

Semaine 3 du 8/06/26 au 12/06/26

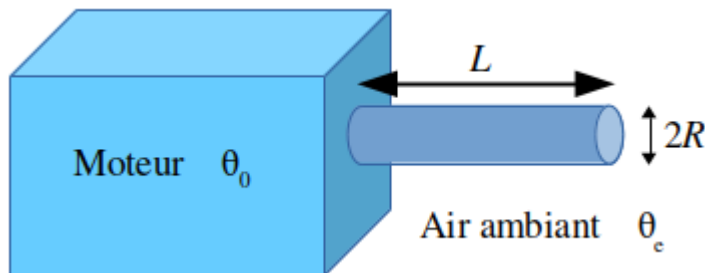
Révisions : Conduction thermique + thermodynamique statistique + mécanique quantique + électrochimie

Conduction thermique :

S3ex1 – CCINP – Romain Weulersse 2023 - Refroidissement d'un moteur

Un moteur électrique s'échauffe pour diverses raisons qui ne sont pas le sujet de cet exercice (effet Joule, entre autres). Il produit une puissance thermique $P = 40 \text{ W}$.

On souhaite limiter sa température (supposée uniforme) à la valeur θ_0 .



On équipe le moteur d'ailettes de refroidissement (une seule est représentée sur la figure ci-dessus). Une ailette est un cylindre plein, homogène, de longueur L et de rayon R , constituée d'un matériau métallique de conductivité thermique λ élevée. Cette ailette est en contact thermique avec le moteur, et avec l'air extérieur, dont la température est notée θ_e .

On rappelle la loi de Newton donnant les pertes surfaciques : $\varphi_S = h(\theta_S - \theta_e)$

Données :

- Longueur de l'ailette $L = 20 \text{ cm}$
- Rayon de l'ailette $R = 2 \text{ mm}$
- Conductivité thermique de l'ailette $\lambda = 50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Coefficient $h = 10 \text{ uSI}$
- $\theta_0 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$

- 1) Quelle est l'unité de φ_S ? Celle de h ? Que représente θ_S ?
- 2) Combien faut-il d'ailettes pour refroidir le moteur ?
- 3) Sur quels paramètres pourrait-on jouer, et comment, pour améliorer le refroidissement ?

S3ex2 – Centrale 1- Raphaël Chantrel 2025 – Survie d'un phoque

Un phoque est assimilé à un cylindre de hauteur L et de rayon extérieur R_2 . Il est protégé par une couche de graisse d'épaisseur e . On pose $R_1 = R_2 - e$.

Le métabolisme du phoque dégage une puissance thermique maximale $P = \alpha M$ avec M la masse du phoque et $\alpha = 1,25 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$.

On donne : la masse volumique du phoque $\rho = 850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $e = 5 \text{ cm}$; la conductivité thermique de la graisse $\lambda = 0,1 \text{ uSI}$; la température interne du phoque $T_1 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$; la température extérieure supposée uniforme et constante $T_{\text{ext}} = 4^\circ\text{C}$.

- 1) Préciser l'unité de λ .
- 2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la température dans la graisse : $\frac{dT}{dr} = -\frac{P}{2\pi L \lambda r}$
- 3) On suppose l'épaisseur de graisse faible devant le rayon du phoque, montrer que cela implique un rayon minimum du phoque.
- 4) Conclure sur les capacités de survie des phoques et critiquer le modèle.

S3ex3 - Mines-Ponts

QC : Système à deux niveaux d'énergie $\pm \varepsilon$ en contact avec un thermostat de température T .

Exercice : Cylindre de glace

Un cylindre infini de rayon a est maintenu à la température $T_0 = -50^\circ\text{C}$.

Il est plongé dans un volume infini d'eau à la température $T_S = 0^\circ\text{C}$.

Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $r(t)$ le rayon du cylindre de glace.

