

Exercices d'enrichissement sur les mouvements vibratoires-interférences T.S.E
LMMS 2017-2018

Exercice 1 :

- 1) Calcule la célérité du son dans l'air sec à 0°C.
- 2) Calcule la célérité du son dans le dihydrogène à 15°C sachant qu'à la même température sa célérité dans l'air est 340 m.s⁻¹.
- 3) Calcule à 15°C la célérité du son dans un mélange de dioxygène et de dihydrogène dont la composition en mélange est $\frac{1}{4}$ de dioxygène et $\frac{3}{4}$ de dihydrogène sachant qu'à 15°C dans l'air elle vaut 340 m.s⁻¹.
- 4) À quelle température devra-t-on porter un gaz de densité 1,44 et d'atomicité 2, sa pression restant constante, pour que la célérité du son y soit la même que dans l'air, pris dans les conditions normales ?

Exercice 2 :

La célérité du son dans un gaz de masse volumique μ et à la pression p se calcule par la relation :

$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot p}{\mu}}$$

- 1) En utilisant l'équation des gaz parfaits ($p \cdot v = n \cdot R \cdot T$) montre que $c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$ avec M la masse molaire du gaz. Dis comment varie la vitesse du son lorsque la température augmente. (1,5 pt)
- 2) Calcule la célérité du son, dans l'air, dans les conditions normales. (0,75 pt)
- 3) Dis comment varie la vitesse du son lorsque la masse volumique de l'air diminue mais sans variation de température (comme par exemple, dans l'air humide)
- 4) A une altitude de 15 000 m, la température de l'air est $\theta = -55^\circ\text{C}$ et la pression $p = 11\,900\text{ Pa}$.
 - a) Calcule, en km.h⁻¹ la vitesse du son, à cette altitude. (0,75 pt)
 - b) Détermine le nombre de Mach d'un avion volant, à cette altitude, à 1 407 km.h⁻¹. (0,5 pt)

Données : $\gamma = 1,40$; $R = 8,314\text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $M(\text{air sec}) = 29\text{ g.mol}^{-1}$;

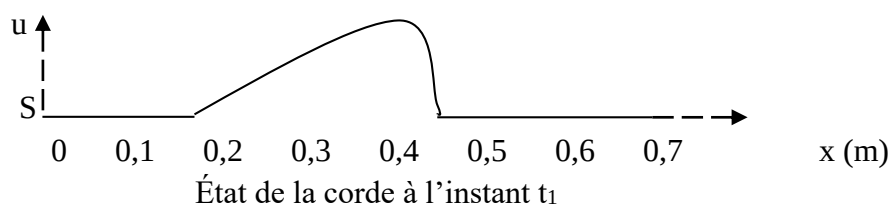
$M(\text{air humide}) < M(\text{air sec})$. Le nombre de Mach (Ma) est un nombre caractéristique qui représente le quotient de la vitesse v d'un mobile aérien par la vitesse c du son dans les conditions de vol.

Exercice 3 :

Le graphique ci-après modélise l'aspect d'une corde soumise à une perturbation à la date t_1 .

On note u le déplacement latéral de la corde. L'origine des dates correspond avec le départ de la perturbation du point source S.

Le début du signal, se propageant le long de la corde, arrive en un point M d'abscisse $x_M = 1,2\text{ m}$ à la date $t_2 = t_1 + \tau$ avec $\tau = 70\text{ ms}$.



- 1) Donne la nature de cette onde (onde mécanique longitudinale ou transversale).

- 2) Calcule la célérité de la perturbation.
- 3) Calcule la valeur de la date t_1 .
- 4) Calcule la durée θ de la perturbation (durée pendant laquelle un point de la corde est en mouvement).

Exercice 4 :

Un vibreur de fréquence 100 Hz est relié à une corde dans laquelle il provoque une onde progressive périodique.

Données : célérité d'une onde le long d'une corde : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$; μ : masse par unité de longueur (masse linéique) ; $F = 3,0$ N : tension de la corde ; $l = 6,0$ m : longueur de la corde ; $m = 80$ g.

- 1) Quelle est la fréquence de l'onde ? Justifie la réponse.
- 2) Exprime la longueur d'onde λ :
 - a) En fonction de la célérité et de la fréquence de l'onde ;
 - b) En fonction de la fréquence, de la longueur, de la masse et de la tension de la corde.
- 3) Calcule λ .

Exercice 5 :

L'équation du mouvement de l'extrémité O d'une corde est $y_0 = 2 \sin 10 \pi t$ (y_0 en cm et t en s).

