



Epreuve écrite de sélection pour les élèves de CPGE IPhO 2016

Durée de l'épreuve : 4 heures

Les calculatrices sont autorisées.

L'épreuve comporte un QCM, deux exercices et deux problèmes. Il est conseillé aux candidats d'accorder à chacune de ces parties un temps équivalent : une heure environ pour le QCM, une heure environ pour les exercices et une heure environ pour chacun des problèmes. "

La présence de schémas est encouragée.

IMPORTANT : Chaque feuille devra comporter le nom, le prénom et le lycée du candidat. Tout oubli pourra entraîner l'absence de correction de la feuille concernée.



**QCM (CPGE)
IPhO 2016**

NOM :

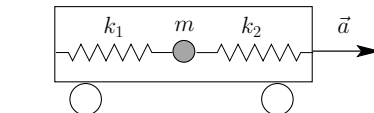
PRENOM :

LYCEE :

NUMERO DE TELEPHONE :

QCM IPhO 2016

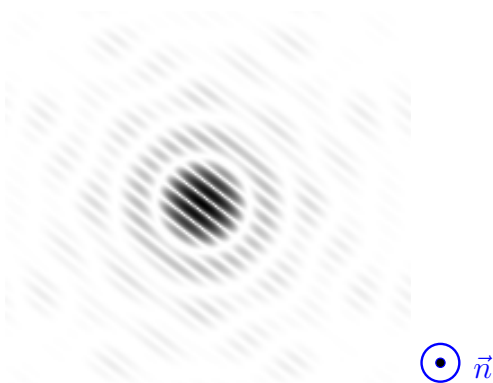
1. On considère un mobile de masse m relié à deux ressorts idéaux de raideur k_1 et k_2 , et pouvant se déplacer horizontalement sans frottement dans un véhicule en mouvement uniformément accéléré par rapport au référentiel terrestre, a désignant la norme de son vecteur accélération.



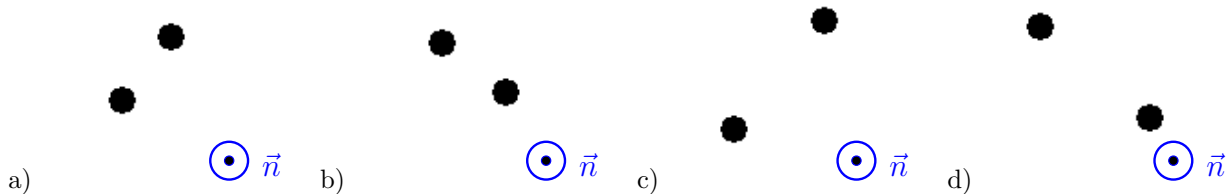
Quelle formule vérifie la fréquence des oscillations du mobile ?

- (a) $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1+k_2}{m}}$ (c) $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 k_2}{(k_1+k_2)m} + a}$
 (b) $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1 k_2}{(k_1+k_2)m}}$ (d) $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_1+k_2}{m} + a}$

2. On considère la figure de diffraction à l'infini ci-dessous, dont on a inversé le contraste, obtenue à partir de deux trous réalisés dans un écran parallèle au plan d'observation.



Indiquez, parmi les schémas proposés pour l'écran diffractant, celui compatible avec la figure de diffraction observée. On supposera que la représentation du plan d'observation n'a pas été tournée par rapport à celle du plan diffractant et que le vecteur unitaire \vec{n} , perpendiculaire aux deux plans, pointe dans la même direction pour la figure et les schémas.



3. On considère un réseau plan par transmission, constitué par un très grand nombre de fentes fines identiques, éclairée sous incidence normale par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . On note ℓ la largeur d'une fente, a le pas du réseau (distance entre deux fentes consécutives) et L la longueur totale du réseau.

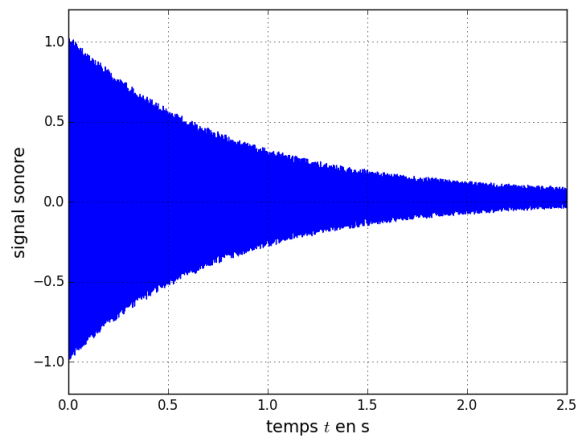
La demi-largeur angulaire $\Delta\theta$ du pic d'ordre 0 est donnée par l'une des formules approximatives suivantes, laquelle ?