Données : $a = 1 \text{ cm}$; enthalpie massique de fusion de la glace $\Delta_{\text{fus}}H^\circ = 333,55 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

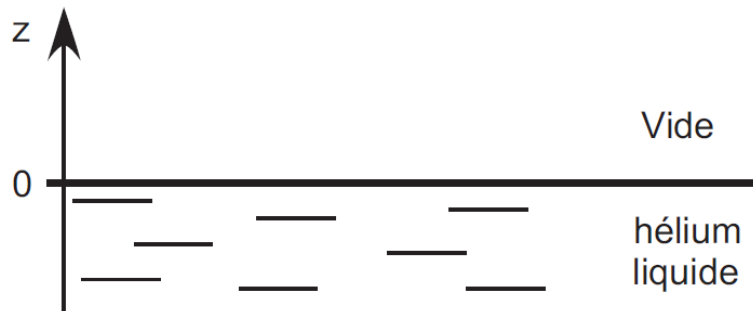
Mécanique quantique :

S3ex4 – Centrale 2 Physique-Info – Alexia Trentesaux 2025 –

Électron flottant sur de l'hélium liquide

Exercice avec script Python contenant des données numériques.

On considère un électron de masse m et de charge q , en mouvement à la surface d'un bain d'hélium liquide. On suppose que le mouvement de l'électron dans le plan Oxy de la surface est limité par des électrodes non représentées sur la figure. On ne s'intéresse dans ce problème qu'au mouvement dans la direction z perpendiculaire à la surface.



Le potentiel d'interaction entre l'électron et l'hélium liquide est supposé infini si l'électron est à l'intérieur du liquide ($z < 0$). Quand l'électron est placé dans le demi-espace $z > 0$, il possède une énergie potentielle d'origine électrostatique qui a pour expression $V(z) = -\frac{\Lambda}{z}$.

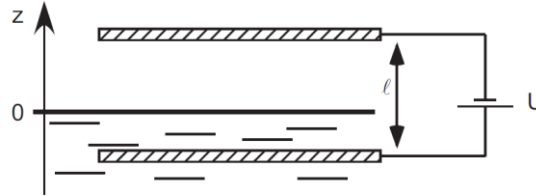
On donne l'équation de Schrödinger : $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}(M, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(M, t) + V(M, t) \cdot \Psi(M, t)$

I. La quantification du mouvement de l'électron

- 1) On cherche des solutions de la forme $\Psi(M, t) = \varphi(M) e^{-i E t / \hbar}$. Donner l'équation différentielle vérifiée par $\varphi(z)$.
- 2) On cherche des solutions pour l'état fondamental de la forme $\varphi_1(z) = -c_1 z e^{-h_1 z}$. Donner l'expression de h_1 en fonction de \hbar , m et Λ puis celle de l'énergie E_1 de l'état fondamental.
- 3) Par normalisation, trouver l'expression de c_1 en fonction de h_1 . On donne $\int_0^{+\infty} u^n e^{-u} du = n!$
- 4) Déterminer la valeur moyenne $z_1 = \langle z \rangle$ pour un électron préparé dans l'état φ_1 . On exprimera le résultat en fonction de m , Λ et \hbar .
- 5) On rappelle la masse et la charge de l'électron : $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ et $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
On donne également $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 \text{ usi}$, $\Lambda = 1,6.10^{-30} \text{ J.m}$ et $\hbar = 1,06.10^{-34} \text{ J.s}$.
Calculer l'énergie E_1 (en Joule, puis en milliélectronvolt) et l'extension z_1 (en nanomètres).

II. Arrachage de l'électron par effet tunnel sous l'action d'un champ électrique

On applique sur le système un champ électrique uniforme \vec{E} , indépendant du temps, au moyen d'une paire d'électrodes parallèles à la surface du liquide (figure ci-dessous). La différence de potentiel entre les électrodes est notée U et la distance entre électrodes est $\ell = 4$ mm.



- 6) Quel doit être le sens du champ électrique pour que l'électron puisse être éventuellement arraché du puits de potentiel ? En déduire le signe de U .
- 7) Exprimer l'énergie potentielle supplémentaire $W(z)$ rajoutée par ce champ électrique \vec{E} . Tracer à l'aide du script Python fourni le potentiel total $V_{\text{tot}}(z) = V(z) + W(z)$ vu par l'électron.

