

DS de physique n° 5

Durée : 3h

L'usage de la calculatrice est autorisé. La copie doit être propre, lisible, sans faute d'orthographe. Les pages doivent être numérotées et **les résultats soulignés ou encadrés**. Un résultat donné sans justification, à moins que l'énoncé le précise, est considéré comme faux. Les valeurs numériques doivent être accompagnées de leur unité. Le devoir comporte 4 exercices indépendants.

Exercice 1 : QCM Ondes

L'exercice est posé sous la forme d'un QCM. À chaque question, une seule réponse est valable. Il est demandé de justifier vos choix à l'aide d'arguments pertinents et/ou de calculs. La notation tiendra principalement compte de la pertinence de la démonstration. Toute mauvaise réponse (argumentée ou non) sera pénalisée.

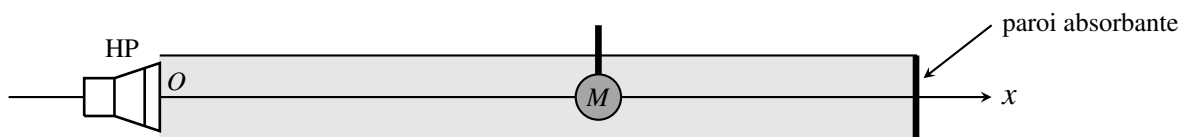
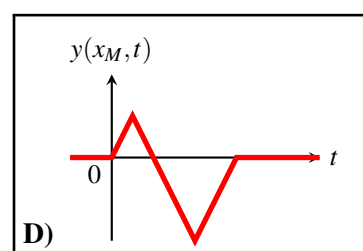
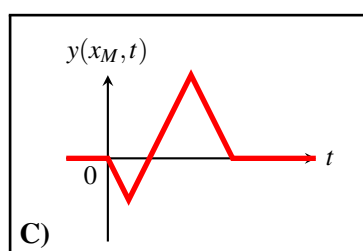
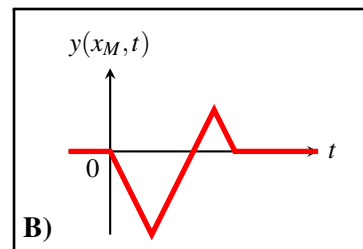
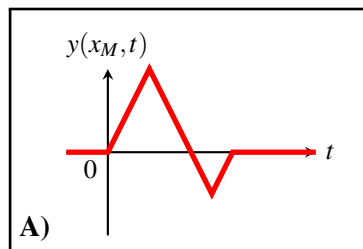
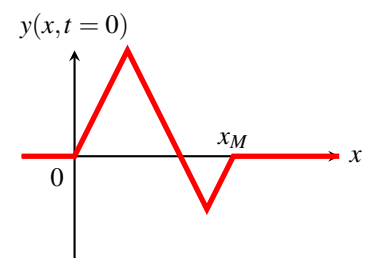


Figure 1 : Propagation d'une onde dans un tube acoustique

1. Un haut-parleur situé en $x = 0$, produit une onde acoustique à l'intérieur d'un tube (voir **figure 1**). Une paroi absorbante située à l'extrémité du tube empêche toute réflexion si bien que la seule vibration observée est une onde se propageant sans dispersion ni atténuation vers les x croissants avec une célérité c . Un microphone situé à l'abscisse x_M enregistre la vibration acoustique. On représente sur la figure ci-contre l'allure de l'onde à l'instant $t = 0$.

Parmi les graphes ci-dessous, quel est celui qui représente le signal enregistré par le microphone ? (**pas de démo exigée pour cette question**)



2. On suppose dans les questions 2 à 4 que le haut-parleur produit une vibration acoustique sinusoïdale de fréquence $f = 1,20 \text{ kHz}$, décrite par la surpression acoustique $p_1(0, t) = p_m \cos(\omega t)$. On note k le vecteur d'onde et λ la longueur d'onde. La surpression acoustique au niveau du microphone s'écrit sous la forme :

A) $p_1(x_M, t) = p_m \cos(\omega t + kx_M)$

B) $p_1(x_M, t) = p_m \cos(\omega t - kx_M)$

C) $p_1(x_M, t) = p_m \cos(\omega t) \cos(kx_M)$

D) $p_1(x_M, t) = p_m \cos(\omega t) \sin(kx_M)$

3. On constate que les vibrations au niveau du haut-parleur et du microphone sont en phase. Si n est un entier naturel non nul, on peut dire que x_M vérifie :