- (a) $\Delta\theta \simeq \frac{\lambda}{\ell}$; (b) $\Delta\theta \simeq \frac{\lambda}{L}$; (c) $\Delta\theta \simeq \frac{\lambda}{a}$; (d) $\Delta\theta \simeq \frac{\ell}{a}$

4. On considère un tuyau sonore, constitué par un cylindre homogène, ouvert à ses deux extrémités. La fréquence du son que le tuyau peut émettre dans l'air diminue si :

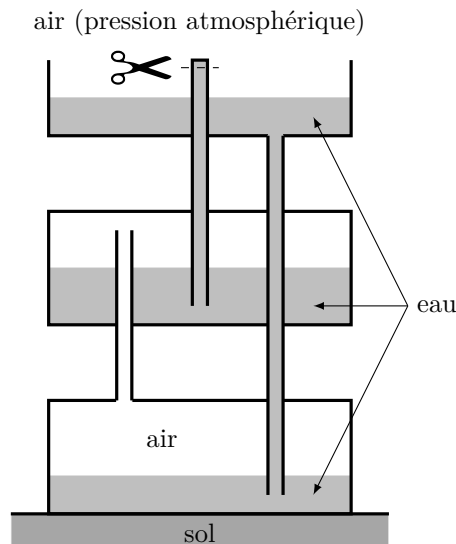
- (a) on remplace l'air par de l'hélium ;
 (b) on augmente la température de la pièce ;
 (c) on bouche l'une des extrémités du tuyau ;
 (d) on perce le tuyau à sa moitié.

5. Une guimbarde est un instrument de musique constitué d'une lame de métal que le musicien fait vibrer devant sa bouche ouverte. La figure suivante est l'enregistrement du son produit par la guimbarde, de fréquence 200 Hz. Quel est approximativement le facteur de qualité du système ?



- (a) 125 (b) 1000 (c) 10 (d) 500

6. Sur le système suivant, initialement au repos, on coupe l'extrémité supérieure du tube central. Que se passe-t-il ?



- (a) L'eau jaillit du tube central.
- (b) Le niveau d'eau baisse dans le tube central.
- (c) Rien.
- (d) On ne peut rien dire : il manque une donnée.

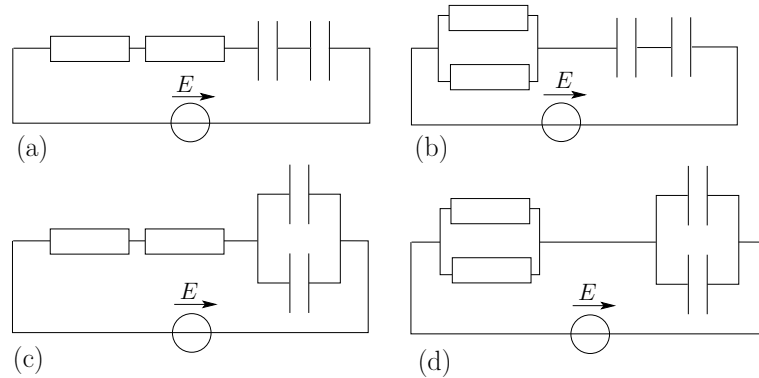
7. Un faisceau parallèle de neutrons parvient avec une vitesse V sur une petite ouverture circulaire de diamètre d . Les neutrons reçus par un détecteur situé à une distance L en aval de l'ouverture se répartissent principalement sur un disque de diamètre $D \ll L$. Quel serait le diamètre du disque avec des neutrons de vitesse $2V$, une ouverture de diamètre $2d$, et une distance ouverture-détecteur $2L$?

- (a) $2D$
- (b) $4D$
- (c) $D/2$
- (d) $D/4$

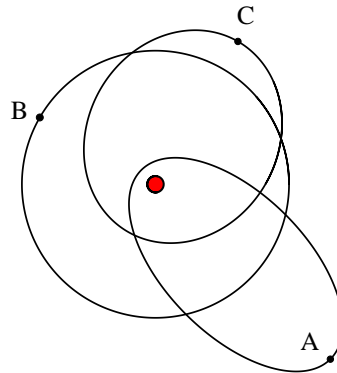
8. On imagine deux étoiles sphériques A et B de même luminosité (c.-à-d. qu'elles émettent la même puissance lumineuse), mais dont les températures en surface varient du simple au double : $T_B = 2T_A$. Que peut-on dire du rayon de l'étoile B par rapport à celui de l'étoile A ?

- (a) $R_B = 4R_A$
- (b) $R_B = 2R_A$
- (c) $R_B = R_A/2$
- (d) $R_B = R_A/4$

9. On dispose d'un générateur de tension continue idéal, de deux résistances identiques et de deux condensateurs identiques. Indiquer le circuit, parmi ceux proposés, qui permet de charger le plus rapidement les condensateurs.



10. On imagine un système planétaire constitué par une étoile et trois planètes, dont les trajectoires sont représentées ci-dessous. On note E_{mA} , E_{mB} et E_{mC} les énergies mécaniques de chacune des planètes.



Que peut-on dire de E_{mA} , E_{mB} et E_{mC} ?

- (a) $E_{mA} > E_{mB} > E_{mC}$ (c) $E_{mA} > E_{mC} > E_{mB}$
 (b) $E_{mA} = E_{mB} > E_{mC}$ (d) $E_{mB} > E_{mA} > E_{mC}$

11. La puissance de Larmor correspond à la puissance rayonnée par une particule de charge q , d'accélération a . Parmi les formules suivantes, où c est la célérité de la lumière dans le vide, ϵ_0 la permittivité diélectrique du vide, laquelle peut correspondre à cette puissance ?