Il restait 3 questions (non données par Alexia), j'essaie de les reconstituer :

On souhaite évaluer le temps moyen nécessaire pour qu'un électron préparé sur le niveau d'énergie E_1 s'échappe. Pour cela, on considère que lorsqu'il est dans le niveau E_1 , l'électron

- oscille dans le puits de potentiel près du liquide avec un temps caractéristique $T = \frac{\hbar}{E_1}$
- "tente sa chance" de s'échapper par effet tunnel avec une probabilité p à chaque oscillation

Pour évaluer analytiquement p , on applique au potentiel réel $V_{\text{tot}}(z) = V(z) + W(z)$ vu par l'électron (figure 3) le résultat connu pour une barrière carrée : $p \approx e^{-2KL}$ avec

- la longueur $L = z_b - z_a$ qui correspond à la distance entre les deux points z_a et z_b où $V_{\text{tot}}(z) = E_1$ ($z_a < z_b$).
- le coefficient K est donné par $K = \frac{\sqrt{2m(V_{\text{tot,max}} - E_1)}}{\hbar}$ avec $V_{\text{tot,max}}$ la valeur maximale de V_{tot} .

8) A l'aide du script Python, calculer numériquement z_a , z_b , et $V_{\text{tot,max}}$. En déduire p .

On veut maintenant calculer la "durée de vie" de l'électron en présence du champ électrique.

9) En utilisant la relation d'indétermination de Heisenberg, donner l'ordre de grandeur de la vitesse v_1 de l'électron sur le niveau d'énergie E_1 , en fonction de l'excursion z_1 de son déplacement.

En déduire que $T = \frac{\hbar}{E_1}$ donne une bonne approximation du temps caractéristique d'aller-retour de l'électron piégé.

10) On peut montrer (ou on demande de démontrer ?) que la probabilité pour que l'électron reste piégé au bout d'un temps t est $P(t) = e^{-t/\tau}$. En déduire que la durée de vie est $\tau = T/p$ et la calculer numériquement.

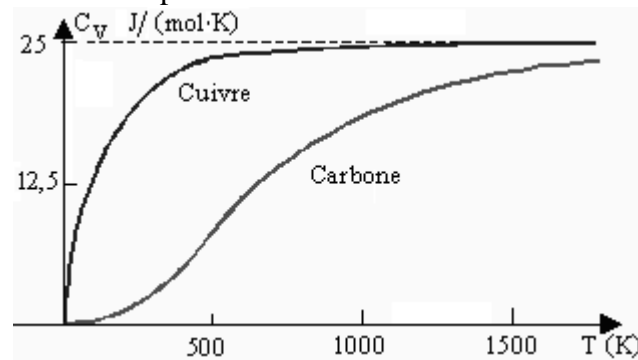
Thermodynamique statistique :

S3ex5 - Centrale Physique-Chimie 1 – Raphaël Rigault 2023

Modèle de solide cristallin

Dans le modèle d'Einstein on suppose qu'un échantillon de N atomes de solide cristallin se comporte comme $3N$ oscillateurs harmoniques de même pulsation ω donc d'énergie $\varepsilon_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$ avec $n \in \mathbb{N}$. On suppose le solide en équilibre thermique à la température T . (« L'introduction sur les oscillateurs était plus longue, rendant la compréhension de l'exercice plus complexe »)

- 1) Donner sans calcul les limites haute et basse température de l'énergie moyenne d'un oscillateur.
- 2) Exprimer l'énergie moyenne d'un oscillateur.
- 3) Etablir les expressions limites en haute et basse température.
- 4) On donne ci-dessous la courbe des variations de la capacité thermique molaire du cuivre et du carbone avec la température.



Etudier les limites haute et basse température de C_v et commenter les courbes.

S3ex6 - Mines-Ponts

QC : sur les plasmas dilués.

Exercice :

On s'intéresse à un astre gazeux à l'équilibre mécanique, de centre O de rayon R et de masse volumique $\rho(r)$.

On utilise le modèle de pression suivant $P(r) = C * [\rho(r)]^2$ avec $C > 0$.

