

Exercice 1

Le Soleil a une énergie interne U et une énergie potentielle de gravitation E_G . La fusion nucléaire dans le Soleil engendre une puissance thermique Q . Le Soleil rayonne également une puissance totale L .

1. Donner les origines de U et E_G . Grâce à un bilan énergétique, donner une relation entre les quatre paramètres. Que se passe-t-il en régime permanent ?
2. Les particules du Soleil doivent, pour qu'il y ait fusion nucléaire, passer une barrière de potentiel par effet tunnel. Montrer que Q est une fonction croissante de T_C (température du centre du Soleil).

On donne le coefficient de transmission pour une barrière de potentiel :

$$T = \frac{16E(V_0 - E)}{V_0^2} \exp(-k_c a)$$

avec a l'épaisseur de la barrière, $k_c = \frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}$.

La luminosité L est déterminée par la valeur de la température T_s près de la surface de l'étoile, tandis que le taux de fusion thermonucléaire Q est gouverné par la température T_c de son cœur actif. Le transport de chaleur du cœur vers la surface est lent, typiquement 100 000 ans.

3. Montrer que la capacité thermique du Soleil est négative. On pourra s'intéresser à de petites perturbations de la température par rapport à la situation d'équilibre.

On suppose que le Soleil est un mélange de trois gaz parfaits monoatomiques (électrons, protons, noyaux d'hélium).

On admet que E_G est relié à la pression hydrostatique dans le Soleil telle que

$$E_G = -3 \iiint P(r) d^3r$$

4. Montrer qu'on peut relier l'énergie interne volumique à la pression.

En déduire que $E_G = -2U$. Retrouver le résultat de 3).

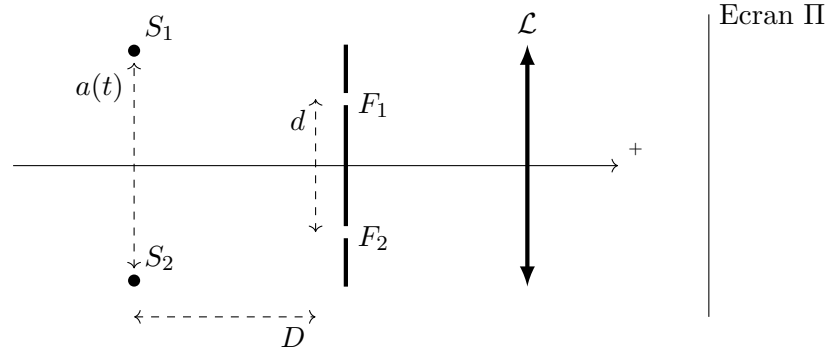
5. On admet que pour une étoile de rayon R , E_G s'exprime sous la forme $-\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R}$. Montrer que l'étoile se contracte quand la température augmente.

Exercice 2

On préférera les schémas clairs et explications et on délaissera les mises en équations.

1. Quelles sont les origines de la force de Coriolis ? Dans quels cas est-elle nulle ?
2. La force de Coriolis a-t-elle une influence sur une chute verticale d'un objet d'une hauteur h ? (Discuter le terme "vertical")
3. On entend souvent une expérience selon laquelle, de part et d'autre de l'équateur, en s'écartant de quelques mètres, l'écoulement de l'eau tourne dans le sens horaire ou anti-horaire selon le côté. Quel est le rôle/liens avec la force de Coriolis ?
4. On entend que les rails d'un train sont plus usés d'un côté. Y a-t-il un lien avec la force de Coriolis ?

Exercice 1



S_1 et S_2 sont deux étoiles monochromatiques de même longueur d'onde λ , qui s'écartent perpendiculairement à l'axe optique, de manière symétrique à la vitesse v_0 .

On utilise un système de fentes d'Young et on récupère la figure d'interférence sur un écran E placé au foyer image d'une lentille \mathcal{L} .

Montrer que le brouillage des franges d'interférence est périodique et déterminer la période.