- (a) $\frac{q^4 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$ (b) $\frac{q^4 a^2}{6\pi\epsilon_0^2 c^3}$ (c) $\frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$ (d) $\frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^2}$

12. Le Soleil est vu depuis la Terre depuis un rayon angulaire apparent d'environ 5×10^{-3} rad. La puissance surfacique du rayonnement qu'on en reçoit vaut $1\,300 \text{ W.m}^{-2}$. Quelle est la puissance surfacique au voisinage du foyer-image d'une loupe dont le rayon et la distance focale valent respectivement 4 cm et 15 cm ?

- (a) $7,4 \times 10^6 \text{ W.m}^{-2}$ (b) $1\,300 \text{ W.m}^{-2}$ (c) $3,7 \times 10^6 \text{ W.m}^{-2}$ (d) 69 kW.m^{-2}

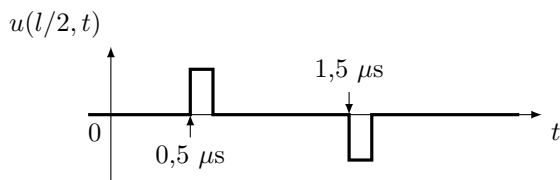
13. On observe depuis la surface de la Terre une étoile dont la direction semble faire un angle d'exactement 45° par rapport au zénith (verticale ascendante). L'indice de réfraction de l'atmosphère au niveau du sol est de 1,00029. Quel est l'angle réel que fait la direction de l'étoile avec le zénith ?

- (a) 45° (b) $45,02^\circ$ (c) $46,44^\circ$ (d) $44,98^\circ$

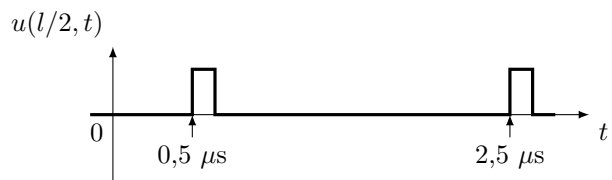
14. Un câble coaxial peut être le siège de la propagation d'un signal de tension électrique. On envoie une impulsion unique de tension très courte dans un câble de longueur l . Un oscilloscope placé immédiatement en entrée du câble affiche le signal de tension $u(0, t)$ de la figure ci-dessous.



Quel signal $u(l/2, t)$ aurait-il affiché s'il avait été placé au milieu du câble ?



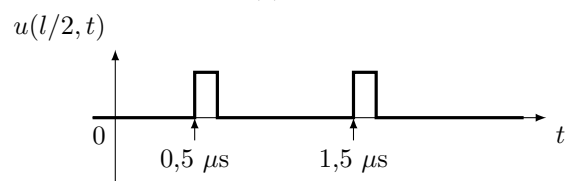
(a)



(b)

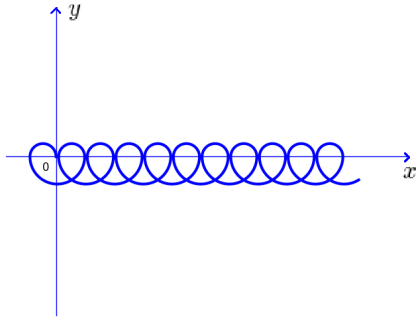


(c)

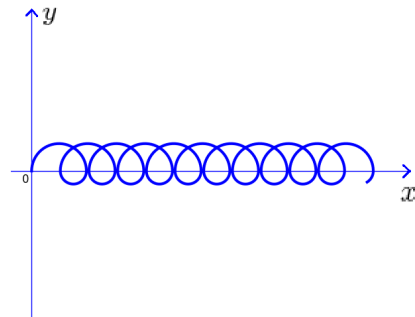


(d)

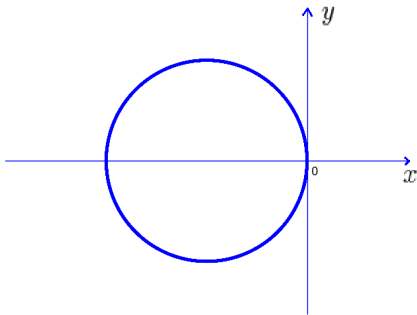
15. Un électron non-relativiste est lancé avec une vitesse $V\vec{u}_y$ (avec $V > 0$) depuis l'origine O d'un repère $Oxyz$. Il est soumis à un champ magnétostatique $B_1\vec{u}_z$ dans le demi-plan $y > 0$ et $B_2\vec{u}_z$ dans le demi-plan $y < 0$ (avec $B_2 > B_1 > 0$). Quelle est l'allure de sa trajectoire ?



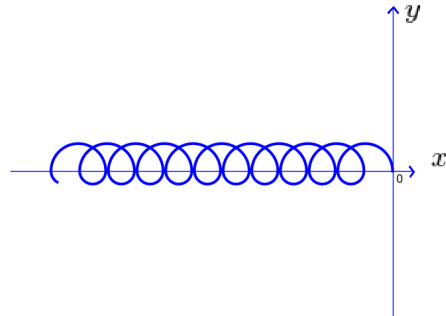
(a)



(b)



(c)



(d)

16. Que vaut en ordre de grandeur (sous forme d'une puissance de 10) le rapport entre l'énergie cinétique de rotation de la Terre autour de son axe (dans le référentiel géocentrique) et son énergie cinétique de rotation autour du Soleil (dans le référentiel héliocentrique) ?