A) $x_M = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$

B) $x_M = \frac{\lambda}{n}$

C) $x_M = \frac{\lambda}{n + \frac{1}{2}}$

D) $x_M = n\lambda$

4. On translate le microphone jusqu'à ce que les deux signaux reviennent quatre fois successivement en phase. On mesure un déplacement $D = 1,14 \text{ m}$ du microphone. La célérité c vaut :

A) $338 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

B) $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

C) $342 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

D) $344 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

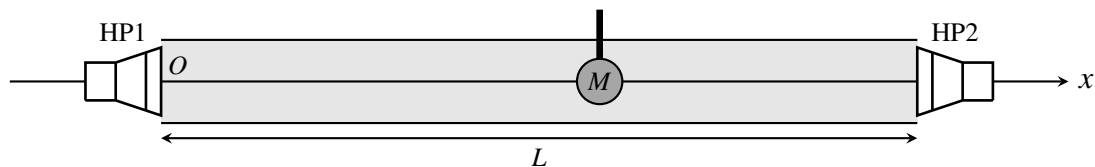


Figure 2 : Montage à deux haut-parleurs

5. On remplace la paroi absorbante par un deuxième haut-parleur qui émet une onde acoustique de même amplitude et même fréquence ($f = 1,20 \text{ kHz}$) que le premier (voir **figure 2**). La surpression acoustique résultante qui apparaît dans le tube a comme expression générale (**pas de démo exigée pour cette question**) :

A) $p(x, t) = p_0 \cos(\omega t + kx + \varphi)$

B) $p(x, t) = p_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$

C) $p(x, t) = p_0 \sin(\omega t + \varphi) \sin(kx + \psi)$

D) $p(x, t) = p_0 [\sin(\omega t + \varphi) + \sin(kx + \psi)]$

6. Il y a un ventre de surpression au niveau de chaque haut-parleur. Les valeurs possibles pour la phase à l'origine ψ sont :

A) $0 \quad [2\pi]$

B) $\frac{\pi}{2} \quad [2\pi]$

C) $0 \quad [\pi]$

D) $\frac{\pi}{2} \quad [\pi]$

7. Les fréquences propres s'expriment en fonction d'un entier naturel non nul n de la manière suivante :

A) $f_n = n \frac{c}{2L}$

B) $f_n = n \frac{c}{4L}$

C) $f_n = (2n - 1) \frac{c}{2L}$

D) $f_n = (2n - 1) \frac{c}{4L}$

8. Imaginons qu'il y a également un ventre de surpression en $x_M = \frac{L}{2}$. Quelle affirmation est correcte ?

A) Il s'agit du mode fondamental.

B) Il s'agit d'un harmonique de rang pair.

C) Il s'agit d'un harmonique de rang impair.

D) Une telle situation est impossible.

9. En déplaçant le microphone on observe cinq ventres de surpression dans le tube (en comptant ceux aux niveau des haut-parleurs). On peut affirmer que :

A) $L = 57 \text{ cm}$

B) $L = 71 \text{ cm}$

C) $L = 86 \text{ cm}$

D) $L = 100 \text{ cm}$

10. On modifie la fréquence d'émission des haut-parleurs. La plus petite fréquence pour laquelle on observe un nœud de surpression en $x_M = \frac{L}{2}$ vaut :