- 1) Montrer que $\rho(r)$ vérifie l'équation suivante : $r * \rho''(r) + 2 * \rho'(r) + 2 * \pi * (G/C) * r * \rho(r) = 0$.
- 2) En posant $f(r) = r * \rho(r)$, résoudre l'équation. Tracer l'allure de $\rho(r)$, de $P(r)$. Commenter.
- 3) En faisant l'approximation gaz parfait, en déduire le profil de température. Commenter.

Questions pendant l'oral :

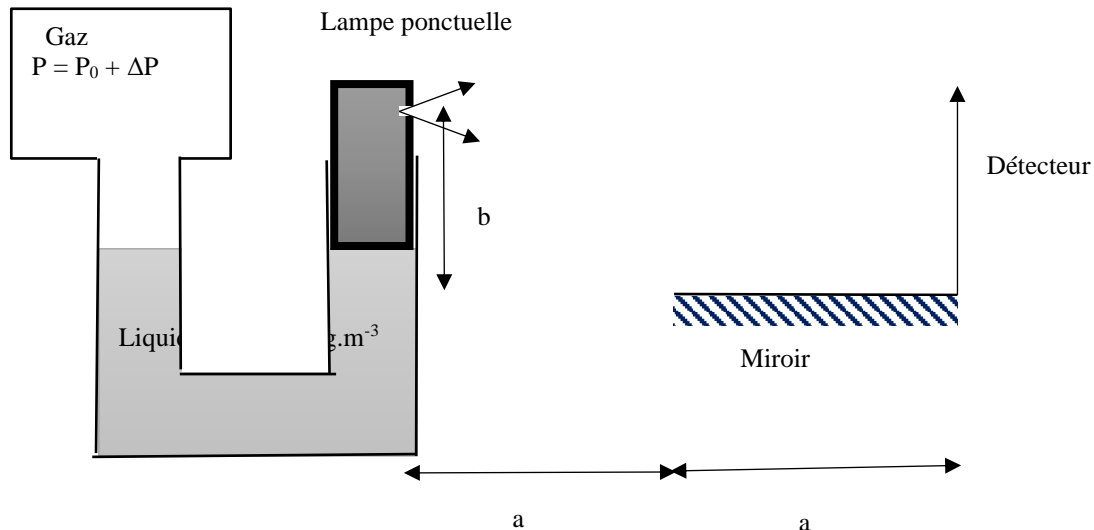
- Expliciter l'analogie entre le théorème de Gauss gravitationnel et le théorème de Gauss en électrostatique.

- Ordre de grandeur de la température à la surface et au centre du soleil.

- Forme de $P(r)$ dans l'hypothèse atmosphère isotherme.

S3ex7 : Centrale Physique-Chimie 1 – Nicodème Gorge 2023

Manomètre interférentiel



On étudie le manomètre interférentiel ci-dessus qui permet de mesurer la surpression ΔP d'un gaz par rapport à la pression atmosphérique P_0 . Le liquide, de masse volumique $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ est dans un tube en U de section constante S . Une lampe de masse M est posée sur la surface du liquide (étanchéité parfaite entre le support de la lampe et le tube). Elle se comporte comme une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 587 \text{ nm}$.

La source ponctuelle est située à une hauteur b et une distance $a = 5,0 \text{ cm}$ de la surface d'un miroir plan. A l'extrémité du miroir, de largeur a , est placé un grand détecteur dans le plan perpendiculaire au miroir.

Lorsque $\Delta P = 0$, $b = b_0 = 5,0 \text{ mm}$.

- 1) On se place dans un premier temps dans le cas $\Delta P = 0$.
 - a) Expliquer pourquoi le montage optique est équivalent à celui des trous d'Young.
 - b) Exprimer le nombre N_0 de franges visibles sur le détecteur.
 - c) Calculer la largeur maximale d'un pixel du détecteur nécessaire pour observer la figure d'interférences.
- 2) Lorsque le gaz enfermé n'est pas à la pression atmosphérique, on voit un nombre m de franges supplémentaires.
 - a) Etablir dans un liquide la relation $P(z) = -\rho g z + \text{cte}$. En déduire la relation entre ΔP et Δb .
 - b) Relier ΔP au nombre de franges supplémentaires m observées.
 - c) Faire l'application numérique pour $m=1$ puis $m=10$.

