EXERCICES ONDES & LUMIERE

Exercices : Ondes mécaniques

1. Une onde se propage à la vitesse de 40 cm/s. Sa fréquence est de 50 Hz. Quelle est sa longueur d'onde ?

2. Une onde a une longueur d'onde de 1.20 m et sa vitesse est de 96 m/s. Quelle est sa fréquence ?

3. Des oscillations transversales partent d'un point O et se propagent avec une vitesse de 3 m/s. L'amplitude des ondes est de 10 cm et la période est de ¼ s. Déterminez la longueur d'onde. Après combien de temps, une particule située à 120 cm de O commence-t-elle son oscillation ?

4. a) La fréquence de l'onde sonore associée à la voix humaine est de l'ordre de 500 Hz. Pour cette fréquence, déterminer la longueur d'onde sonore dans l'air (c=340m/s à 20°C).
   b) Comparer cette longueur d'onde à celle des ondes électromagnétiques FM émise par RTL 92,5MHz (c = $3 \cdot 10^8$ m/s)

5. Onde progressive

A) Etude de la source S

L'équation du mouvement d'une source est de la forme $y(t) = Y_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi)$. La période du mouvement est égale à 8 s. La trajectoire est un segment de droite de 12 cm de longueur. A l'origine des temps la source passe par sa position d'équilibre et se déplace vers le bas. Déterminer :

a) les valeurs des trois paramètres Y_0, ω et φ ; (Y_0 = 6 cm ; $\omega = \pi/4$; $\varphi = \pi$)

b) l'élongation y, la vitesse v_y et l'accélération a_y de la source après 1 s ;
(y = -4,24 cm ; v_y = -3,33 cm/s ; a_y = 2,62 cm/s^2)

c) le temps au bout duquel la source se trouve pour la première fois à 3 cm au-dessus de la position d'équilibre. (t = 4,67 s)

B) Etude de la propagation

On suppose que le mouvement vibratoire se propage sans amortissement dans le milieu environnant, la période dans l'espace (où longueur d'onde) étant égale à 320 cm. Calculer :

a) la célérité c dans le milieu considéré ; (c = 0,4 m/s)

b) l'élongation y_M, à l'instant t = 6 s, d'un point M du milieu situé à 20 cm de la source.
(y_M = 5,54 cm)

6. L’extrémité S d’une corde est reliée à un vibreur harmonique transversal de fréquence f = 50 Hz et d’amplitude 2 cm. On suppose qu’il n’y a pas de réflexion à l’autre extrémité de la corde. Cette corde, de masse linéaire μ = 200 g/m, est tendue par un poids de 20 N.

   (On définit un axe Ox parallèle à la corde, orienté dans le sens de propagation des ondes et tel que $x_0 = 0$.)

   a) Calculer la célérité et la longueur d’onde sur la corde.

   b) Montrer que le point N d’abscisse x_N = 1,2 m est en phase avec la source O. Trouver un point de la corde qui est en opposition de phase avec N et O.

   c) L’origine des temps correspond à un passage de la source O par sa position d’élongation maximale. Déterminer l’équation d’onde.

   ($y_M(x;t) = 0{,}02 \cdot \sin[2\pi(t/0{,}02 - x/0{,}2) + \pi/2]$)

   d) Déterminer l’élongation y_S du point S ainsi que la vitesse de déplacement v_{Sy} du point S à l’instant t = 0,012 s. (y_S = –1,62 cm, v_{Sy} =3,69 m/s)

7. Une corde tendue très longue est excitée à l’une de ses extrémités par un mouvement transversal d’amplitude A = 10 cm et d’équation

$$y = A \cdot \sin(\frac{2\pi \cdot t}{T})$$

a) Etablir l’équation de l’onde progressive se propageant dans la corde. Expliquer ce qu’on entend par double périodicité de *ce phénomène*.

b) En admettant que la corde ait une masse de 100 g pour 10 m de longueur, et qu’elle soit soumise à une tension F = 15 N, calculer la célérité c du phénomène de propagation ainsi que sa longueur d’onde λ sachant que la fréquence vaut 16 Hz.

(c = 38,7 m/s ; λ = 2,42 m)

c) Ecrire l’équation du mouvement d’un point M distant de 5 m de la source. Calculer son élongation à l’instant t = 2,5 s.

($y_M(x;t) = y_M(5;t) = 0{,}1\sin\left[2\pi(16t - 2{,}07)\right]$); $y_M(5\,;2{,}5) = -4{,}01 \cdot 10^{-2}$ m)

d) A quelle distance se trouvent 2 points voisins vibrant en opposition de phase. Cette distance dépend-elle de la tension F ?

($\Delta x = \lambda/2 = \dfrac{1}{2f}\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$ = 1,21 m et dépend de F)

e) Comment faut-il varier F pour doubler la longueur d’onde? ($F' = 4 \cdot F$ = 60 N)

Interférences d’ondes mécaniques, ondes stationnaires

1. Ondes stationnaires. Par quelle force faut-il tendre une corde de longueur 0,5 m et de masse 0,8 g pour que le son fondamental émis soit le la de fréquence 220 Hz?
   Quelles sont les fréquences des deux premiers harmoniques après le son fondamental émis par cette corde dans les mêmes conditions?