- 1) Détermine la valeur de la fréquence de la vibration.
- 2) Sachant que cette vibration se propage le long de la corde avec une célérité de 12 m.s^{-1} , en déduis la valeur de la longueur d'onde.
- 3) Donne l'équation du mouvement d'un point M situé à 0,6 m de l'extrémité O.
- 4) Trace la sinusoïde des temps du point M.
- 5) Trace la sinusoïde des espaces à l'instant $t_1 = 0,30$ s.

Exercice 6 :

On produit des ondes progressives circulaires à la surface de l'eau en utilisant une cuve à ondes. Le point source S de la surface du liquide contenu dans la cuve à ondes est animé d'un mouvement vertical sinusoïdal de fréquence f et d'amplitude a supposée constante (on néglige l'amortissement dû aux forces de frottement).

Données : La célérité de l'onde est $c = 40 \text{ cm.s}^{-1}$; la fréquence $f = 20$ Hz ; l'amplitude $a = 2$ mm.

- 1) L'élongation de S s'écrit : $y_s(t) = a \sin(\omega.t + \varphi)$. On suppose qu'à l'instant $t = 0$, $y_s = 0$ et que S se déplace vers le haut, sens choisi comme sens positif des élongations. Détermine la valeur de φ et écris l'expression numérique de $y_s(t)$.
- 2) Calcule la longueur d'onde λ de l'onde progressive.
- 3) On considère un point M de la surface de l'eau situé à $d = 12$ cm du point S. Détermine si le point M vibre en phase ou en opposition de phase avec le point S.

Exercice 7 :

Une source produit au point S des ondes progressives circulaires à la surface de l'eau d'une cuve à ondes.

L'origine des dates est choisie à l'instant où l'onde quitte la source S d'élongation nulle et se déplace vers le haut, sens positif.

Données : La célérité de l'onde est $v = 0,4 \text{ m.s}^{-1}$; la fréquence $N = 20$ Hz ; l'amplitude $a = 2.10^{-3}$ m.

- 1) Établis l'équation horaire du mouvement de S.
- 2) Établis l'équation horaire du mouvement du point M situé à la distance $x = 3.10^{-2}$ m de S.

- 3) Détermine l'état vibratoire de M par rapport à S.
- 4) Trace sur le même graphe la sinusoïde des temps du point M et celle de S.
- 5) Trace la sinusoïde des espaces à la date $t_1 = 0,25$ s

Exercice 8 :

- 1) Une pointe S frappe la surface d'une nappe d'eau, à la fréquence $N = 20$ Hz. La célérité des ondes est $v = 0,24$ m/s. Détermine la longueur d'onde.
- 2) La pointe S est remplacée par une fourche avec deux pointes S_1 et S_2 distantes de 6 cm et l'amplitude du mouvement vaut 3 mm. Donne l'aspect de la surface de l'eau et écris l'équation horaire des sources.
- 3) On veut déterminer la vibration d'un point A situé à $d_1 = 22$ mm de S_1 et $d_2 = 30$ mm de S_2 . Détermine les équations $y_1(M)$, $y_2(M)$ de M puis $y(M)$ l'équation de M due aux mouvements des deux sources.
- 4) Détermine le nombre de points immobiles sur S_1S_2 .

Exercice 9 :

Deux sources de vibrations sinusoïdales S_1 et S_2 , rigoureusement identiques, sont distantes de 3 cm. Leur fréquence est de 1000 Hz et la célérité de ces vibrations dans le milieu considéré est $v = 10$ m.s⁻¹.

- 1) Détermine les points situés sur la droite $S_1 S_2$ joignant les deux sources, et dont le mouvement a une amplitude maximale.
- 2) Écris l'équation de la vibration d'un point P situé à 4,5 cm de S_1 et à 6,75 cm de S_2 .

Exercice 10 :

Un vibreur de fréquence 60 Hz émet des ondes circulaires à la surface de l'eau d'une cuve à ondes.

On observe à l'aide d'un stroboscope une immobilité apparente des ondes une immobilité apparente des ondes.

On mesure la distance qui sépare la 2^{ème} crête de la 12^{ème}, on trouve 5,2 cm.

Détermine pour l'onde progressive :

- a) Sa longueur d'onde,
- b) Sa fréquence,
- c) Sa célérité.