Exercice 2

On dispose d'un cylindre calorifugé de section $S = 100 \text{ cm}^2$ fermé par un piston de masse négligeable. À l'intérieur se trouve un gaz parfait à l'équilibre à une température $T_0 = 300 \text{ K}$.

Le piston se trouve alors à une hauteur $h_0 = 20 \text{ cm}$. On note $P_0 = 1,01 \text{ bar}$ la pression atmosphérique et on rappelle que $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$.

1. On place brutalement une masse $M = 200 \text{ g}$ sur le piston. Déterminer la nouvelle hauteur h_f et la nouvelle température du gaz T_f à l'intérieur du cylindre.

Applications numérique à discuter.

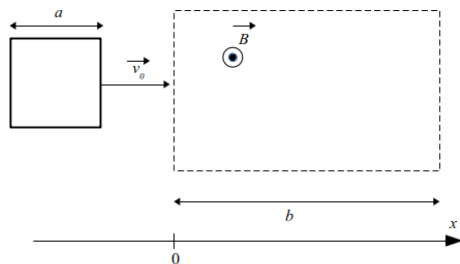
2. Même question si on ajoute très progressivement une même masse M de sable sur le piston.

Applications numériques ?

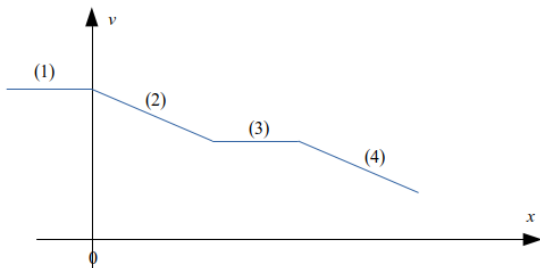
3. Calculer ΔU et ΔH dans ces deux cas. Commenter.

Exercice 1

Un cadre filiforme conducteur de forme carrée avance avec une vitesse v_0 constante. Il pénètre dans une zone où règne un champ magnétique \vec{B} constant et stationnaire (voir figure).



On donne la forme de sa vitesse v en fonction de son abscisse x :



1. Expliquer la courbe précédente. Déterminer la pente k des zones (2) et (4).
2. Le cadre possède tout juste l'énergie suffisante pour traverser la région où règne le champ \vec{B} .

Exprimer le temps T au bout duquel le cadre est rentré en entier dans la zone où règne le champ ; on demande de l'exprimer uniquement en fonction de k .

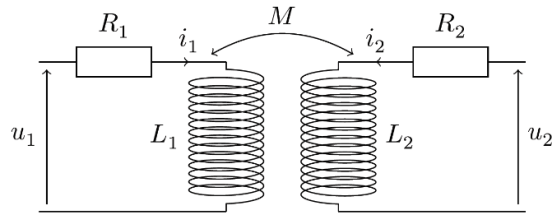
Exercice 2 - diffusion thermique et mammifères marins

On considère un mammifère marin modélisé par une boule de rayon R plongée dans l'eau. Ses cellules sont le siège de réactions exothermiques qui produisent une puissance volumique p_v . Ceci produit une puissance totale \mathcal{P} qui maintient le mammifère à température constante. On note λ la conductivité thermique de l'eau autour du mammifère marin et T_0 la température de l'eau, à l'infini.

1. Établir l'équation de diffusion thermique dans l'eau.
2. Trouver la température $T(r)$ à une distance r du centre du mammifère, en fonction de T_0 , λ et \mathcal{P} . Donner $T(R) = T_R$.
3. Exprimer la puissance dissipée dans l'eau en fonction de T_R , T_0 , λ et R .
4. Expliquer pourquoi il ne peut pas exister de petit mammifère marin dans l'eau. Ce raisonnement est-il valable sur Terre ?

