

TD n°2 Révisions Oraux

1 Thermodynamique (CCP)

On considère deux états A et B aux pressions $p_A = 5$ bar et $p_B = 1$ bar et de même température T . On s'intéresse aux variations d'entropie d'une mole de gaz parfait d'exposant adiabatique $\gamma = 1,40$ passant de l'état A à l'état B.

- Chemin 1 : le système subit deux transformations réversibles successives, la première adiabatique réversible de p_A à p_B (état intermédiaire C), puis de C à B; Calculer ΔS_1 .
- Chemin 2 : le système subit une seule transformation réversible. Préciser laquelle. Calculer ΔS_2 .
- Chemin 3 : le système subit une transformation irréversible. Calculer ΔS_3 .

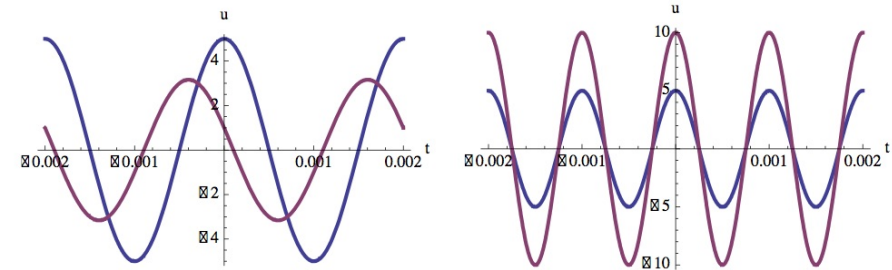
Tracer dans le diagramme de Clapeyron et dans le diagramme entropique les différents chemins avec les étapes intermédiaires. Commenter.

2 Electrocinétique (CCP)

On alimente un filtre de fonction de transfert :

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + jQ(x - 1/x)} \quad \text{où } x = \frac{f}{f_0}$$

avec une tension sinusoïdale $u_e(t) = 5 \cos(2\pi f t)$. On observe à l'oscilloscope les courbes ci-dessous, avec $f = 500$ Hz (la première) et $f = 1000$ Hz.



1. Calculer H_0 , f_0 et Q .
2. Déterminer la tension de sortie $u_s(t)$ pour $f = 300$ Hz et $f = 3000$ Hz. Représenter $u_s(t)$ pour $f = 300$ Hz.

3 Électromagnétisme - Thermodynamique (Centrale)

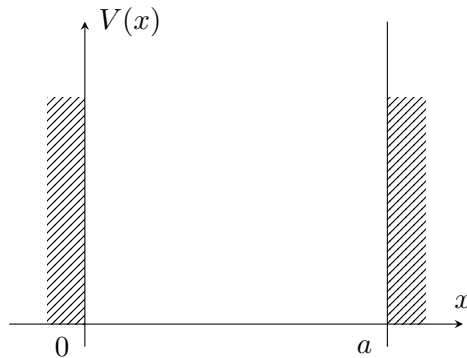
Une OPPM de vecteur $\vec{E} = E_0 \exp i(\omega t - k_i z) \vec{e}_x$ arrive en incidence normale depuis le vide ($z < 0$) sur un métal occupant le demi-espace $z > 0$. Caractéristiques du métal : conductivité électrique γ , conductivité thermique κ , masse volumique μ , capacité calorifique massique c . Dans le métal, on note \vec{j}_e et \vec{j}_Q les vecteurs densité de courant électrique et thermique.

On étudie la variation de température à l'intérieur du métal. On suppose $\rho_e = 0$ et $j_{\text{deplact}} \ll j_e$.

1. Établir l'équation de propagation du champ électromagnétique dans le métal.
2. Montrer que $\vec{E} = E_0 \exp(-z/\delta) \exp i(\omega t - z/\delta) \vec{e}_x$ est solution de cette équation. Déterminer δ en fonction de ω , γ et μ_0 .
3. Quelle est la signification de $\vec{j}_e \cdot \vec{E}$? Calculer $\vec{j}_e \cdot \vec{E}$ puis sa moyenne temporelle notée p .

