1 CCP 11

►**EX1** : on a une boule de centre G, de masse m, de rayon R, de coefficient de frottement solide f et de moment d'inertie J par rapport à son axe. Elle roule sur une pente d'angle constant.
Vitesse de glissement ? Valeur de la force de frottement ? Dans le cas où $v_g = 0$, accélération de G et angle maximal pour valider le roulement sans glissement ?
►**EX2** : On a deux lentilles convergentes de focales f_1' et f_2'. Déterminer la distance entre L_1 et L_2 pour avoir un montage afocal, ainsi que le grandissement correspondant.
On considère désormais une convergente (f_1') et une divergente (f_3'). Distance entre L_1 et L_3 pour avoir un montage afocal ? Grandissement ? [L'examinateur semblait être muet.]

2 CCP 11

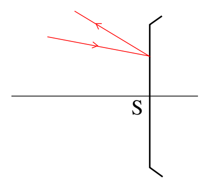
►**EX1** : 1. Donner les équations de Maxwell dans le vide de charges et de courants, ainsi que leur nom, sous forme locale et intégrale.

2. On se place dans un repère cartésien $(0, \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z})$. Par la suite, on localise un point par ses coordonnées cylindriques (ρ, φ, z). On considère un fil infini confondu avec l'axe Oz qui crée un champ $\overrightarrow{E} = E(\rho) \cdot \exp[i(wt - \vec{k} \cdot \vec{r})]\ \overrightarrow{e_z}$. Calculer le champ $\overrightarrow{B}$ associé.

3. Donner l'expression du vecteur de Poynting local.Quelle est sa signification physique ? Le fil dégage une puissance par unité de longueur égale a P_m. En déduire que $E(\rho) = C/\sqrt{\rho}$, où C est une constante que l'on exprimera en fonction des données du problème.

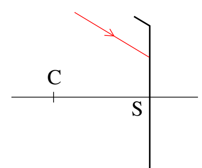
4. Que devient le champ pour ρ très grand ?

►**EX2** : 1. Un bonhomme de 1,80 mètres se trouve à 1 mètre d'un miroir plan. Ses yeux sont a 10 centimètres du haut de son crâne. Que doivent être la distance maximale entre le bas du miroir et le sol, et entre le bas et le haut du miroir, pour que le bonhomme puisse se voir en entier ? Sa distance au miroir importe-t-elle ?

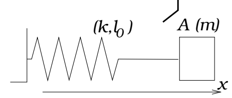


2. Soit un miroir sphérique convexe : on donne un rayon incident et son rayon réfléchi. Déterminer le foyer et le centre.

3. Soit un miroir sphérique concave : on donne la position du centre et un rayon incident. Tracer le rayon réfléchi. [Examinatrice très peu bavarde et impassible, pas particulièrement agréable, sans pour autant être méchante.]



3 CCP 11



►**EX1** : [/10] le mobile A, de masse m, est accroché à un ressort de raideur k, de longueur à vide l_0. Il est soumis à une force de frottement sec $\vec{F} = \varepsilon f \overrightarrow{e_x}$, avec $\varepsilon = -1 * \mathrm{sgn}(\dot{x})$.
On notera $f = kb$. À $t = 0$, A est éloigné de $a = 9b$ de sa position de repos, et il est lâché sans vitesse initiale.
Étudier le comportement du mobile. Où s'arrête-t-il ? À quel instant ? Tracer la courbe $x(t)$. Faire un bilan énergétique.
►**EX2** : [/10] on considère une surface torique de section carrée de coté $2a$, et de rayon moyen R. On enroule N spires d'un fil conducteur sur cette surface.

1) Calculer le coefficient d'auto inductance L.

2) Calculs de coefficients d'inductance mutuelle avec notamment un fil au centre…

4 CCP 11

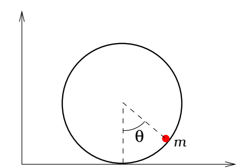
►**EX1** : déterminer la trajectoire d'une particule, de masse m et de charge q, lancée avec une vitesse initiale dans un champ $\overrightarrow{B} = -B\overrightarrow{e_z}$. De plus, la particule subit une force de frottement fluide de coefficient λ.
Données : position initiale de la particule $(d, 0, 0)$; vitesse initiale de la particule $(0, v_0, 0)$; on posera $\omega_0 = qB/m$, $k = \lambda/m$ et $u = x + iy$.
►**EX2** : on considère 2 ondes lumineuses de longueurs d'onde λ_0, d'intensité chacune I_0, qui sont en phase au point O, et dont les vecteurs d'onde sont respectivement $(\cos\alpha, \sin\alpha, 0)$ et $(\cos\alpha, -\sin\alpha, 0)$.

1) Déterminer l'intensité lumineuse en tout point M de l'espace en fonction de la différence de phase en ce point. Même question en fonction des coordonnées de M.

2) Déterminer les surfaces d'égal éclairement.

3) Décrire les figures d'interférence dans les plans parallèles au plan (xOz). Même question avec les plans parallèles à (xOy) et (yOz). Dessiner des montages expérimentaux permettant d'obtenir les figures d'interférences décrites.