Electrochimie :

S3ex8 - CCINP

Ex 1 : Nickelage d'une pièce de métal

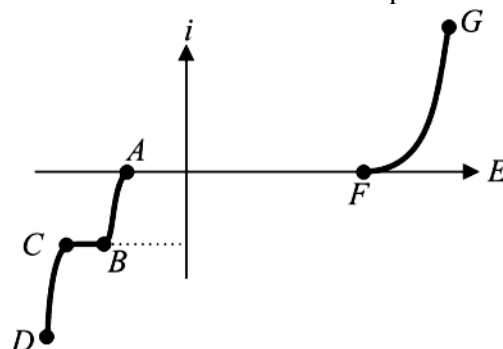
Le nickel est un métal de couleur gris-blanc à reflets jaunes. Présent dans le manteau terrestre essentiellement sous forme de sulfures, oxydes ou silicates ; il est exploité depuis des siècles pour la fabrication d'armes et de monnaie. Il a été isolé en 1751 par le chimiste Axel Frederik Cronstedt. Sa haute résistance à la corrosion et à l'usure, son pouvoir lubrifiant et la régularité de l'épaisseur des dépôts le font vite adopter dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, du nucléaire...

L'activité industrielle autour de ce produit est des plus importantes et la consommation de nickel électrolytique est beaucoup plus élevée que celle des métaux utilisés dans d'autres procédés de dépôts tels que le zinc, le cuivre ou le chrome.



On se propose ici de recouvrir d'une couche mince de nickel, une électrode de fer. On réalise pour cela l'électrolyse d'une solution de sulfate de nickel (Ni^{2+} , SO_4^{2-}), de concentration égale à 1 mol.l^{-1} et de $\text{pH} = 5$. L'autre électrode est une électrode de platine, inattaquable. On utilise un générateur de tension de f.e.m. e.

- 1) Identifier les réactions rédox susceptibles de se produire à l'anode et à la cathode.
- 2) Faire un schéma de l'électrolyseur faisant clairement apparaître l'anode, la cathode et le générateur de tension dont on indiquera la polarité, par le fléchage de la f.e.m. e. On précisera aussi le sens de circulation du courant électrique et celui des électrons.
- 3) D'un point de vue purement thermodynamique quelle différence de potentiel minimale doit imposer le générateur pour amorcer l'électrolyse souhaitée ?
- 4) En pratique, pour un courant de 1,8 A, il faut ajouter des surtensions anodique et cathodique respectivement égales à 0,6 V et $-0,1 \text{ V}$ en plus d'une surtension notée $U_r = 0,15 \text{ V}$.
 - a) A quoi peut correspondre la surtension U_r ?
 - b) Quelle est alors la tension délivrée par le générateur ?
- 5) En considérant le rendement faradique égal à 100 %, quelle masse de nickel peut-on déposer en une heure avec ce courant de 1,8 A ?
- 6) En réalité, la masse déposée est de 1,75 g. Quelle est la raison de la différence observée ?
- 7) La figure ci-dessous donne l'allure des courbes intensité-potential obtenues expérimentalement.



- a) Associer à chacune des parties AB, CD et FG une demi-équation rédox. Que représente BC ?
- b) Pour améliorer ce rendement, préconisez-vous de légèrement augmenter ou diminuer la tension délivrée par le générateur ?

Données :

Constante de Faraday : $1 \text{ Faraday} = 96\,500 \text{ C.mol}^{-1}$

$E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,000 \text{ V}$; $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}_{\text{ESH}}$; $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,23 \text{ V}_{\text{ESH}}$.

