

Sujet 1

I Question de cours

Déterminer les équations horaires du mouvement courbe uniformément accéléré avec \vec{v}_0 faisant un angle α avec l'horizontale. Une attention particulière sera portée à l'établissement du système d'étude.

II Corde de Melde : superposition d'ondes

On considère une corde de Melde de longueur L . On interprète la vibration de la corde de la manière suivante : le vibreur émet une onde qui se propage en direction de la poulie où elle est réfléchi ; cette onde réfléchi se propage en direction du vibreur où elle est elle-même réfléchi ; l'onde réfléchi se propage en direction de la poulie où elle se réfléchit, et ainsi de suite. L'axe (Ox) est parallèle à la corde au repos ; le vibreur est en $x = 0$ et la poulie en $x = L$. Le vibreur émet une onde $s_0(x, t)$ telle que

$$s_0(0, t) = a_0 \cos(\omega t)$$

La célérité des ondes sur la corde est c et on note $k = \omega/c$. On fait les hypothèses simplificatrices suivantes :

- lorsqu'une onde incidente s_i arrive sur la poulie en $x = L$, l'onde réfléchi s_r vérifie :

$$s_r(L, t) = -r s_i(L, t)$$

où r est un coefficient compris entre 0 et 1 ;

- lorsqu'une onde incidente s_i arrive sur le vibreur en $x = 0$, l'onde réfléchi s'_r vérifie :

$$s'_r(0, t) = -r' s'_i(0, t)$$

où r' est un coefficient compris entre 0 et 1.

1. Exprimer l'onde $s_0(x, t)$.
2. Exprimer l'onde $s_1(x, t)$ qui apparaît par réflexion de l'onde s_0 sur la poulie, puis l'onde $s_2(x, t)$ qui apparaît par réflexion de s_1 sur le vibreur, puis l'onde $s_3(x, t)$ qui apparaît par réflexion de s_2 sur la poulie.
3. À quelle condition les ondes s_0 et s_2 sont-elles en phase en tout point ? Que constate-t-on alors pour les ondes s_1 et s_2 ? La condition précédente est supposée réalisée dans la suite.
4. Justifier l'expression suivante de l'onde totale existant sur la corde :

$$s(x, t) = a_0 \{1 + rr' + (rr')^2 + \dots + (rr')^n + \dots\} \cos(\omega t - kx) - r a_0 \{1 + rr' + (rr')^2 + \dots + (rr')^n + \dots\} \cos(\omega t + kx)$$

5. En quels points de la corde l'amplitude de la vibration est-elle maximale ? Exprimer l'amplitude maximale A_{\max} en fonction de a , r et r' . On rappelle la formule :

$$\sum_{n=0}^{\infty} (rr')^n = \frac{1}{1 - rr'}$$

6. En quels points l'amplitude est-elle minimale ? Exprimer l'amplitude minimale A_{\min} .

7. Expérimentalement on trouve $\frac{A_{\min}}{a_0} \approx 1$ et $\frac{A_{\max}}{a_0} \approx 10$

Déterminer r et r' .

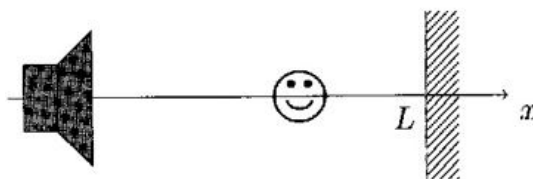
Sujet 2

I Question de cours

Trous d'YOUNG : présenter l'expérience et montrer que la différence de chemin $\delta_{2/1}(M)$ s'écrit $\delta = 2ax/D$ avec $2a$ la distance entre les fentes. Donner les conditions sur x pour avoir interférences constructives et destructives.