- (a) 10^0 (b) 10^{-2} (c) 10^{-4} (d) 10^{-6}

17. Le positron et l'électron ont des masses m identiques. Lors d'un choc élastique entre un électron et un positron, toute leur énergie est libérée sous la forme de deux photons.

Un positron parvient avec une vitesse $v = 0,8c$ sur un électron au repos, et leur choc produit deux photons d'énergies E_1 et E_2 , se propageant respectivement dans le même sens et dans le sens contraire du positron avant le choc. Que valent E_1 et E_2 respectivement ?

- (a) mc^2 et mc^2 (c) $2mc^2$ et $2mc^2/3$
 (b) $7mc^2/3$ et $mc^2/3$ (d) $2mc^2/3$ et $2mc^2$

18. Un filet d'eau sort d'un robinet avec le débit volumique D , la section de sortie a un rayon r_0 . On note h la distance à la sortie pour laquelle le rayon de la section du filet a été divisé par 2 en régime permanent. L'écoulement d'eau peut être considéré comme celui d'un fluide parfait, la pression en tout point du filet d'eau est supposée égale à la pression ambiante et les phénomènes de tension superficielle sont négligeables.



Si on choisit un robinet de rayon de sortie $2r_0$, avec un débit $2D$, comment est modifiée la distance h ?

- (a) $h \rightarrow h/8$ (b) $h \rightarrow h/4$ (c) $h \rightarrow h/2$ (d) h est inchangée.

19. Un petit train électrique se dirige en ligne droite à vitesse constante v vers un émetteur/récepteur d'ultrasons, de fréquence f et de célérité c . Que peut-on dire des battements obtenus par superposition du signal émis et du signal reçu après réflexion sur le train ?

- (a) La fréquence des battements est $2fv/c$ et la fréquence de la porteuse est légèrement supérieure à f .
 (b) La fréquence des battements est fv/c et la fréquence de la porteuse est légèrement supérieure à f .
 (c) La fréquence des battements est $2fv/c$ et la fréquence de la porteuse est légèrement inférieure à f .
 (d) La fréquence des battements est fv/c et la fréquence de la porteuse est légèrement inférieure à f .

20. Un avion de chasse vole horizontalement à la vitesse de Mach 1,5 ($510 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), à une altitude de 1 000 m. À l'instant $t = 0$, il passe à la verticale d'un observateur. À quel instant l'observateur entend-il le bang sonique ?

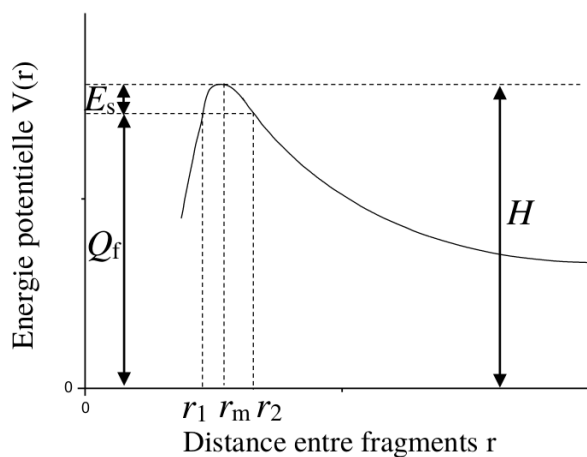
- (a) $t = 2,2 \text{ s}$ (b) $t = 2,9 \text{ s}$ (c) $t = 3,1 \text{ s}$ (d) $t = 3,8 \text{ s}$



**Exercice (CPGE)
IPhO 2016**

Exercice n°1 : le processus de fission

La fission nucléaire est le phénomène par lequel un noyau lourd se fragmente en nucléides plus légers. Cette réaction nucléaire se traduit par l'émission de neutrons et un dégagement d'énergie très conséquent. Pour des énergies seuil de fission instantanée E_s relativement faibles, la barrière de potentiel $V(r)$ entre les abscisses r_1 et r_2 de la figure, peut être approximée par une parabole du type $V(r) = H - \frac{1}{2}K(r - r_m)^2$.



Question n°1

Q_f représente le bilan énergétique du processus, paramètre important pour que la fission puisse avoir lieu. On remarque que pour r_1 et r_2 , on a $V(r) = Q_f$. Etablir l'expression de l'épaisseur $a = r_2 - r_1$ de la barrière en fonction de E_s et de la constante K .

Question n°2

Le facteur de de Gamow donne, dans un cadre quantique, la probabilité que deux noyaux s'approchent suffisamment l'un de l'autre pour que la force nucléaire forte puisse surpasser la barrière coulombienne. Montrer que ce facteur $G = \frac{2}{\hbar} \sqrt{2m} \int_{r_1}^{r_2} \sqrt{V(r) - Q_f} dr$ peut se réécrire dans le cas de l'approximation parabolique $G = \frac{a}{\hbar} \frac{\pi}{2} \sqrt{2mE_s}$.