   (F = 77,44 N ; f ‘=440 Hz f ‘’ 660 Hz)

2. La corde ré d’une guitare a pour fréquence fondamentale 293,7 Hz; la corde sol voisine vibre à 392 Hz. La longueur des parties vibrantes des deux cordes est 65 cm. On souhaite raccourcir la partie vibrante de l’une des deux cordes de manière qu’elle sonne à la même fréquence que l’autre.
   a) Quelle corde faut-il raccourcir?
   b) De combien faut-il la raccourcir?
   c) Quelle est la longueur d’onde de la vibration sonore produite alors par les deux cordes? (La célérité du son dans l’air est 340 m/s.)

   (<u>a :</u> raccourcir ré ; <u>b :</u> Δl = 16,3 cm ; <u>c :</u> λ = 86,7 cm)

3. Un vibreur S_1 est animé d'un mouvement oscillatoire sinusoïdal vertical de fréquence 30 Hz et d'amplitude 2 cm. A la date $t = 0$, il passe par sa position la plus basse.

a) Déterminer l'équation horaire de S_1 dans un repère Oy orienté vers le haut.

($y_{S1}(t) = 0{,}02\cdot\cos(60\pi\, t + \pi)$)

b) S_1 est relié à une corde élastique horizontale de longueur **56** cm sur laquelle prend naissance une onde qui progresse à la célérité de 2,4 m/s. Déterminer l'équation du mouvement d'un point M situé à la distance de x = 20 cm de S_1. Comparer l'état vibratoire de S_1 et de M.

($y_{M1}(0{,}2;t)= 0{,}02\cdot\cos(60\pi\, t)$, S_1 et M en opposition de phase)

c) A l'autre extrémité de la corde se trouve un deuxième vibreur S_2, identique à S_1 mais qui passe par sa position la plus haute à la date $t = 0$. Écrire l'équation horaire de S_2.

($y_{S2}(t) = 0{,}02\cdot\cos(60\pi\, t)$)

d) Comment peut-on qualifier les 2 sources S_1 et S_2? Peuvent-elles donner naissance à un phénomène d'interférences?

(S_1 et S_2 en opposition de phase donc cohérentes)

e) Écrire l'équation horaire du mouvement du même point M qu'en b) sous l'effet de l'onde progressive issue de S_2. Comparer l'état vibratoire de S_2 et de M.

($y_{M2}(0{,}2;t)= 0{,}02\cdot\cos(60\pi\, t +\pi)$, S_2 et M en opposition de phase)

f) Quel est l'état vibratoire du point M sous l'effet des ondes issues de S_1 et S_2 ensemble?

($y_M(0{,}2\,;t)=0 \Rightarrow$ M est un nœud)

4. Superposition de deux ondes progressives

Les équations d'onde de deux ondes voyageant en sens contraire sur une corde sont

$$y_1(x,t) = 0{,}03 \cdot \sin\left[\pi(10t + 2x)\right] \quad \text{et} \quad y_2(x,t) = 0{,}03 \cdot \sin\left[\pi(10t - 2x)\right]$$

(toutes les grandeurs sont indiquées en unités SI)

a) Déterminer la longueur d'onde et la période.

