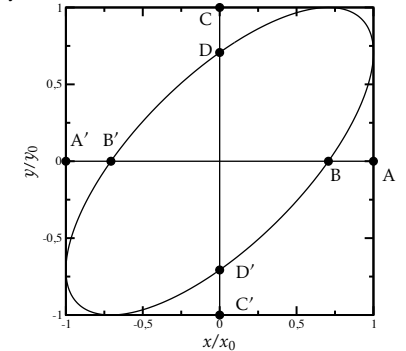
Exercice 10 : Courbes de Lissajous

Un point est animé d'un mouvement plan. Ses coordonnées x et y sont données par :

$$x = x_0 \cos \omega_x t \quad y = y_0 \cos(\omega_y t + \varphi)$$

Les trajectoires obtenues sont nommées *courbes de Lissajous*.

1. À quelles conditions la trajectoire est-elle fermée? Quelle caractéristique présente alors le mouvement?
2. Tracer l'allure de la trajectoire correspondant à $\omega_y = 3\omega_x; \varphi = 0$
3. Donner les équations des trajectoires correspondant à $\omega_x = \omega_y$ et $\varphi = 0$ puis $\varphi = \pi/2$ et $\varphi = \pi$, et tracer ces courbes.



4. On peut montrer que la trajectoire est toujours une ellipse si $\omega_x = \omega_y$. Montrer que dans ce cas a : $|\sin \varphi| = \frac{B'B}{A'A} = \frac{D'D}{C'C}$, ces distances étant définies sur la trajectoire ci-dessus, pour $\varphi = \pi/4$.