On suggère les changements de variables successifs $x = r - r_m$ puis $x = \frac{a}{2} \sin \varphi$ pour lesquels il serait alors conseillé de bien préciser à chaque étape les bornes d'intégration.

Question n°3

Calculer numériquement la transparence $P = e^{-G}$ de la barrière pour ^{238}U en prenant $E_s = 5,8\text{MeV}$, $mc^2 \simeq 60 \times 931,5\text{MeV}$ et $a = 15\text{fm}$. On donne $\hbar c = 197,3\text{MeV}\cdot\text{fm}$.

Question n°4

Comment s'appelle l'effet permettant au noyau lourd d'aller vers les r très grands ? Sachant que le temps de demi-vie de fission spontanée de ^{238}U est voisine de 6.10^{15}s , déterminer l'ordre de grandeur du nombre de chocs que les fragments de fission effectuent par seconde contre la barrière en $r = r_1$.

Exercice n°2 : étude d'un quartz d'horlogerie

Mise en évidence en 1880 par les frères Pierre et Jacques Curie, la piézo-électricité est depuis utilisée couramment dans la vie quotidienne. Ce phénomène est propre à certains cristaux comme le quartz : lorsqu'ils sont soumis à des contraintes mécaniques (par exemple lorsqu'on les comprime), une tension électrique apparaît aux bornes du cristal. Inversement, lorsqu'on applique une tension électrique aux bornes du cristal, celui-ci se déforme proportionnellement à la tension électrique appliquée.

On peut ainsi transformer des résonateurs mécaniques en résonateurs électriques et réaliser des horloges.

Question n°1

On modélise le résonateur à quartz par une lame de longueur l , d'épaisseur e et de hauteur h . La hauteur et l'épaisseur de la plaque sont très petites devant sa longueur. Le module d'Young du quartz vaut $E = 7,87 \cdot 10^{10} \text{ N.m}^{-2}$ et sa masse volumique est $\rho = 2,65 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

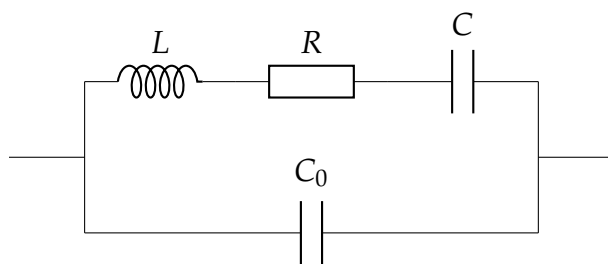
La fréquence propre des quartz utilisés couramment en horlogerie est de l'ordre de $f = 32 \text{ kHz}$. En explicitant la modélisation réalisée, proposer un ordre de grandeur de la longueur de la lame de quartz utilisée dans les montres.

Commenter ce résultat.

Question n°2

On s'intéresse maintenant à la modélisation électronique du quartz.

Le condensateur C_0 est la capacité du composant et les éléments L, R, C sont la représentation sous forme d'une impédance électrique des effets piézo-électriques associés à la vibration du quartz.



On pose $\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ et $\omega_p = \sqrt{1 + \frac{C}{C_0}}\omega_s$ les deux pulsations caractéristiques du circuit (pulsation de résonance série et parallèle) et $Q = \frac{L\omega_s}{R}$ le facteur de qualité du circuit.

Proposer deux dipôles ayant respectivement comme pulsation propre ω_s et ω_p et expliquer le nom choisi pour ces deux grandeurs.

Question n°3

En prenant les valeurs $C = 3,00 \cdot 10^{-15} F$, $L = 7,86 \cdot 10^3 H$, $R = 32,0 \cdot 10^3 \Omega$ et $C_0 = 1,50 \cdot 10^{-12} F$, calculer numériquement ω_s et ω_p ainsi que les fréquences associées f_s et f_p . Ces résultats sont-ils cohérents avec la modélisation utilisée pour le comportement mécanique du quartz ?

Question n°4

Calculer numériquement Q .

On néglige souvent la résistance R pour l'étude électronique du quartz. Justifier ce choix.

Question n°5

On considère dans cette question que R est nulle. On notera j le nombre complexe tel que $j^2 = -1$.

Montrer que l'impédance complexe du circuit se met sous la forme $\underline{Z}(j\omega) = \frac{1}{j\alpha\omega} \frac{1 - (\frac{\omega}{\omega_s})^2}{1 - (\frac{\omega}{\omega_p})^2}$.

On donnera l'expression de α en fonction des données du problème.

Question n°6

Tracer l'allure de la réactance $X(\omega) = \text{Im}(\underline{Z}(j\omega))$ et du module de l'impédance $Z(\omega) = |\underline{Z}(j\omega)|$ du quartz. Dans quel domaine de fréquences le quartz se comporte-t-il comme un condensateur ? Comme une inductance ?

Question n°7

On prend maintenant en compte la résistance du quartz. Tracer qualitativement la nouvelle allure du module $Z(\omega)$. On justifiera les modifications sans s'appuyer sur un calcul complet.