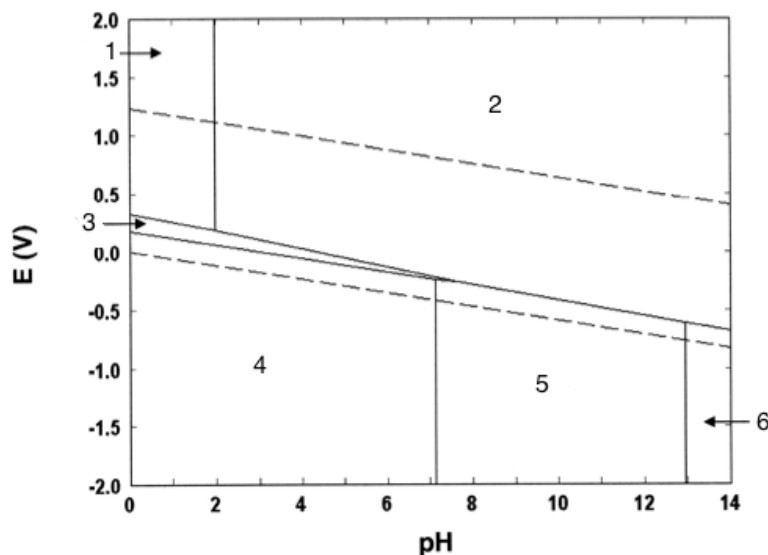
On assimilera $(RT/F) \ln(x)$ à $0,06 \cdot \log(x)$

Masse molaire du nickel : $58,7 \text{ g.mol}^{-1}$.

S3ex9 – Centrale Physique-Chimie 2

Le diagramme E-pH fourni contient les espèces $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, $\text{HSO}_4^-(\text{aq})$, $\text{S}(\text{s})$, $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$, $\text{HS}^-(\text{aq})$, $\text{S}^{2-}(\text{aq})$. Il est tracé pour une concentration totale en espèces dissoutes de $2.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

- 1) Déterminer les domaines correspondants à chaque espèce.
- 2) Déterminer les potentiels standards des couples $\text{S}(\text{s}) / \text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ et $\text{SO}_4^{2-} / \text{HS}^-$ en s'aidant de la lecture du diagramme.
- 3) Les instituts d'eaux thermales riches en soufre conseillent aux clients de retirer leurs bijoux en argent pour éviter la formation d'un précipité noir.



On réalise le dosage précis des ions HS^- contenus dans 200 mL d'eau thermale par une solution d'eau oxygénée à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Cette eau thermale à un pH de 8 et elle contient environ 70 mg.L^{-1} d'ions HS^- .

- a) Écrire l'équation-bilan de la réaction.
- b) Déterminer la constante d'équilibre de la réaction.
- c) Quel volume de solution d'eau oxygénée faut-il prévoir pour atteindre l'équivalence ?

Données : $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,76 \text{ V}$, $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2) = 0,695 \text{ V}$, $M(\text{S}) = 32 \text{ g.mol}^{-1}$

S3ex10 - CCINP

Ex 2 : Corrosion de la statue de la Liberté

La statue de la liberté à New-York, soumise à la pluie et aux embruns, a présenté une corrosion au niveau de sa charpente en acier. Cet exercice se propose de modéliser ce phénomène.

On utilise une solution A à 3% en masse de chlorure de sodium. Deux béciers séparés, 1 et 2, contiennent tous les deux la solution A. On relie les solutions par un pont salin (filtre imbibé de solution de chlorure de sodium). Dans chaque bécier est plongée une lame de fer et les deux lames sont reliées à un voltmètre de grande résistance interne. Dans le bécier 1 on fait barboter du dioxygène (pression 1 bar). On constate l'apparition d'une différence de potentiel d'environ 1,0 V, le pôle positif étant la lame de fer plongée dans le bécier 1.



- 1) Faire un schéma de l'expérience et interpréter le fonctionnement de la pile : réactions aux électrodes, équation-bilan, sens du courant électrique extérieur et modes de transfert des charges en solution.
- 2) Tracer schématiquement les courbes intensité-potential permettant de comprendre le fonctionnement de cette pile et faisant apparaître le courant de corrosion.
- 3) Comment expliquer la différence entre la force électromotrice mesurée expérimentalement et celle prévue théoriquement ? On prendra $\text{pH} = 7$ et concentration en $[\text{Fe}^{2+}] = 1,0.10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

Données :

Surtensions sur fer : $(\text{O}_{2(\text{g})}|\text{H}_2\text{O}(\text{l})) \eta_c = -0,5 \text{ V}$; $(\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}(\text{s}))$ rapide.

