TD n°1 Révisions Oraux

1 Guide d'onde (CCP)

On considère deux plans métalliques parfaits parallèles entre eux et situés en $x = 0$ et $x = a$. Une onde électromagnétique se propage entre ces deux plan, le milieu étant assimilé au vide. Le champ électrique de l'onde est donné par :

$$\vec{E} = E_n \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \exp(i\,(\omega t - kz)\,)\,\vec{u}_y$$

1. Déterminer le champ $\vec{B}$ associé à cette onde.
2. Quelle équation $\vec{E}$ vérifie-t-il ? Déterminer la relation de dispersion.
3. On ferme le guide par une paroi parfaitement conductrice en $z = L$. Que devient le champ électrique ? Commenter le résultat obtenu.

Réponses : 1. $\vec{B} = -E_n \frac{k}{\omega} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \exp(i\,(\omega t - kz))\,\vec{u}_x + E_n \frac{in\pi}{a\omega} \cos\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \exp(i(\omega t - kz))\vec{u}_z$, 2. $k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{n^2\pi^2}{a^2}$, 3. $\vec{E} = -2\,E_n \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin(kL - kz)\,\sin(\omega t - kL)\,\vec{u}_y$.

2 Trois trous d'Young (Petites Mines)

On considère un plan opaque percé de trois trous identiques et espacés d'une distance a. Ces trois trous sont éclairés par un faisceau de rayons parallèles à l'axe perpendiculaire au plan, obtenu en plaçant une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde λ au foyer objet d'une lentille convergente.

1. Déterminer l'éclairement obtenu sur un écran placé dans le plan focal image d'une lentille convergente de focale f'.
2. Généraliser à N trous et démontrer la formule des réseaux.

Réponse : 1. $I = I_0 \left[1 + 2\cos\left(\frac{2\pi a x}{\lambda f'}\right)\right]^2$, 2. Cours

3 Thermodynamique (CCP)

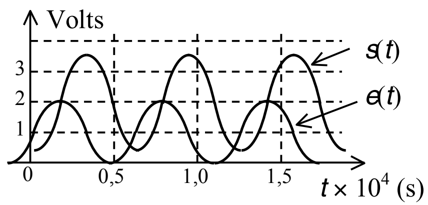
Un peu plus compliqué qu'un CCP classique. Un cylindre d'axe Oz, calorifugé, est séparé en deux compartiments par un piston vertical contenant chacun 1 mole de gaz parfait d'exposant adiabatique γ. Dans l'état initial, une force $\vec{F_0} = F_0\,\vec{u}_z$ ($F_0 > 0$) sur le piston permet de le maintenir au milieu du cylindre. Dans cet état les volumes des deux compartiments sont égaux à V_0, la pression du compartiment inférieur est P_0 et celle du compartiment supérieur est $2P_0$. Les températures des deux compartiments sont égales à T_0.

Déterminer ΔS, les volumes, températures et pressions dans l'état final ainsi que ΔUpour les deux transformations suivantes :

1. Le piston est adiabatique, la transformation est réversible : on passe lentement de la force $\vec{F_0}$ à une force nulle.
2. Le piston est diatherme, même transformation.

4 Filtre (Centrale)

Soit un filtre de transfert : $\underline{H} = \frac{G}{1 + 2\xi\,j\,\omega/\omega_0 - (\omega/\omega_0)^2}$. Le signal d'entrée est : $e(t) = E_0 + E_1 \sin(\omega t)$ avec $E_0 = E_1 = 1$ V. La sortie $s(t)$ est observée à l'oscilloscope. Déterminer G, ξ et ω_0.



Réponses : G = 2, $\xi = 2/3 \approx 0{,}67$ et $\omega_0 = 1{,}0 \times 10^5$ rad/s.

5 Association de lentilles (TPE/EIVP)

On considère un système optique centré utilisé dans les condition des Gauss et composé de deux lentilles convergentes identiques, de centres respectifs O_1 et O_2, de distance focale f', et distantes de $e = \dfrac{2f'}{3}$.