Exercice 11 :

À la surface d'un liquide, des vibrations transversales, entretenues par un vibreur de fréquence 50 Hz, provoque une onde progressive circulaire. La distance entre deux crêtes est : $l = 5,2$ mm.

- 1) Détermine, pour cette onde progressive :
 - a) Sa fréquence,
 - b) Sa longueur d'onde,
 - c) Sa célérité.
- 2) Une seconde après le début de l'émission, on interrompt le vibreur durant 0,40 s, puis on reprend l'émission. Calcule la différence des rayons des deux fronts d'onde.

Exercice 12 :

Un vibreur provoque sans interruption, en un point S, des ondes périodiques transversales.

On considère à la surface de l'eau un point N tel que : $SN = 16$ cm.

- 1) Avec quel retard (ou quelle avance) par rapport à S la perturbation affectera-t-elle le point N ?

- 2) Quelle est la distance à la source S d'un point P atteint par la perturbation avec une avance sur N : $\theta = 0,075 \text{ s}$?
- 3) À l'instant $t_0 = 0,015 \text{ s}$, un front d'onde est émis par la source. A quel instant t ce front d'onde atteindra-t-il P ?

Donnée : célérité des ondes $v = 2,0 \text{ m.s}^{-1}$.

Exercice 13 :

Il est possible de mesurer la profondeur des océans à l'aide d'un système émetteur et récepteur d'ultrasons : le sonar. Le sonar est disposé sous la coque d'un navire schématiquement, l'émetteur émet une onde ultrasonore de fréquence $f = 40 \text{ kHz}$ verticalement vers le fond de l'océan. Le récepteur situé juste à côté de l'émetteur arrête l'émission de l'onde à la réception de l'onde réfléchi. Un compteur relié à l'émetteur permet de dénombrer le nombre n de périodes complètes émises.

- 1) La profondeur de l'eau dans le port est $h = 20,0 \text{ m}$. On réalise une mesure. Le compteur indique $n = 1100$. Détermine la célérité v des ultrasons.
- 2) Combien d'oscillations spatiales complètes l'onde réalise-t-elle entre l'émetteur et le fond du port ?
- 3) Le navire- sonar part en campagne pour faire des relevés de profondeur océanique. Une mesure obtenue est $N = 330121$. Quelle est la profondeur de l'océan à cet endroit ?
- 4) L'amplitude de l'onde ultrasonore diminue lors de la progression de l'onde ; après une distance parcourue L , l'onde a une amplitude : $P = P_0 \cdot \exp(-\mu L)$.

$\mu = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$: coefficient d'amortissement ; $P_0 = 10,0 \text{ Pa}$: amplitude initiale d'onde de l'émetteur ; Le récepteur est capable de détecter une onde d'amplitude supérieure à : $P_{\min} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$.

- a) Détermine l'amplitude de l'onde reçue lors de la mesure précédente.
- b) Quelle profondeur maximale le sonar peut-il mesurer ?

Exercice 14 :

Un vibreur est muni d'un double stylet dont les points p_1 et p_2 distantes de $3,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, animées d'un mouvement sinusoïdal de fréquence $N = 50 \text{ Hz}$ frappant verticalement à S_1 et S_2 la surface d'une nappe d'eau initialement au repos.

S_1 et S_2 sont considérées comme deux sources synchrones, en phase d'amplitude $a = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. La célérité des ondes est $v = 0,60 \text{ m.s}^{-1}$.

- 1) a) Explique le phénomène observable à la surface de l'eau.
- b) Détermine l'état vibratoire des points suivants : M_1 ($d_1 = 3 \text{ cm}$; $d_2 = 6 \text{ cm}$) ; M_2 ($d_1 = 4 \text{ cm}$; $d_2 = 5,4 \text{ cm}$) ; M_3 situé sur la médiatrice du segment S_1S_2 .
- c) Détermine la position du point d'intersection M' de la frange sur laquelle se trouve le point M_1 avec le segment S_1S_2 .
- 2) La position d'un point M quelconque sur le segment S_1S_2 est définie par son abscisse x , la droite S_1S_2 étant orientée de S_2 vers S_1 , l'origine O étant le milieu de S_1S_2 .
- a) Établis la relation entre la longueur d'onde λ et les abscisses des points du segment S_1S_2 pour lequel l'amplitude de la vibration résultante est maximale. Montre que ces points sont équidistants. Précise leur nombre.
- b) Réponds aux mêmes questions pour les points du segment S_1S_2 restant constamment immobiles.