4. On s'intéresse maintenant à l'aspect thermique. On suppose que ω est assez grand pour pouvoir assimiler l'effet de $\vec{j}_e \cdot \vec{E}$ à celui de p . On se place en régime permanent.
- Quelle est la relation entre $j_Q(z)$ et p en fonction des données de l'énoncé ?
 - Déterminer $T(z)$ dans le métal sachant que $T \rightarrow T_0$ si $z \rightarrow +\infty$

4 Mécanique quantique (CCP)

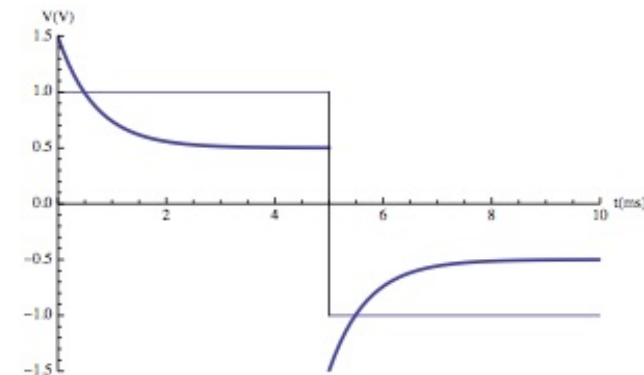
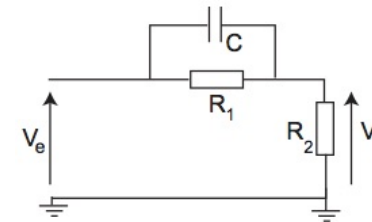


Un électron de masse m se situe dans un puits infini de largeur a ($0 < x < a$).

- Résoudre l'équation de Schrödinger et déterminer les niveaux d'énergie.
- Calculer la densité de probabilité de présence, quelle propriétés de normalisation doit-elle vérifier ? Calculer la position moyenne de l'électron.
- On suppose maintenant qu'il y a N électrons et qu'il n'en existe que 2 par niveau d'énergie (principe d'exclusion de Pauli). Calculer l'énergie totale. On donne : pour $M \gg 1$: $\sum_{n=1}^M n^2 \approx \frac{M}{3}$

5 Électrocinétique (Mines)

Soit le filtre de la figure 1 ci-dessous :



- V_e est un échelon de tension : $V_e(t) = 0$ si $t < 0$ et $V_e(t) = V_0$ si $t \geq 0$. Déterminer les valeurs de $V_s(0^+)$ et de $\lim_{t \rightarrow +\infty} V_s$.
- Établir l'équation différentielle reliant $V_e(t)$ et $V_s(t)$.
- On prend $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$. Déterminer R_2 et C à l'aide de l'oscillogramme de la figure 2 dans lequel $V_e(t)$ est la fonction créneau et V_s l'autre courbe. Étudier les discontinuités de V_s .

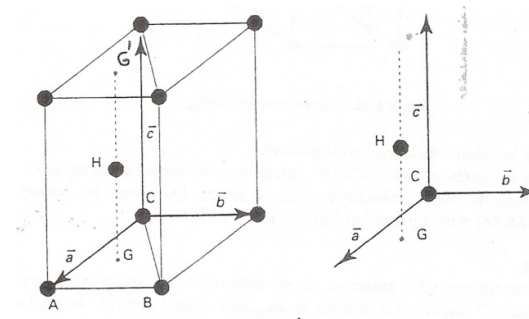
6 Michelson (CCP)

On considère un interféromètre de Michelson en lame d'air à faces parallèles, éclairé avec une source ponctuelle de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$, située au foyer d'une lentille de focale f_1 . Pour la séparatrice $R = T = 50\%$. Un détecteur D est situé à la sortie dans le plan focal image d'une lentille de focale f_2 , son centre au foyer de la lentille. L'épaisseur optique de l'interféromètre est x .

- Déterminer la différence de marche $\delta(x)$ au centre du détecteur.
- Donner l'expression de l'intensité lumineuse I au centre du détecteur, puis tracer I en fonction de la distance x entre les deux miroirs. Quelle est la valeur de I pour $x = 0$?
 - On déplace M_2 de $2 \mu\text{m}$. Déterminer le nombre de minima qu'on va voir défiler.
 - Déterminer l'ordre d'interférences au centre pour $x = 0,5 \mu\text{m}$. Que peut-on dire de I ?
- On intercale entre la séparatrice et M_2 un film de savon schématisé par une lame à faces parallèles multicouche : une épaisseur e_1 d'indice n_1 , une épaisseur e_2 d'indice n_2 , une épaisseur e_1 d'indice n_1 .
 - Déterminer la nouvelle différence de marche au centre du détecteur.
 - Différence entre la nouvelle $I(x)$ et l'ancienne ?