1. Déterminer la distance $\overline{O_1F}$, où F est le foyer objet du système constitué par les deux lentilles.
2. Déterminer la distance $\overline{O_2F'}$, où F' est le foyer image du système constitué par les deux lentilles.
3. Construire l'image d'un objet à l'infini, situé dans une direction α par rapport à l'axe optique. Déterminer sa position et sa taille d par le calcul.

Réponses : 1. $\overline{O_1F} = -\dfrac{f'}{4}$, 2. $\overline{O_2F'} = \dfrac{f'}{4}$, 3. $d = -\dfrac{3}{4} f' \tan\alpha$.

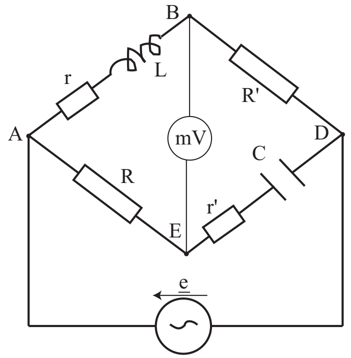
6 Distribution de charges (Mines)

Deux plaques infinies d'épaisseur e sont collées l'une contre l'autre. Pour $z \in [-e, 0]$, la plaque est chargée en volume avec une densité uniforme $-\rho_0$. Pour $z \in [0, e]$, la densité est $+\rho_0$. Déterminer le champ $\vec{E}$ et le potentiel V en tout point de l'espace.

Réponse : $\vec{E} = \begin{cases} \vec{0} & \text{pour} z \in\ ]-\infty, -e] \\ -\rho_0(z+e)\vec{u}_z & \text{pour} z \in [-e, 0] \\ \rho_0(z-e)\vec{u}_z & \text{pour} z \in [0, e] \\ \vec{0} & \text{pour} z \in [0, \infty[\end{cases}$ et $V = \begin{cases} 0 & \text{pour} z \in\ ]-\infty, -e] \\ \rho_0(z^2/2 + ez) & \text{pour} z \in [-e, 0] \\ -\rho_0(z^2 - ez) & \text{pour} z \in [0, e] \\ 0 & \text{pour} z \in [0, \infty[\end{cases}$

7 Pont électronique (CCP)

On considère le montage ci-dessous. La capacité C et la résistance r' sont réglables et réglés de telle façon qu'on ne mesure aucune différence de potentiel au niveau du millivoltmètre. On note $\underline{Z}$ l'impédance de la branche AB et $\underline{Z'}$ celle de la branche ED.



1. Déterminer $\underline{U}_{AB}$ en fonction de $\underline{Z}$, R' et $\underline{e}$.
2. Déterminer $\underline{U}_{AE}$ en fonction de $\underline{Z'}$, R et $\underline{e}$.
3. Déterminer une relation entre $\underline{Z}$, $\underline{Z'}$, R et R'.
4. Déterminer l'inductance L de la bobine en fonction de ω et d'autres paramètres.

8 Atomistique (Centrale)

1. Quelle est la structure électronique de l'azote (Z = 7) ainsi que la répartition des électrons de valence dans les sous-couches ?
2. Données : énergies de première ionisation, en eV :

	B	C	N	O
E_I	8,3	11,3	14,5	13,6

   a) Définir l'énergie de première ionisation. b) Commenter les valeurs.

3. Quelle est la formule de Lewis de l'acide nitrique HNO_3, sachant que N est l'atome central ?

9 Cristallographie (Centrale)

L'or cristallise selon un réseau cubique à faces centrées. On donne M(Au) = 197 g/mol, $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}.

1. Un cube d'or d'une masse $m = 1$ kg a une arête L = 3,72 cm. Calculer le paramètre a de maille.
2. En déduire le rayon R(Au). Quelle est la compacité ?
3. Position des sites octaédriques. Quel est le rayon maximal R_M d'un motif pouvant être inséré dans un site octaédrique sans déformation ?