5 Mines 11



►**EX1** : [20 minutes de préparation] un cercle de masse M est astreint à se déplacer dans un plan vertical et glisse sans frottement sur celui-ci. De même une masse m, glisse sans frottement sur le cercle.

1) Étudier le mouvement (donner l'équation différentielle en θ).

2) Vérifier la validité de celle-ci en prenant un exemple simple.

►**EX2** : [sans préparation] on considère un fil infini parcouru par un courant I. On s'intéresse à une portion de ce fil de longueur L. En calculant le flux du vecteur de Poynting à travers un cylindre de longueur L et de rayon r arbitraire retrouver l'expression de la puissance dissipée par la résistance formée par la portion de fil. [Examinateur assez sympa qui m'a mis sur la voie pour trouver le système différentiel. Il m'a demandé de passer à l'exercice 2 sans résoudre ce dernier.]

6 X 11

On dispose trois miroirs plans de telle sorte que l'on forme un trièdre rectangle $Oxyz$. Que devient un rayon lumineux après trois réflexions successives sur chacun des trois miroirs ?

7 Mines 11

►**QC** : [avec préparation] identité fondamentale de la statique des fluides, application au calcul de la pression dans une atmosphère isotherme. Puis, à l'oral, forme de la surface de l'eau d'un bocal dans une voiture qui accélère uniformément.
►**EX1** : [avec préparation] on considère le système constitué d'un disque, de rayon R et de masse M, qui roule sans glisser sur un rail horizontal, et d'une barre, de masse m et de longueur $2h$, dont une des extrémités est suspendue au centre C du disque. On appelle I le moment d'inertie du disque par rapport à Cz, J celui de la barre par rapport à Gz, J' celui de la barre par rapport à Cz. Le mouvement est paramétré par les angles θ et φ. Donner les équations du mouvement dans les deux cas suivants :

1) la barre est fixée au disque.
2) la barre tourne librement autour de Cz.

►**EX2** : [sans préparation] à la pêche, on voit un poisson dans l'eau calme. En réalité, est-il plus ou moins gros ? Plus ou moins proche ? [Examinateur très sympathique.]

8 Centrale 11

On observe une étoile double à l'infini avec un système de fentes d'Young et une lentille. L'observation a lieu dans le plan focal image. Les deux étoiles sont symétriques par rapport à l'axe optique et font un angle α entre elles [il fallait comprendre : elles sont vues depuis la terre sous un angle α]

1) Éclairement ?
2) Il y avait un graphe de la visibilité en fonction de la distance a entre les deux trous et il fallait en déduire α.

9 Centrale 11

On plonge un ruban métallique de longueur $L = 1\ cm$, de largeur $l = 1\ mm$, d'épaisseur $e = 100\ \mu m$ dans de l'hélium à T_e. On fait passer dans le ruban dans le sens de la longueur un courant $I = 0,1\ A$ à l'aide de deux fils, et on mesure une différence de potentiel $U = 1\ mV$ avec deux autres fils, pour $T_e = 100\ K$.
Les échanges thermiques avec l'hélium sont modélisés par la puissance surfacique $\varphi = h(T - Te)$.

1) Calculer la résistivité du métal à $T_e = 100\ K$.
2) On suppose que T ne varie pas selon la largeur et l'épaisseur. En faisant un bilan énergétique sur un volume élémentaire adéquat, exprimer $T(x)$. On fera apparaitre une longueur caractéristique d.
3) On donne $\lambda = 100\ W.m^{-1}.K^{-1}$ et $h = 50\ W.m^{-2}.K^{-1}$. Calculer d et la température maximale T_{max}.

10 CCP 11

►**EX1** : on considère une nappe de courant horizontale d'épaisseur e, centrée sur le plan Oxy, parcourue par le courant $\vec{j} = j\overrightarrow{e_y}$. [On donne un schéma dans le plan Oyz]

1) Déterminer les symétries et invariances du système. En déduire la parité du champ magnétique.
2) Déterminer le champ magnétique en tout point de l'espace grâce au théorème d'Ampère.
3) On considère à présent le cas limite où l'épaisseur de la nappe est nulle. Déterminer le courant surfacique. Y a-t-il continuité du champ magnétique ?
4) Déterminer le potentiel vecteur.

►**EX2** : [/12] On étudie le pendule pesant $O'M = l$ de masse m avec le point d'attache O' tel que $OO' = a\ \sin(\omega t)$.

1) Appliquer le PFD dans le référentiel non galiléen pour trouver l'expression de T et l'équation du mouvement.
2) Retrouver l'équation du mouvement du pendule dans le référentiel galiléen dans le cas des petites oscillations [il fallait simplement dire qu' on enlevait le terme du à la force d'entraînement]
3) Retrouver les expressions du 1) avec une méthode énergétique.

11 Centrale 11

On considère un interféromètre de Michelson en 'anneaux'. On envoie en entrée un faisceau monochromatique, de longueur d'onde $\lambda = 550\ nm$. À la sortie est placée une lentille, de distance focale $f' = 30\ cm$, puis un écran au plan focal image.
On note e la longueur d'un pas de vis, et p le nombre de tours qu'on lui fait effectuer (par rapport au contact optique).