7 Cristallographie (CCP)

Le cobalt, de rayon atomique $R = 125 \text{ pm}$ cristallise dans le système hexagonal compact. On rappelle que ABC est un triangle équilatéral d'arête a et que tous les atomes (assimilés à des sphères de même rayon R) sont en contact. La figure ci-dessous donne la maille à base losange de cette structure :

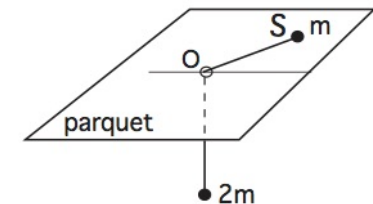


- Déterminer le rapport c/a de cette maille.
- Calculer la compacité C de ce réseau cristallin. Étant donné un atome Co du réseau, quel est son nombre de plus proches voisins $[\text{Co}]/[\text{Co}]$?
- La masse volumique expérimentale est $\rho = 8,90 \text{ g.cm}^{-3}$. En déduire a et c . On donne $M(\text{Co}) = 58,9 \text{ g.mol}^{-1}$.

Réponses : 1. $\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$, 2. $C = \frac{\pi}{3\sqrt{2}}$, 12 ppv, 3. $a \approx 250 \text{ pm}$ et $c \approx 408 \text{ pm}$.

8 Mécanique (Centrale)

Sur un parquet très glissant se trouve une souris S en plastique de masse m . Elle est fixée à une extrémité d'un fil inextensible de longueur L . À l'autre extrémité, pendant à travers un trou, se trouve une masse $2m$. À $t = 0$, la masse $2m$ est juste en dessous du trou. Pour les A.N., on prendra $m = 100 \text{ g}$ et $L = 2,0 \text{ m}$.



- Relation entre l'accélération a_s de la souris et celle a_m de la masse $2m$?

- b) La vitesse initiale étant nulle, déterminer la position à l'instant t .
2. a) Déterminer l'instant t_0 tel que la souris soit à $L/2$ du trou.
b) Déterminer la vitesse à t_0 .
3. Un chat est sur le parquet et s'énervé. Il donne un coup de patte à la souris et lui transmet une vitesse $v_1 = 1,0 \text{ m.s}^{-1}$ orthogonale au fil.
a) Déterminer et exprimer les constantes du mouvement.
b) Montrer et expliquer que l'énergie mécanique se conserve.

9 Michelson (Centrale)

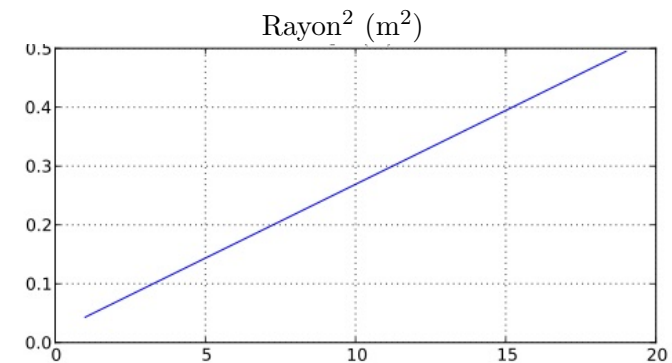
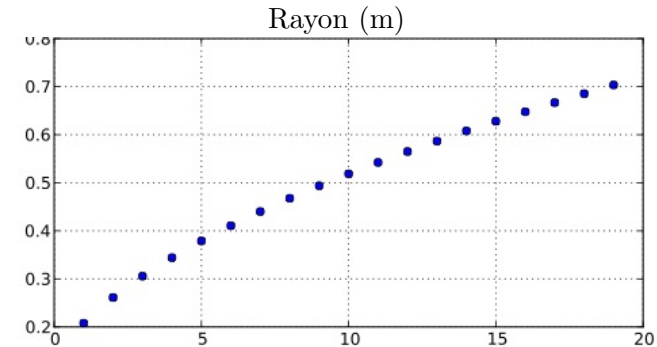
On dispose d'un Michelson, d'une lentille de distance focale $f' = 1,0 \text{ m}$, d'un filtre interférentiel accordé sur la longueur d'onde $\lambda = 546 \text{ nm}$, d'une lampe au mercure et d'un écran. L'indice de l'air est supposé égal à 1.

1. Réaliser le montage pour observer des anneaux d'égalles inclinaisons.
2. Calculer la différence de marche en un point M de l'écran en fonction de r , distance de M au centre de la figure.
3. On pose $p_0 = k_0 + \varepsilon$, $k_0 \in \mathbb{Z}$ (p_0 ordre au centre). Montrer que :

$$R = f' \sqrt{\frac{\lambda}{e}(m + \varepsilon)}$$

Quelles sont les valeurs de m possibles ?