Réponses : $a = 407$ pm, 2. R(Au) = 144 pm et C = 0,74, 3. $R_O \approx 60$ pm

10 Réservoir d'azote liquide (Mines)

Une sphère de rayon $R = 1{,}0$ m contenant de l'azote liquide (qui commence à se vaporiser à −196°C) est entourée d'une gaine sphérique en polystyrène d'épaisseur $e = 1{,}0$ cm et de conductivité thermique $\lambda = 0{,}1$ W.m^{-1}.K^{-1}. La face externe de la gaine est à 8,6°C, tandis que sa face interne est à −196°C.

Calculer la puissance thermique reçue par l'azote par conduction. Combien de temps τ faut-il pour que l'azote soit totalement sous forme gazeuse ? On donne la chaleur latente de vaporisation de l'azote liquide sous 1 bar : $L_v = 199$ kJ.kg^{-1} et sa masse volumique $\rho = 806$ kg.m^{-3}.

Réponses : $P = \dfrac{\lambda\, 4\pi R(R+e)}{e}\,\Delta T = 26$ kW et $\tau = \dfrac{\rho\, 4\pi R^3 L_v}{3P} \approx 7$ h15 mn.

11 Vecteur de Runge-Lenz (CCP)

On étudie une particule de masse m soumise à une force $\vec{f} = -\dfrac{k}{r^2}\,\vec{u}_r$. On note $\vec{\sigma}$ le moment cinétique de la particule par rapport au centre du champs de force.

1. Montrer que le mouvement est plan.
2. Soit $\vec{A} = \vec{v} \wedge \vec{\sigma} - k\,\vec{u}_r$. Montrer que ce vecteur est constant et qu'il appartient au plan du mouvement.
3. On pose $\theta = (\vec{A}, \vec{u}_r)$. Montrer que l'équation polaire de la trajectoire peut s'écrire : $r(\theta) = \dfrac{p}{1 + e\cos\theta}$ et donner les expressions de p (paramètre) et e (excentricité) en fonction de $A = \|\vec{A}\|$, $\sigma = \|\vec{\sigma}\|$, m et k.

Réponses : 3. $p = \dfrac{\sigma^2}{mk}$ et $e = \dfrac{A}{k}$.

12 Thermochimie (CCP)

Dans une enceinte de volume $V = 6$ L, maintenu à $T_1 = 900$ K, initialement vide, on introduit 2 moles de HI gazeux. Il se produit l'équilibre : $2\ HI_{(g)} = I_{2(g)} + H_{2(g)}$. La pression en H_2 à l'équilibre vaut $P(H_2) = 3{,}1$ bar.

1. Calculer la pression totale, le coefficient de dissociation de HI et la constante d'équilibre K_1^0.
2. On introduit dans l'enceinte à la température T_1 constante : 2 moles de HI, 1 mole de H_2 et 1 mole de I_2. Le système est-il à l'équilibre ? Sinon dans quel sens évolue-t-il ?
3. Pour $T_2 = 769$ K, la constante d'équilibre vaut $K_2^0 = 2{,}18.10^{-2}$. Quel est le signe de l'enthalpie standard de réaction ? Calculer sa valeur ainsi que celle de l'entropie standard de réaction.

4. Expliquer la différence entre $\Delta_r G$ et $\Delta_r G^0$.

Réponses : 1. P = 24,9 bar, $\alpha = 0{,}25$, $K^0 = 2{,}7 \times 10^{-2}$, 2. Non, $\Delta_r G = 16{,}5$ kJ/mol > 0 donc sens $\overset{2}{\leftarrow}$, 3. Loi de Van't Hoff $\Delta_r H^0 > 0$ et $\Delta_r H^0 = 10$ kJ/mol et $\Delta_r S^0 = -\ 18{,}7$ J/K/mol, 4. Cours