$E^\circ(\text{O}_{2(\text{g})}|\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = 1,23 \text{ V}$;

$E^\circ(\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}(\text{s})) = -0,44 \text{ V}$

Réponses :**S3ex1 : CCINP – Romain Weulersse 2023– Refroidissement d'un moteur**

- 1) C'est du cours
- 2) Calculer $\theta_s(x)$ puis le flux évacué par une ailette $\phi = \pi R \sqrt{2h\lambda R} (\theta_0 - \theta_e)$. Nombre d'ailettes $\frac{P}{\phi} = 113$

S3ex2 – Centrale 1 – Raphaël Chantrel 2025 – Survie d'un phoque

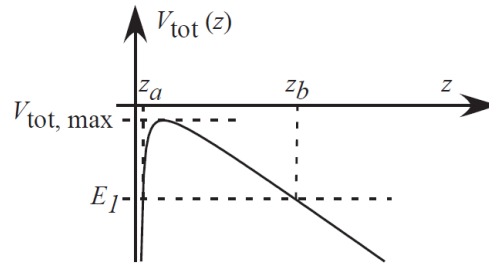
- 2) Faire 2 bilans thermiques en RP : l'un pour une épaisseur dr de graisse et l'autre pour tout l'intérieur du phoque
- 3) $R_1 > \sqrt{\frac{2\lambda(T_i - T_{ext})}{\alpha \rho e}} = 35 \text{ cm}$

S3ex3 - Mines-Ponts – Cylindre qui gèle

Appliquer le premier principe à la tranche d'eau qui gèle entre T et T+dT : $\frac{dr}{dt} = \frac{\lambda(T_s - T_0)}{\rho_{eau} \Delta_{fus} H^0} \cdot \frac{1}{r \cdot \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)}$

S3ex4 – Centrale 2 Physique-Info – Alexia Trentesaux 2025

- 1) $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \varphi(M) + V(M) \varphi(M) = E \varphi(M)$
- 2) $h_1 = \frac{m\Lambda}{\hbar^2}$ et $E_1 = -\frac{m\Lambda^2}{2\hbar^2}$
- 3) $c_1 = 2(h_1)^{3/2}$
- 4) $z_1 = \frac{3}{2h_1} = \frac{3\hbar^2}{2m\Lambda}$
- 5) $E_j = -1,04 \cdot 10^{-22} \text{ J} = -0,65 \text{ meV}$, et $z_j = 11,5 \text{ nm}$.
- 6) \vec{E} doit être suivant $-\vec{u}_z$ et $U < 0$
- 7) $W = -qEz + cte$
- 8) $z_a = \dots, z_b = \dots, V_{tot,max} = \dots, p = 3,7 \cdot 10^{-8}$
- 9) $v_1 \approx \frac{\hbar}{mz_1}$ donc $T \approx \frac{2z_1}{v_1} \approx \frac{9\hbar}{4E_1} \approx \frac{\hbar}{E_1} \approx 1^{-12} \text{ s}$
- 10) $\tau = T/p \approx 10^{-5} \text{ s}$