4. À l'aide des figures ci-dessous qui donnent les rayons des anneaux en fonction de m , donner les valeurs de e et ε .



10 Mécanique quantique (Mines)

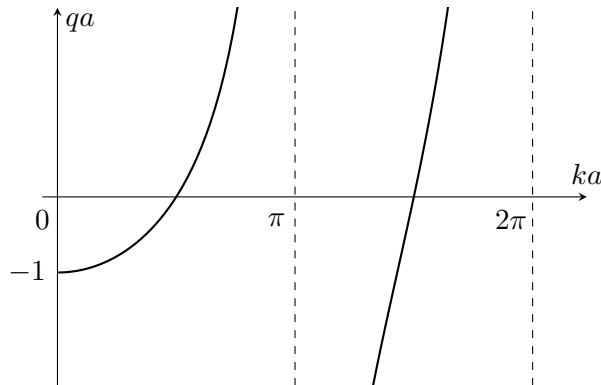
Soit une particule de masse m et d'énergie E . On suppose que son énergie potentielle vérifie :

$$\begin{cases} x < 0 & : V(x) = +\infty \\ 0 \leq x \leq a & : V(x) = 0 \\ x > a & : V(x) = V_0 \end{cases}$$

On s'intéresse aux états liés et on pose :

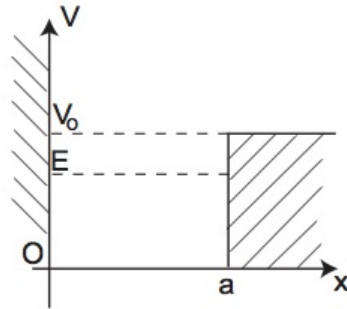
$$k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}} \quad \text{et} \quad q = \sqrt{\frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}}$$

1. Montrer que : $qa = -ka \cotan(ka)$.
2. Déterminer $(ka)^2 + (qa)^2$. La figure ci-dessous donne une représentation de l'application $x \mapsto -x \cotan(x)$ sur $[0, 2\pi]$.



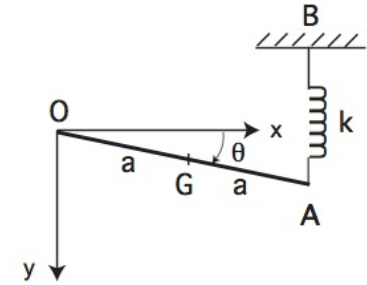
En raisonnant dans le plan (ka, qa) , en déduire :

- a) Que l'énergie est quantifiée.
- b) La valeur minimale de a pour qu'une particule dans ce puit ait un état lié.



11 Mécanique (CCP)

Une tige homogène de centre de masse G , de masse m , de longueur $2a$ est fixée en O à une de ses extrémités, l'autre étant fixée à un ressort de longueur à vide ℓ_0 et de constante de raideur k . La tige a un moment d'inertie par rapport à Oz égal à $J = \frac{4}{3}ma^2$. On note \vec{g} le champ de pesanteur. Il n'y a aucun frottement. À l'équilibre, la tige est horizontale et on considère le ressort constamment parallèle à l'axe vertical Oy .



1. Trouver la relation entre la longueur ℓ_e du ressort à l'équilibre et ℓ_0 .
2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par θ .
3. Exprimer T_0 , période des petites oscillations.

12 Optique géométrique CCP

On considère la figure ci-contre où la lentille (L_1) a une vergence $V_1 = 0,5 \delta$ et la lentille (L_2) une vergence $V_2 = 50 \delta$.

1. Comment avoir un système afocal ?
2. Taille et position de l'image de L_1 par L_2 ?
3. Tracer le trajet de deux rayons arrivant sur le système inclinés d'un angle α par rapport à l'axe optique. Calculer le grossissement G .

Quelques questions de cours :

1. Les lois du frottement solide.
2. Premier principe pour un fluide en écoulement. Détente de Joule-Thomson.
3. Théorème de Gauss. L'appliquer sur un exemple. Analogie avec le champ gravitationnel.
4. Champ et potentiel électrostatiques créés par un fil infini.
5. Champ et potentiel créés par un dipôle électrostatique.
6. Dipôle oscillant.
7. Action d'un champ magnétique sur un dipôle magnétique. Expression de l'énergie potentielle. Expliquer qualitativement l'influence du couple $\vec{\Gamma}$ et de la force résultante \vec{F} sur le dipôle.
8. Loi de l'induction électromagnétique.
9. Dispositif interférentiel des trous d'Young.
10. Interférences à N ondes. Retrouver la formule des réseaux.
11. Facteur de Boltzmann