Question n°8

Du point de vue de l'intensité traversant le quartz, comment qualifier les phénomènes observés pour $\omega = \omega_s$ et $\omega = \omega_p$? Quel avantage tire-t-on en travaillant plutôt autour de ω_s en horlogerie ?



Problème 1 (CPGE)
IPhO 2016

Problème 1 : Capteurs à effet Hall

De nombreux capteurs cachés dans les objets du quotidien (téléphone portable, lave linge ...) utilisent les propriétés du champ magnétique dans leur fonctionnement. Ces capteurs, robustes et peu onéreux, permettent, entre autres, de mesurer des vitesses ou des champs magnétiques, de détecter des pièces métalliques ou encore d'agir comme des mini boussoles. Ils utilisent l'effet Hall, découvert au XIX^{ème} siècle par le physicien américain Edwin Herbert Hall. Ces capteurs sont constitués de matériaux conducteurs (métaux ou semi-conducteurs) parcourus par un courant électrique et plongés dans un champ magnétique extérieur.

Le but de ce problème est de comprendre l'origine de l'effet Hall et d'étudier simplement une application.



1. Principe de l'effet Hall

L'effet Hall repose sur le fait qu'une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique subit une force, dite force de Lorentz.

- 1) Rappeler l'expression de la force de Lorentz magnétique \vec{F}_L s'exerçant sur une particule portant la charge électrique q et se déplaçant à une vitesse \vec{v} dans un champ magnétique \vec{B} .

Considérons maintenant une plaque conductrice parallélépipédique, de longueur L , de largeur a et d'épaisseur b (figure 1, page suivante).

Cette plaque conductrice alimentée par une source de tension continue (non représentée sur la figure) est parcourue par un courant continu d'intensité $I > 0$ uniformément réparti sur la section $S = a \times b$ de la plaque. La conduction électrique est assurée par des porteurs de charge identiques, de charge q et dont le nombre par unité de volume est noté n (n est donc la densité volumique de porteurs de charge). En régime établi, on suppose que les porteurs de charge se déplacent tous à la même vitesse $\vec{v} = v \vec{u}_x$ dans la direction Ox ($v = cte$).

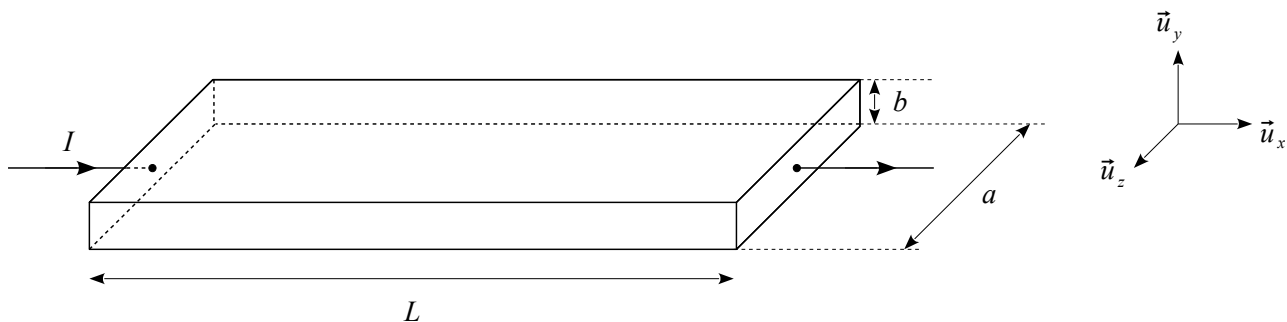


Figure 1 : Schéma de la plaque conductrice

- 2) En exprimant que l'intensité I du courant dans la plaque est le débit de charges électriques à travers la section S , montrer que $I = n \times q \times a \times b \times v$.

Étude du régime transitoire

Lorsque la plaque conductrice est placée dans un champ magnétique extérieur uniforme $\vec{B} = B\vec{u}_y$ ($B > 0$) perpendiculaire à la direction du courant (figure 2), après un bref régime transitoire, on enregistre une différence de potentiel entre les points P_1 et P_2 . Cette tension, notée $U_H = V_{P_1} - V_{P_2}$, est appelée tension de Hall.