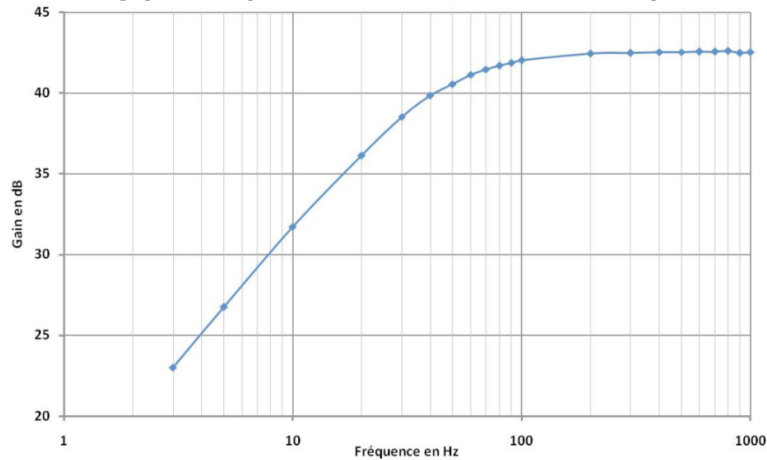
Exercice 1

Considérons deux bobines concentriques chacune modélisée par l'association série d'une résistance et d'une inductance idéale. La figure suivante présente un schéma électrique de la modélisation de ces deux bobines. En plus des inductances propres L_1 et L_2 , on introduit l'inductance mutuelle M qui exprime un couplage à distance entre les deux bobines.



Deux voltmètres idéaux sont branchés aux bornes de la bobine primaire pour l'un et de la bobine secondaire pour l'autre. La bobine primaire est alimentée par un générateur de tension sinusoïdale à pulsation ω . Le secondaire est en circuit ouvert. On connaît $L_1 = 5,3$ mH et $L_2 = 1,9 \cdot 10^2$ H.

On rappelle la définition du gain en dB d'un filtre linéaire $G_{dB}(\omega) = 20 \log_{10} \left(\left| \frac{u_2}{u_1} \right| \right)$ où u_1 est l'entrée et où u_2 est la sortie. Le graphe suivant présente la mesure de G_{dB} en fonction de la fréquence.



- Déterminer le système d'équations différentielles couplées reliant u_1 , u_2 , i_1 et i_2 .
- Écrire en notation complexe ce système d'équations différentielle.
- En déduire l'expression du gain linéaire $G = |u_2/u_1|$ en fonction de résistances, inductances et ω .
- En déduire la nature du filtrage : passe-bas, passe-bande ou passe-haut.
- À partir d'une mesure à préciser sur le graphe, en déduire une mesure de M . Commenter.

Exercice 2

Soit un nucléon de masse m dans un noyau atomique de diamètre L . On donne $m = 1,6 \cdot 10^{-27}$ kg, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$ J.s. L'énergie potentielle du nucléon est modélisée par un puits infini à une dimension (selon l'axe Ox) défini par :

$$V(x) = 0 \quad \text{si } 0 < x < a$$

$$V(x) = +\infty \quad \text{sinon}$$

- Proposer un ordre de grandeur pour L .
- On donne l'équation de Schrödinger $i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + V \cdot \psi$. La simplifier dans le cadre d'un état stationnaire $\psi(x, t) = \varphi(x) \exp(-iEt/\hbar)$.
- On admet la continuité de ψ sur les bords du puits. Montrer que les fonctions d'ondes $\varphi_n(x)$ associées aux états stationnaires et leurs énergies respectives E_n (n entier naturel différent de 0) ont pour expressions dans le domaine $0 < x < a$:

$$\varphi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$$

$$E_n = n^2 \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$$

- En déduire les longueurs d'onde λ_n possibles pour le nucléon confiné.
- Dessiner l'allure des fonctions d'onde des trois premiers modes.
- Exprimer l'énergie \mathcal{E}_n du mode n .
- Calculer la valeur de \mathcal{E}_1 en eV. Interpréter que cette valeur soit non nulle.
- Exprimer l'écart entre les deux premiers niveaux d'énergie en fonction de \hbar , m et D . Faire l'application numérique.