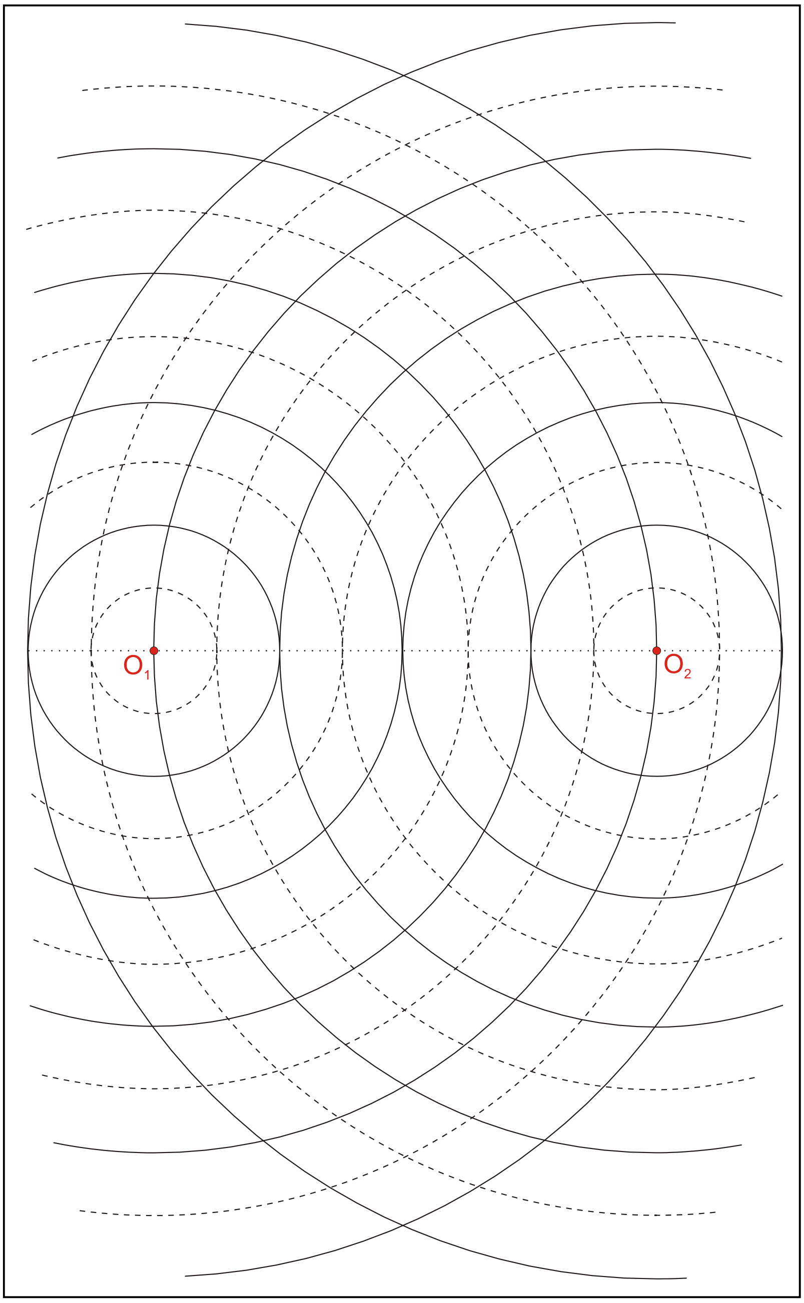
b) Ecrire l'équation d'onde de l'onde stationnaire qui résulte de la superposition des deux ondes. $y_M(x,t) = 0{,}06 \cdot \cos(2\pi x) \cdot \sin\left[10\pi t\right]$

c) Trouver la position des deux nœuds les plus près de $x = 0$ (pour $x > 0$). (x=1/4m et 3/4m)

d) Trouver la position des deux ventres les plus près de $x = 0$ (pour $x > 0$). (x=1/2m et 1m)

e) Trouver l'amplitude A à $x = \lambda/8$. (A=3$\sqrt{2}$ cm)

5. Exercez-vous à représenter toutes les franges d'interférence !



Interférences lumineuses

1. Une expérience d'interférences en lumière verte conduit aux résultats de mesure suivants:
   - distance séparant les centres de 11 franges brillantes consécutives: 10,0 mm
   - distance entre les fentes: 1,5 mm
   - distance entre le plan des fentes et l'écran: 2,80 m

   Calculer la longueur d'onde et la fréquence de la lumière verte. (λ = 535,7 nm)

2. Deux fentes deYoung sont séparées de 0,5 mm. Elles se trouvent à une distance D = 3 m d'un écran placé perpendiculairement à la médiatrice des 2 fentes. Calculer l'interfrange correspondant à la lumière rouge (700 nm) respectivement à la lumière violette (480 nm). En déduire une caractéristique des franges brillantes obtenues en lumière blanche.

   (i_r = 4,2 mm et i_v = 2,9 mm, bords irisés bleu vers la frange centrale et rouge de l'autre côté)

3. Un pinceau de lumière monochromatique émis par un laser hélium-néon éclaire deux fentes parallèles séparées par une distance a = 0,5 mm. Un écran est placé perpendiculairement au pinceau lumineux à une distance D = 2 m du plan des fentes.
   a. Dessiner le dispositif expérimental.
   b. Interpréter la formation des franges brillantes et obscures.
   c. Définir et calculer la différence de marche aux 2 fentes d'un point M de l'écran, pour en déduire la position des centres des franges brillantes et obscures.
   d. Préciser la nature de la frange centrale appartenant au plan médiateur des 2 fentes.
   e. Définir et calculer l'interfrange. Quelle est l'influence des différents paramètres sur l'interfrange? Comment doit-on modifier la distance entre les 2 fentes pour obtenir des franges plus espacées ?
   f. Calculer la longueur d'onde et la fréquence de la lumière émise par le laser, sachant que les centres de 6 franges consécutives de même nature sont espacés de 12,7 mm.

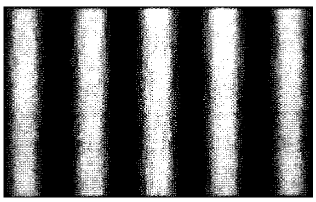
      (λ = 635nm, f = 472 THz)
   g. Est-ce que la longueur d'onde ou la fréquence change (ou aucune des deux), si le rayon lumineux se propage dans le verre? Calculer les nouvelles valeurs. (Dans le verre la célérité de la lumière vaut 200 000 km/s.)

      (f = 472 THz , λ = 424nm)

.

4. Pour un écart des fentes a=0,2 mm et un écran placé à 3 m on obtient pour une lampe au Na l'image d'interférence suivante.

   Calculer la longueur d'onde de la lumière.



échelle 1:1