A) $f = 75 \text{ Hz}$

B) $f = 100 \text{ Hz}$

C) $f = 150 \text{ Hz}$

D) $f = 300 \text{ Hz}$

Exercice 2 : Mesurer la hauteur d'un immeuble

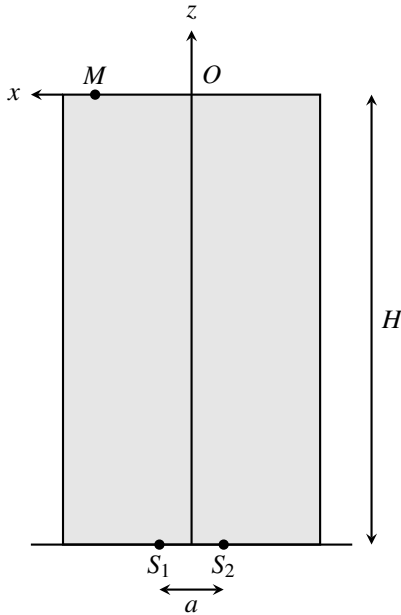


Figure 3 : Montage expérimental

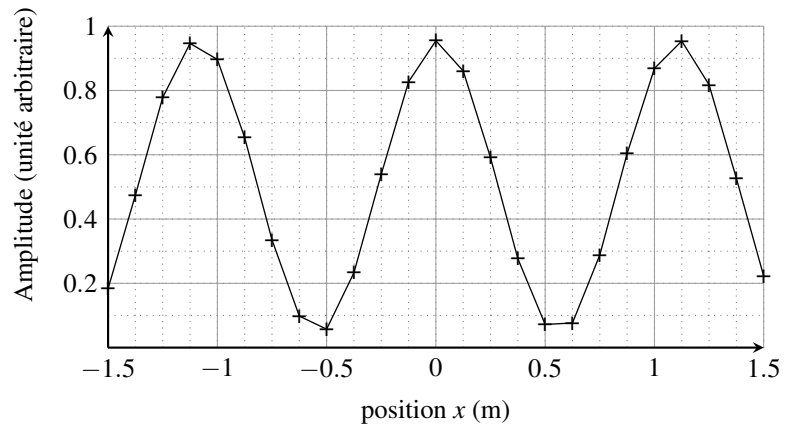


Figure 4 : variations de l'amplitude acoustique en fonction de la position

On souhaite mesurer la hauteur H d'un immeuble. Pour cela on place deux haut-parleurs S_1 et S_2 au pied de l'immeuble, à une distance $a = 1,0\text{ m}$ l'un de l'autre (voir figure 3). Ils émettent en phase des ondes acoustiques sinusoïdales de fréquence $f = 6,8\text{ kHz}$. Un microphone M est placé au sommet de l'immeuble et peut se déplacer le long de l'axe (Ox) . Les deux haut-parleurs sont symétriques par rapport à l'axe (Oz) . On suppose que $H \gg a$ et $H \gg |x|$. La célérité du son dans l'air vaut $c = 340\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Justifier que les ondes issues des deux haut-parleurs peuvent interférer entre elles.
2. Calculer la différence de marche $\delta(M)$ au niveau du microphone, en fonction de a , x et H .
3. La figure 4 montre l'amplitude du son enregistré par le microphone pour différentes positions x . Calculer H .

Exercice 3 : Pendule électrique

Un pendule électrostatique est constitué d'une boule de polystyrène expansé recouverte d'une feuille d'aluminium et suspendue à une potence par un fil de masse négligeable. La boule est préalablement chargée avec une charge électrique $q = 2,3 \cdot 10^{-4}\text{ C}$. L'ensemble est placé entre deux plaques de cuivre planes et parallèles soumises à une différence de potentiel telle qu'elles génèrent un champ électrique uniforme $\vec{E} = E\vec{u}_y$ avec $E = 500\text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

La longueur du pendule est $\ell = 10\text{ cm}$ et la masse de la boule assimilée à un point M est $m = 20\text{ g}$. L'accélération de la pesanteur est $g = 9,8\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Effectuer le bilan des forces s'exerçant sur le pendule et les représenter sur le schéma. Exprimer le moment de ces forces par rapport à l'axe (Oz) en utilisant le bras de levier.

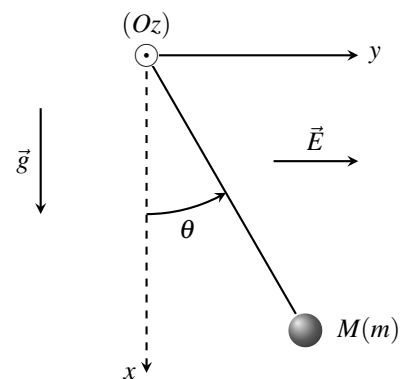


Figure 5 : Pendule électrique

2. Établir l'équation du mouvement du pendule vérifiée par $\theta(t)$. En déduire la position d'équilibre θ_e . Faire l'application numérique.

On écarte légèrement le pendule de sa position d'équilibre et on note $\theta(t) = \theta_e + \varepsilon(t)$ avec $|\varepsilon(t)| \ll \theta_e \forall t$. On donne les développements au premier ordre : $\cos(\theta_e + \varepsilon) \simeq \cos \theta_e - \varepsilon \sin \theta_e$ et $\sin(\theta_e + \varepsilon) \simeq \sin \theta_e + \varepsilon \cos \theta_e$.

3. Établir l'équation des petites oscillations du pendule autour de sa position d'équilibre, vérifiée par $\varepsilon(t)$.
4. Calculer la période propre T_0 des oscillations.