II Réflexion d'une onde acoustique sur un mur

Un haut-parleur, placé à l'origine $x = 0$, émet une onde acoustique. Un auditeur se trouve à l'abscisse x et un mur à la distance L , avec $L > x$ (cf schéma ci-contre). L'onde se réfléchit sur le mur et se propage à la vitesse c . On suppose que la réflexion n'engendre aucun déphasage supplémentaire et que l'amplitude réfléchie est identique à l'amplitude de l'onde incidente. Par ailleurs, on admettra qu'il n'y a aucune réflexion sur le haut-parleur (si bien que l'onde réfléchi sur le mur se propage vers $-\infty$). Le haut-parleur émet la surpression



$$p(t) = P_0 \cos(\omega t)$$

1. Exprimer les deux ondes $s_1(x, t)$ (onde arrivant directement sur l'auditeur) et $s_2(x, t)$ (onde arrivant sur l'auditeur après réflexion sur le mur) reçues par l'auditeur en fonction de P_0 , ω , L , t , c et x .
2. Montrer que le déphasage $\Delta\varphi = |\varphi_2 - \varphi_1|$ entre les deux ondes au niveau de l'auditeur peut se mettre sous la forme

$$\Delta\varphi = \frac{2\omega}{c}(L - x)$$

3. En déduire l'expression générale des abscisses x de l'auditeur pour lesquelles il perçoit des interférences destructives. On introduira la longueur d'onde λ . On exprimera x en fonction de L , λ et un entier n uniquement.

On cherche à déterminer l'amplitude de l'onde résultante pour l'auditeur placé à l'abscisse x quelconque.

4. Rappeler, dans le cas général, l'expression de la formule de Fresnel donnant l'amplitude $S(x)$ du signal à la position x résultant de la superposition des signaux $s_1(x, t)$ et $s_2(x, t)$. On fera apparaître les amplitudes S_1 et S_2 ainsi que le déphasage $\Delta\varphi$.

Simplifier l'expression obtenue afin de déduire l'expression de l'amplitude A de l'onde résultante au niveau de l'auditeur positionné à l'abscisse x quelconque en fonction de P_0 et $\Delta\varphi$.

5. L'auditeur se place à l'abscisse $x = L - \lambda/8$. Calculer l'amplitude en fonction de P_0 . Commenter.
6. Calculer le contraste des interférences

$$C = \frac{A_M^2 - A_m^2}{A_M^2 + A_m^2}$$

où A_M est l'amplitude maximale et A_m l'amplitude minimale.

Sujet 3

I Question de cours

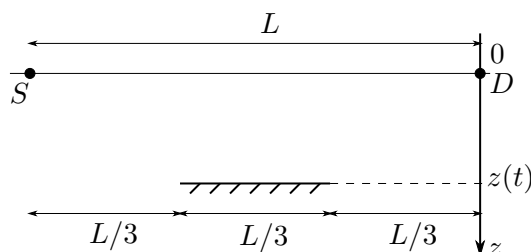
Déterminer la vitesse limite et le temps caractéristique du mouvement pour une chute libre sans vitesse initiale avec frottements linéaires. Une approche d'adimensionnement d'équation différentielle, de solution particulière ou de résolution totale directe est possible.

II Miroir de Lloyd

On dispose une source ponctuelle S monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$ à une distance horizontale $L = 45 \text{ cm}$ d'un détecteur D . Initialement, un miroir de longueur $L/3$ positionné à égale distance de S et D se trouve en $z = 0$ (même côte que S et D). On lâche le miroir à $t = 0$ sans vitesse initiale. Il ne subit que les effets de la pesanteur.

La réflexion sur le miroir métallique s'accompagne d'un retard de phase égale à π .

L'indice optique de l'air est supposé égal à 1.



On donne dans le tableau ci-dessous l'instant t_k auquel est mesuré le $k^{\text{ième}}$ maximum d'intensité par le détecteur D .

indice k	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_k (ms)	7,42	9,77	11,11	12,08	12,86	13,53	14,10	14,62	15,00

- Pour une position $z(t)$ du miroir, représenter les deux rayons qui interfèrent au niveau du détecteur D .
- Déterminer l'expression de la différence de marche δ_D entre ces deux ondes au point D . Pour cela, il pourra être utile de faire apparaître une source fictive S' image de S par le miroir. Simplifier cette expression dans le cas où $L \gg z(t)$. On rappelle qu'au premier ordre en $\epsilon \ll 1$, $\sqrt{1+\epsilon} \approx 1 + \epsilon/2$.
- En déduire l'expression de l'intensité en D en fonction du temps. On rappelle la formule de Fresnel

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\phi)$$

- Quelle est l'intensité reçue en D à $t = 0$?
- Déterminer l'expression de l'instant t_k auquel est observé le $k^{\text{ième}}$ maximum d'intensité en D .
- À l'aide d'une régression linéaire, déterminer la valeur de g .