Exercice 15 :

On considère les interférences des vibrations transversales sinusoïdales produites à la surface d'un bain de mercure par deux sources synchrones identiques S_1 et S_2 portées par un vibreur à deux points. Les deux points vibrent à la fréquence de 100 Hz, avec une amplitude $y_m = 2$ mm.

À la date $t = 0$ les points passent par la position d'équilibre en allant dans le sens positif des élongations. On s'intéresse aux interférences des deux ondes pour les points appartenant au segment S_1S_2 .

Soit O le milieu du segment S_1S_2 de longueur $2L = 3,8$ cm. Il sera pris comme origine des abscisses un point M est déterminé par son abscisse $x = OM$. L'axe $X'X$ est orienté positivement vers S_1 .

- 1) Détermine, sur le segment S_1S_2 l'expression permettant de calculer les abscisses :
 - des points M en état de vibration maximal ;
 - des points M constamment immobiles.
- 2) On considère un point M sur la $n^{\text{ème}}$ frange comptée à partir du milieu O du segment S_1S_2 et on mesure ses distances à S_1 et S_2 : on trouve $MS_2 - MS_1 = 12$ mm.
On procède de même avec un point M' pris sur la $n + 3^{\text{ème}}$ frange de même nature et du même coté de O , on trouve $M'S_1 - M'S_2 = 36$ mm.
 - a) Calcule la longueur d'onde et la vitesse de propagation du mouvement vibratoire à la surface du mercure.
 - b) Précise la nature et le rang de la $n^{\text{ème}}$ frange envisagée.
- 3) Détermine l'état vibratoire des deux points suivants situés entre S_1 et S_2 : A situé à 11 mm de S_1 et B situé à 17 mm de S_1 .
- 4) La distance $2L$ entre les deux sources est égale à 3,8 cm.
 - a) Combien ya-t-il de nœuds et de ventre sur le segment S_1S_2 ?
 - b) En déduis la position de ces nœuds et les représente par des points sur le segment S_1S_2 à l'échelle de 1 cm pour 2 mm.

Exercice 16 :

On envoie, sous incidence normale, un étroit faisceau de lumière parallèle comportant des radiations rouges de longueur d'onde $\lambda_1 = 656,3$ nm et des radiations bleues de longueur d'onde $\lambda_2 = 487,6$ nm sur un prisme de verre. Pour ces radiations, l'indice du verre vaut respectivement $n_R = 1,612$ et $n_B = 1,671$.

- 1) Les radiations rouges arrivent sur la deuxième face sous un angle d'incidence $i_1 = 30,0^\circ$.
 - a) Quel est l'angle r_1 de réfraction dans l'air ?
 - b) Quel est l'angle de déviation d_1 (angle entre le faisceau arrivant sur le prisme et le faisceau émergeant du prisme) ?
- 2) Pour les radiations bleues, détermine :
 - a) L'angle d'incidence i_2 sous lequel arrivent ces radiations sur la deuxième face :
 - b) L'angle r_2 de réfraction dans l'air ;
 - c) L'angle de déviation d_2 .
- 3) a) Quelles sont les radiations les plus déviées ?
b) Quelle propriété optique possède le prisme ?

Exercice 17 :

Un faisceau parallèle de radiations jaunes et rouges arrive sous l'angle d'incidence $i_0 = 70,0^\circ$ à la surface de séparation de deux milieux d'indices n_1 et n_2 .

- 1) L'angle de réfraction pour la radiation jaune est $r_1 = 37,0^\circ$.
 - a) Détermine l'indice du milieu 2 pour cette radiation.
 - b) Calcule l'angle de déviation d_1 (angle entre le faisceau incident et le faisceau réfracté).
- 2) La radiation rouge se réfracte avec un angle $r_2 = 37,3^\circ$.
 - a) Quelle propriété possède le milieu 2 ?
 - b) Calcule l'angle de déviation d_2 .
 - c) Quelle est la radiation la plus déviée ?
 - d) Quel est l'indice du milieu 2 pour la radiation rouge ?

Donnée : $n_1 = 1,00$.

Exercice 18 :

Deux fentes fines et parallèles F_1 et F_2 , sont éclairées en lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,546 \mu\text{m}$ par une fente lumineuse F qui leur est parallèle. F est située à égale distance de F_1 et de F_2 . Un écran plan E , parallèle au plan contenant F_1 et F_2 est placé à $D = 2 \text{ m}$ de ce dernier.

