Devoir de rentrée

1. Onde sinusoïdale le long d'une corde

Une corde est tendue entre deux points S et P le long de l'axe Ox. L'extrémité S, située en $x = 0$ et immobile jusqu'à la date $t = 0$, est animée pour $t > 0$ d'un mouvement rectiligne transversal (le long de l'axe Oy) sinusoïdal d'amplitude a et de période T. Un dispositif permet d'amortir l'onde à son arrivée au voisinage de P, afin de supprimer l'onde réfléchie. On note c la célérité des ondes progressives transversales sur cette corde.

1. Exprimer littéralement l'élongation y_S du point S en fonction du temps en supposant qu'à la date $t = 0$, son élongation est nulle et que le point S se déplace dans le sens négatif.
2. Tracer la représentation graphique de l'élongation du point S en fonction du temps.
3. Exprimer les abscisses des points vibrant en phase avec S et celles des points vibrant en opposition de phase avec S.
4. La période vaut $T = 40\,\mathrm{ms}$ et la célérité c mesurée de l'onde le long de la corde vaut $12,0\,\mathrm{m.s^{-1}}$. Calculer la longueur d'onde λ.
5. Pour un point M d'abscisse $x_M = \frac{3}{2}\,\lambda$, exprimer son élongation en fonction du temps, l'amortissement en ce point étant négligeable. Tracer la représentation graphique correspondante.
6. Représenter l'aspect de la corde aux dates $t = \frac{3}{2}\,T$, $2T$ et $\frac{5}{2}\,T$.

2. Utilisation d'une loupe

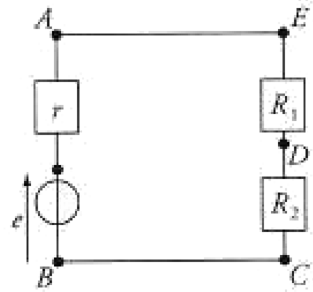
Une loupe est un système optique simple formé d'une seule lentille convergente. On utilise une lentille de distance focale $f' = 6,0\,\mathrm{cm}$ pour lire un ouvrage écrit en petits caractères de $2,0\,\mathrm{mm}$ environ. On place la loupe à $5,0\,\mathrm{cm}$ de l'objet.

1. a) Représenter le dispositif en symbolisant l'objet par un vecteur de $4,0\,\mathrm{mm}$ perpendiculaire à l'axe optique. Construire l'image en choisissant une échelle horizontale adaptée.
   b) Donner les caractéristiques de l'image. Peut-on la voir sur un écran ?
2. En utilisant la formule de conjugaison et de grandissement, déterminer la position et la taille de l'image.
3. En réalité, il est plus confortable pour l'oeil de placer la loupe à $6,0\,\mathrm{cm}$ de l'objet. Où se trouve alors l'image ?
4. On utilise alors dans ce cas la notion de grossissement, $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, où α et α' sont les angles sous lesquels on voit l'objet et l'image. Pourquoi ne peut-on pas utiliser le grandissement ? Calculer le grossissement de cette loupe, en considérant que l'œil est situé au niveau du foyer image de la loupe.

3. Ponts diviseurs

3.1. Diviseur de tension

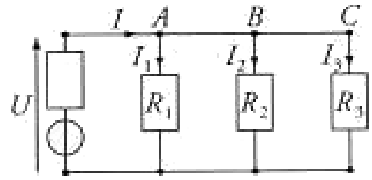
Considérons le circuit ci-contre. Le dipôle de la branche gauche entre les bornes A et B est un générateur de tension de f.é.m e et une résistance interne r. On lui associe deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2. On note $U_1 = U_{ED} = V_E - V_D$ la tension aux bornes de R_1, $U_2 = U_{DC} = V_D - V_C$ la tension aux bornes de R_2, et $U = U_{AB} = V_A - V_B$ la tension aux bornes du générateur.



1. a) Comment sont associés les conducteurs ohmiques.
   b) Comment est montée l'association de R_1 et R_2 avec le générateur ?
2. Déterminer U_1 d'une part, et U_2 d'autre part, en fonction de U, R_1 et R_2.
   Ces deux expressions consituent les relations du pont diviseur de tension.

3.2. Diviseur de courant

Considérons maintenant le circuit ci-contre.



1. Comment sont associés les conducteurs ohmiques ?
2. Etablir l'expression de I_2 d'une part, et de I_3 d'autre part, en fonction de R_1, R_2 et I_1.
3. Déterminer les expressions de I_1, I_2 et I_3 en fonction de I, R_1, R_2 et R_3.
   Ces expressions consituent les relations du pont diviseur de courant.