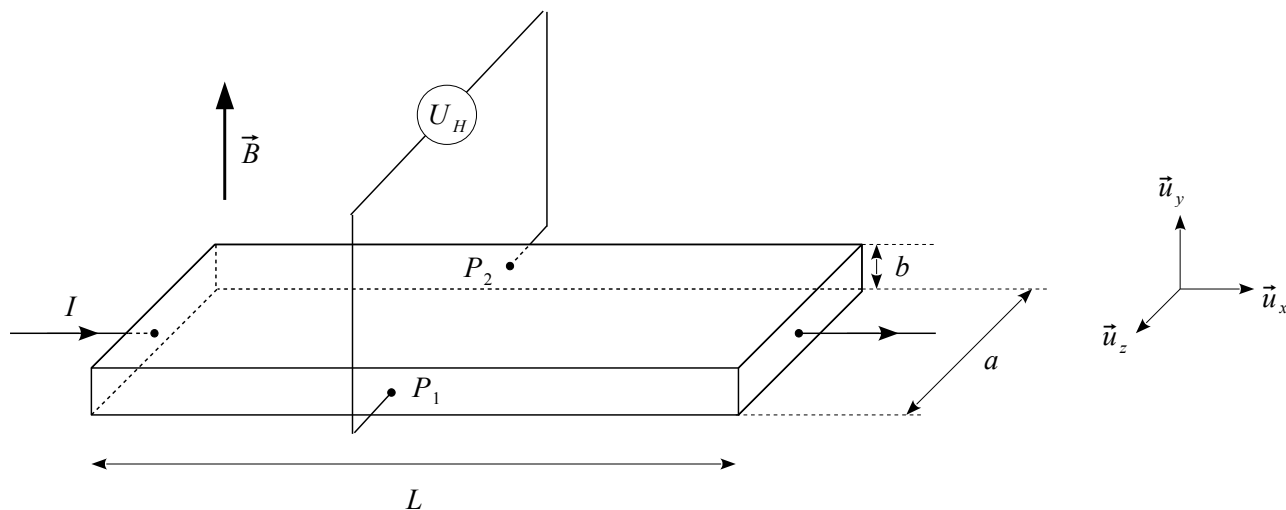
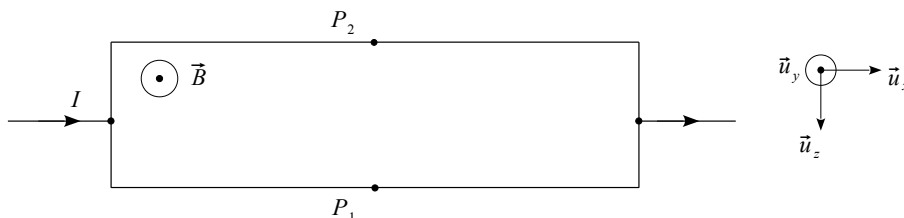


Figure 2 : Plaque conductrice placée dans le champ magnétique

Le but des questions suivantes est de comprendre l'origine de cette tension et de montrer qu'elle est proportionnelle au champ magnétique B et à l'intensité du courant électrique I .

- 3) Donner l'expression de la force de Lorentz magnétique s'exerçant sur un porteur de charge libre se déplaçant dans la plaque en fonction de q , v , B et d'un vecteur unitaire à préciser. Dans quel sens est-elle dirigée pour des porteurs dont la charge est négative ? positive ?
 Dans la suite, on s'intéressera plus particulièrement au cas où les porteurs de charge libres sont des électrons (cas d'un conducteur métallique). Quel est l'effet de cette force sur la trajectoire d'un électron ?

- 4) Sous l'effet de la force magnétique, il y a accumulation d'électrons libres sur une face de la plaque et défaut d'électrons libres sur une autre.
 a) Sur le schéma ci-dessous, identifier ces deux faces par des signes « + » (symbolisant un défaut d'électrons) et des signes « - » (symbolisant une accumulation d'électrons).



- b) Ce déséquilibre est à l'origine de la tension de Hall U_H . Quel est le signe de U_H dans le cas d'un conducteur métallique ?

- 5) Cette différence de potentiel crée dans la plaque conductrice un champ électrique $\vec{E}_H = E_H \vec{u}_z$, appelé champ de Hall. On suppose que, dans la plaque, le champ de Hall est tel que les lignes de champ ont l'allure suivante (en pointillés sur la figure 3).

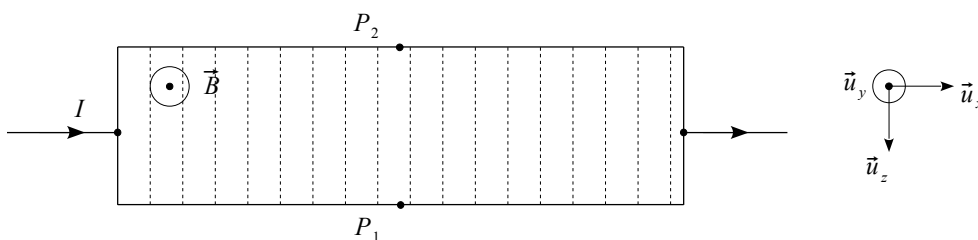


Figure 3 : Lignes de champ du champ de Hall dans la plaque

- a) Toujours dans le cas où les porteurs de charge sont des électrons libres, compléter la figure 3 en orientant les lignes de champ.
- b) La relation entre la tension de Hall U_H et le champ de Hall \vec{E}_H s'écrit :

$$U_H = \int_1^2 \vec{E}_H \cdot \vec{dl}$$

où \vec{dl} est le déplacement élémentaire le long d'une ligne de champ pour aller de P_1 à P_2 .

En déduire une relation entre U_H , E_H et a .

Quels sont les signes de U_H et E_H si $q > 0$ et si $q < 0$?

- 6) Sous l'effet du champ de Hall, la force de Lorentz possède en plus une composante électrique. En ne considérant que le champ électrique de Hall, donner l'expression de cette composante électrique, notée \vec{F}_e , en fonction de q et \vec{E}_H . Quel est le sens de cette force par rapport à celui de la force de Lorentz magnétique établie à la question 3 ? Ce sens dépend-il du signe de q ?