- 1) Fais un schéma et décris succinctement le phénomène observé sur l'écran E .
- 2) Calcule la distance entre deux franges brillantes consécutives sachant que la distance $F_1 F_2$ est égale à 1 mm .
- 3) Que se passerait-il si on remplace la source de lumière monochromatique par une source de lumière blanche ? Quelles seraient les radiations éteintes en un point de l'écran E situé à 1 cm de l'interception de la médiatrice de $F_1 F_2$ avec l'écran ?

On admettra que les longueurs d'ondes du spectre visible vont de $0,4 \mu\text{m}$ à $0,8 \mu\text{m}$.

Exercice 19 :

On réalise une expérience d'interférence lumineuse avec le dispositif des fentes d'Young. La lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$ émanant d'une fente fine F tombe sur un écran E percé de deux fentes étroites F_1 et F_2 parallèles à F équidistantes de F et séparés par une distance de $0,5 \text{ mm}$.

- 1) Fais un schéma du dispositif.
- 2) Qu'observe-t-on sur un écran E' parallèle à E et placé à une distance de 1 m celui-ci ?
- 3) Établis la relation qui donne la différence de marche des vibrations lumineuses issues de F_1 et arrivant à un point M de l'écran.
- 4) Quelle est la distance qui sépare les centres de deux franges obscures consécutives ? Comment appelle-t-on cette distance ?
- 5) Calcule la distance qui sépare le milieu de la 3^{ème} frange brillante du milieu de la 15^{ème} frange brillante. Calcule la distance qui sépare le milieu de la frange centrale du milieu de la 11^{ème} frange obscure.
- 6) On éclaire la fente par une lumière complexe constituée par deux radiations de longueurs d'ondes $0,75 \mu\text{m}$ et $0,55 \mu\text{m}$. Décris l'aspect du champ d'interférence. Détermine la plus petite distance par rapport à O où les milieux des franges brillantes correspondant aux deux radiations coïncident. O est la position de la frange centrale sur E' .
- 7) On remplace la source précédente par une source de lumière blanche. Qu'observe-t-on sur l'écran E' ?

On place la fente d'un spectroscopie, parallèle à la frange centrale à 8 mm de celle-ci dans le plan de E' . Qu'observe-t-on dans le spectroscopie ? Combien compte-t-on de cannelures

sombres dans le spectre ? Calcule la fréquence de la radiation éteinte ayant la plus grande longueur d'onde.

Données : limites du spectre visible ; $0,40 \mu\text{m}$ à $0,76 \mu\text{m}$; célérité de la lumière $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Exercice 20 :

Moussa réalise une expérience d'interférences lumineuses à l'aide d'un dispositif des fentes d'Young. Les deux fentes F_1 et F_2 distantes de a , sont éclairées par une fente source F parallèle et équidistante de F_1 et F_2 . La distance qui sépare le plan de fentes à l'écran est D .

Support : $a = 0,4 \text{ mm}$; $D = 1 \text{ m}$.

Tâche : Aide Moussa à expliquer l'expérience d'interférence des fentes de Young, à déterminer la position des franges et la longueur d'onde.

Consigne :

4) Fais le schéma du dispositif. Précise la marche des rayons lumineux. Indique le champ d'interférence.

5) a) La source F émet une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$.

Décris le phénomène observé sur l'écran E .

b) Calcule l'abscisse $x = OM$ du point M de l'écran sur lequel passe la quatrième frange brillante du système. La frange centrale brillante est numérotée (0).

3) a) on remplace la radiation de longueur d'onde λ par une autre radiation de longueur d'onde λ' . Sachant que la quatrième frange obscure du système de frange obtenu se trouve à l'abscisse $x' = 5,4.10^{-3} \text{ m}$ de la frange centrale, calcule la valeur de la longueur d'onde λ' .

b) Calcule la position de la quatrième frange brillante du nouveau système.

Exercice 21 :

Une source S éclaire deux fentes fines S_1 et S_2 parallèles et distantes l'une de l'autre de 2 mm . La source S se trouve sur le perpendiculaire au plan des fentes, à égale distance de chacune d'elles.

Un écran E est placé à la distance $D = 3 \text{ m}$ du plan des fentes.

1) La source émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

a) Décris le phénomène observé.

b) Etablis l'expression de la différence de marche d'un point M situé à la distance $OM = x$ de la frange centrale.

2) Des franges d'interférences apparaissent sur l'écran et l'on compte 5 franges brillantes de part et d'autre de la frange centrale O , occupant dans leur ensemble une longueur de 9 mm . En déduis la longueur d'onde λ .