4. La station spatiale internationale

On s'intéresse au mouvement de la station spatiale internationale (ISS). Par rapport au référentiel géocentrique, la station $\mathcal{S}$ effectue seize révolutions par jour sur une orbite circulaire, inclinée de $51,6°$ par rapport à l'équateur et située à une altitude z (environ 400 km).

La Terre est supposée avoir une répartition de masse à symétrie sphérique, de masse totale M_T, de rayon R_T et de centre T. La station a des dimensions faibles par rapport à la distance qui la sépare de la Terre, si bien qu'on l'assimilera à un point matériel S de masse M_S. On note $\mathcal{G}$ la constante de gravitation universelle.

1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle que la Terre exerce sur la station, en fonction des données du problème. Faire un schéma représentant la Terre, la station et la force.
2. Etude de la vitesse :
   a) En supposant que seule la force gravitationnelle s'exerce sur la station, montrer que le mouvement de la station est uniforme et établir l'expression de sa vitesse en fonction des données.
   b) La masse de la station croît au fur et à mesure de sa construction : elle valait 195 tonnes en septembre 2006 et vaudra 435 tonnes fin 2013, date prévue pour la fin de sa construction. La vitesse de la station sur son orbite sera-t-elle modifiée ?

c) Quelle est la loi de Kepler qui prévoit que le mouvement circulaire d'un satellite est uniforme ? L'énoncer.

3. Définir puis établir l'expression de la période de révolution $\mathcal{T}$ de la station en fonction de l'altitude z et des autres données.

4. Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire ? La station est-elle géostationnaire ?

5. Mouvement rectiligne accéléré

Un véhicule se déplace sur une route rectiligne. Pour repérer sa position x, on utilise le repère d'axe Ox, d'origine O et de vecteur directeur $\vec{i}$.
A la date initiale, il est à l'origine et sa vitesse est nulle : $x(0) = 0$ et $\dot{x}(0) = 0$.
Son accélération est tout d'abord une fonction affine décroissante du temps :

$$\vec{a} = a(t)\,\vec{i} \quad \text{avec} \quad a(t) = a_0 - \alpha.t \quad , \quad a_0 = 2,0\,\mathrm{m.s^{-2}} \quad \text{et} \quad \alpha = 0,10\,\mathrm{m.s^{-1}}\,.$$

Cette loi $a(t)$ est valable jusqu'à ce que la vitesse atteigne la valeur $v_1 = 15\,\mathrm{m.s^{-1}}$. La vitesse reste ensuite égale à v_1.

1. a) Etablir l'expression de la vitesse $v(t)$.
   b) Représenter le graphe de $v(t)$ (qualitativement, c'est-à-dire sans prendre de valeurs numériques).
   c) Le problème a-t-il un sens pour n'importe qu'elle valeur de v_1 ?

2. Exprimer la durée t_1 de la phase d'accélération, en fonction des données a_0, α et v_1. Calculer sa valeur numérique. Repérer la valeur de t_1 sur le graphe.

3. Exprimer la distance d parcourue pendant la phase d'accélération, en fonction de a_0, α et t_1. Comment cette distance est-elle repérée sur le graphe ? Calculer numériquement sa valeur.

6. Refroidissement d'une boisson

Un gobelet en matière plastique de capacité thermique négligeable contient une masse $m = 300\,\mathrm{g}$ d'eau à la température $\theta_1 = 22,0°\mathrm{C}$. On la refroidit avec des cubes de glace de masse $m' = 10\,\mathrm{g}$ sortant d'un congélateur à la température $\theta_2 = -21,0°\mathrm{C}$. Dans tout l'exercice on considèrera qu'il n'y a pas de transfert thermique avec l'atmosphère extérieure et on néglige les variations de volume lors du changement de phase solide-liquide. On se place dans l'approximation des phases condensées parfaites.

1. On plonge un cube de glace dans le gobelet. Déterminer la température finale θ_F du mélange à l'équilibre thermodynamique.

2. Déteminer le nombre de cubes de glace nécessaires pour obtenir une boisson à 0°C.

Données :

Capacité thermique de l'eau liquide : $c_\ell = 4,18\,\mathrm{kJ.K^{-1}.kg^{-1}}$.

Capacité thermique de la glace : $c_g = 2,10\,\mathrm{kJ.K^{-1}.kg^{-1}}$.

Chaleur latente de fusion de la glace (à 0°C) : $L_f = 335\,\mathrm{kJ.kg^{-1}}$.