**S3ex5 - Centrale Physique-Chimie 1 – Raphaël Rigault 2023- Modèle de solide cristallin**

- 1) $\lim_{T \rightarrow 0} \langle \varepsilon \rangle = \frac{\hbar\omega}{2}$ et $\lim_{T \rightarrow +\infty} \langle \varepsilon \rangle = +\infty$ à justifier sans calcul
- 2) $\langle \varepsilon \rangle = \sum_n p_n \varepsilon_n = \frac{\sum_{n=0}^{+\infty} \varepsilon_n e^{-\beta \varepsilon_n}}{Z}$ avec $\beta = \frac{1}{k_B T}$ et $Z = \sum_n \exp\left(-\frac{\varepsilon_n}{k_B T}\right) = \frac{1}{2 \text{sh}\left(\frac{\hbar\omega}{2k_B T}\right)}$; $\langle \varepsilon \rangle = \frac{\hbar\omega}{2} \coth\left(\frac{\hbar\omega}{2k_B T}\right)$
- 3) $\lim_{T \rightarrow 0} \langle \varepsilon \rangle = \frac{\hbar\omega}{2}$ et $\lim_{T \rightarrow +\infty} \langle \varepsilon \rangle = +\infty$
- 4) $c_{v,molaire} = 3N_A \frac{d\langle \varepsilon \rangle}{dT} = 3N_A \frac{(\hbar\omega)^2}{4k_B T^2} \frac{1}{\left(\text{sh}\left(\frac{\hbar\omega}{2k_B T}\right)\right)^2}$ $\lim_{T \rightarrow 0} c_{v,molaire} = 0$ et $\lim_{T \rightarrow +\infty} c_{v,molaire} = 3R = 24,9 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Commenter et les courbes et faire le lien avec la loi de Dulong et Petit.

S3ex6 - Mines-Ponts – Modèle d'astre liquide

- 1) Appliquer l'équation de la statique des fluides et le théorème de Gauss gravitationnel.
- 2) $\rho(r) = \rho(0) \cdot \text{sinc}\left(\sqrt{\frac{2\pi G}{c}} r\right)$ et $P(r) = P(0) \left(\text{sinc}\left(\sqrt{\frac{2\pi G}{c}} r\right)\right)^2$
- 3) Pour un GP, $T(r) = T(0) \cdot \text{sinc}\left(\sqrt{\frac{2\pi G}{c}} r\right)$

S3ex7 : Centrale Physique-Chimie 1 – Nicodème Gorge 2023 - Manomètre interférentiel

- 1) Miroir de Lloyd (voir TD) Interfrange $i_0 = \frac{\lambda a}{b_0}$ largeur du champ b_0 Nombre de franges brillantes $N_0 = 852$ Largeur minimale d'un pixel $\frac{\lambda a}{2b_0} = 2,9 \mu\text{m}$
- 2) $\Delta p = -\rho g \Delta b$ $m \approx \frac{2b_0 \Delta b}{\lambda a}$ $\Delta p \approx -\frac{\rho g \lambda \Delta b}{2b_0}$ AN : $\Delta p(m=1) = -0,029 \text{ Pa}$ $\Delta p(m=10) = -0,29 \text{ Pa}$

S3ex8 - CCINP - Nickelage d'une pièce de métal

- 1) $U_{min} = E\left(\frac{O_2}{H_2O}\right) - E\left(\frac{Ni^{2+}}{Ni}\right) = 1,16 \text{ V}$
- 2) Le générateur doit fournir $U = U_{min} + \eta_a - \eta_c + U_r = 2,01 \text{ V}$
- 3) En une heure on dépose la masse de nickel : $\Delta m = \frac{M(Ni) i \Delta t}{2F} = 1,97 \text{ g}$
- 4) La différence est due à la réaction parasite d'oxydation de l'hydrogène.
- 5) Ecrire les demi-équations électroniques sur les branches...

S3ex9 – Centrale Physique-Chimie 2 – Diagramme E-pH

- 1) $E^\circ(S/H_2S) = 0,1 \text{ V}$ et $E^\circ(SO_4^{2-}/HS^-) = 0,25 \text{ V}$
- 2) a) $4 H_2O_2 + HS^- + HO^- = SO_4^{2-} + 5 H_2O$ b) $K = 10^{187}$ c) $V(H_2O_2) = \frac{4[HS^-]V_{eau}}{[H_2O_2]} = 17 \text{ mL}$

S3ex10 – CCINP - Corrosion de la statue de la Liberté

- 1) $O_2 + 4 H_2O + 2 Fe = 2 Fe^{2+} + 4 OH^-$
- 2) Tracé i-E après calcul des potentiels de Nernst
- 3) La thermo prévoit $e_{pile} = 1,43 \text{ V}$. On mesure $e_{pile, exp} = 1 \text{ V}$. Expliquer la différence.