Étude du régime permanent

Après ce bref régime transitoire, un régime permanent s'établit dans la plaque. Les porteurs de charge libres se trouvent alors animés d'un mouvement rectiligne uniforme, à la vitesse $\vec{v} = v \vec{u}_x$ dans la direction Ox.

- 7) En appliquant le principe fondamental de la dynamique à un porteur de charge libre, établir une relation entre \vec{E}_H , \vec{v} et \vec{B} .

8) En déduire que la tension de Hall s'écrit sous la forme $U_H = \frac{C_H \times I \times B}{b}$ où C_H est la constante de Hall, à exprimer en fonction de n et q . Quel est le signe de C_H en fonction de celui de q ?

9) Application numérique : considérons un capteur dont la plaque conductrice est en cuivre (masse volumique $\rho = 8,92 \text{ g.cm}^{-3}$, masse molaire $M = 64 \text{ g.mol}^{-1}$).

a) Sachant que chaque atome de cuivre met en jeu un électron libre pour la conduction, déterminer l'expression de n , nombre de porteurs de charge par unité de volume, en fonction de ρ , M et du nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, puis calculer sa valeur.

b) On donne $B = 1,0 \text{ T}$, $I = 1,00 \text{ A}$, $b = 0,1 \text{ mm}$ et $q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Calculer la valeur absolue de la tension de Hall. Commenter.

c) Les capteurs à effet Hall sont en réalité fabriqués avec des matériaux semi-conducteurs. En effet, ces derniers ont permis d'obtenir des tensions de Hall plus élevées. Expliquer pourquoi en vous aidant du tableau ci-dessous donnant quelques caractéristiques de conducteur métallique et de semi-conducteur.

	n (en m^{-3})	q (en C)	conductivité γ (en S.m^{-1})
Conducteur métallique	7×10^{28}	$-1,6 \times 10^{-19}$	6×10^7
Semi-conducteur	2×10^{22}	$1,6 \times 10^{-19}$	3×10^2

Tableau 1: caractéristiques de matériaux utilisés pour réaliser des capteurs à Effet Hall

- d) Dans un semi-conducteur, le nombre de porteurs de charge libres augmente lorsque la température augmente si bien que la constante de Hall varie avec la température selon la loi suivante :

$$C_H = A \exp\left(\frac{\theta}{T}\right) \text{ où } A \text{ et } \theta \text{ sont des constantes et } T \text{ la température exprimée en kelvins}$$

Avec θ de l'ordre de 2000 K, exprimer puis calculer la valeur absolue de la variation relative de la constante de Hall lorsque la température s'élève de 10 K par rapport à la température ambiante que l'on prendra égale à 300 K. Commenter.

- 10) Justifier de l'intérêt de l'effet Hall dans la mesure de valeurs de champ magnétique.

2. Application : utiliser des capteurs à effet Hall pour réaliser une mini boussole

Sur les téléphones portables et les tablettes tactiles, il est possible de télécharger une application « boussole » qui nous permet de nous repérer aisément par rapport au Nord et ainsi toujours garder le cap en marchant. Cette « boussole » intégrée dans nos téléphones n'est pas une boussole au sens classique du terme. C'est en réalité un dispositif permettant de mesurer, grâce notamment à plusieurs capteurs à effet Hall plans judicieusement positionnés, la direction du champ magnétique terrestre où l'on se trouve.



11) Influence de la direction du champ magnétique

- a) Dans un premier temps, revenons au schéma de la figure 2 et supposons que le champ magnétique extérieur est désormais orienté selon la direction Oz ($\vec{B} = B\vec{u}_z$), la mesure de la tension de Hall se faisant toujours entre les points P_1 et P_2 . Que vaudra U_H ? On justifiera brièvement la réponse.

- b) À quelle direction du champ magnétique un capteur plan est-il sensible ?

- 12) Expliquer alors comment, grâce à des capteurs à effet Hall, il est possible de détecter la direction du champ magnétique terrestre et de se repérer par rapport au Nord, quelle que soit la position du téléphone portable.



**Problème 2 (CPGE)
IPhO 2016**

Problème n°2 : Vol spatial grâce à la lumière

Le héros d'un film de science-fiction se retrouve dans l'espace avec pour seul moyen de locomotion une lampe à dynamo, permettant de transformer le mouvement de rotation d'une manivelle en de la lumière émise par une lampe.



Pour répondre à la question qui suit, il appartient au candidat de modéliser la situation. Il est notamment attendu de sa part :

- *qu'il schématise la situation expérimentale ;*
- *qu'il introduise les grandeurs physiques pertinentes et qu'il associe à chacune d'elles une notation ;*
- *qu'il précise les lois physiques qu'il est amené à utiliser ainsi que les hypothèses et approximations qu'il est amené à formuler ;*
- *que ses calculs soient menés littéralement mais qu'ils aient pour but final d'obtenir une valeur numérique typique pour des conditions expérimentales réalistes ;*
- *qu'il critique les résultats obtenus et propose des améliorations à la modélisation qu'il aura conduite.*

Question : Estimer la distance que peut parcourir l'astronaute à l'aide de sa lampe en 24h. On pourra se servir de la notion de quantité de mouvement.



FIN de l'épreuve