1. De quelle couleur est le faisceau ? En quel 'mode' est le Michelson, expliquer.
2. Quand on augmente p, que se passe-t-il ? Expliquer qualitativement, puis quantitativement.
3. Calculer e. [On pouvait mesurer les rayons des anneaux avec le logiciel]
4. Quelle est l'ouverture angulaire maximale de la source ? [Question non traitée]
5. [sans préparation]Quel phénomène observez-vous ? [le contraste diminue puis ré-augmente quand on s'éloigne du centre.] Expliquer.

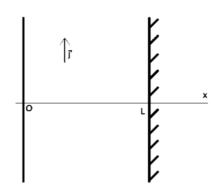
[J'ai buté à la question 3. J'obtenais des résultats louches, j'ai expliqué pourquoi c'était sûr que c'était faux. Elle a essayé de me pousser à trouver mon erreur, j'y suis enfin arrivé. Elle était gentille, m'a bien aidé quand j'étais dans la mouise, et m'a laissé parler tranquillement quand je trouvais sereinement.]

12 Mines 11

►**EX1** : soit un guide d'onde G de section plane rectangulaire dans lequel circule un champ électromagnétique. Il est infini selon z, de largeur a selon x et de largeur b selon y.

1. Montrer que les composantes normales et tangentielles des champs $\overrightarrow{B}$ et $\overrightarrow{E}$ sont nulles sur les parois du guide.
2. On cherche une solution de la forme : $\overrightarrow{\underline{E}} = A(x; y) \exp[j(\omega t - k_g z)]\overrightarrow{u_y}$. Montrer que A ne dépend pas de y. Trouver l'équation différentielle satisfaite par A. Montrer qu'on a nécessairement $k_g^2 < \omega^2/c^2$. Dans la suite on note $k_t^2 = k_g^2 - \omega^2/c^2$. Exprimer $A_n(x)$, forme générale de $A(x)$, en fonction d'un paramètre n, entier.
3. Introduire une pulsation critique $\omega_{n,c}$. Discuter de la propagation en fonction de $\omega_{n,c}$. Écrire la forme générale du champ $\overrightarrow{E}$. Commenter sa forme si x est constant et si z est constant. Calculer la vitesse de phase et la vitesse de groupe. Que peut-on dire de la vitesse de groupe ?
4. Calculer le champ $\overrightarrow{B}$ associé à $\overrightarrow{E}$. Montrer qu'il n'est pas transverse. L'écrire comme superposition de deux OPPM.
5. Calculer la puissance moyenne $\langle \mathcal{P} \rangle$ à travers la surface du guide d'onde. Commenter, en particulier en faisant le lien avec ce que vous savez sur le rayonnement dipolaire. L'énoncé proposait deux valeurs d'intégrales, utiles pour ce calcul.

►**EX2** : on considère un matériau M, de conductivités thermique κ et électrique γ. Il est parcouru par un courant volumique constant de la forme $\vec{j} = j\ \overrightarrow{u_y}$. Le plan $x = 0$ est maintenu à température T_0 constante. Le plan $x = L$ est adiabatique.
Calculer l'expression de la température au sein de M.
Quelle(s) application(s) y voyez-vous ?



[Examinateur très peu bavard, qui n'intervenait que lorsque je faisais des erreurs. Il n'avait pas l'air très attentif, s'en allait régulièrement pour voir si le candidat suivant était arrivé. Il restait une question que je n'ai pas faite dans l'exercice 1, mais il a voulu changer d'exercice.]

13 `CCP 11`

►**QC** : machine ditherme frigorifique. Donner le rendement en fonction des températures des sources.

►**EX** : on s'intéresse à un ensemble (bicyclette + cycliste) comportant : [cadre + moteur + cycliste] de masse M ; deux roues de rayon R, de masse m, et de moment d'inertie par rapport à leur axe J. On suppose qu'il y a roulement sans glissement.

1) Calculer l'énergie cinétique du système.

2) La vitesse est maintenue constante à V_1 par le moteur à la puissance P_1. On considère que l'ensemble des forces de frottements se modélise par une force de norme Kv^2. On désire augmenter la vitesse de 10%. De combien doit-on augmenter la puissance ?

3) On coupe le moteur. Donner la loi de vitesse que suit $v(t)$. Comment expliquer que le vélo s'arrête ?

14 `Mines 11`

►**EX1** : on pompe à travers un bloc B de masse M et capacité thermique massique c d'azote liquide qui se vaporise dans le bloc B à pression normale (un peu étrange).

1. B calorifugé, quelle est la masse m d'azote nécessaire pour faire passer B de T_1 à T_0 sachant que l'azote sort de B à T_0

Données : $M = 5\ kg$, $c = 0,33\ J.K^{-1}.g^{-1}$, $T_1 = 15°\mathrm{C}$, $T_0 = -195°\mathrm{C}$, $L = 200\ J/g$.

2. On suppose toujours B calorifugé et on suppose le passage de l'azote suffisamment rapide pour qu'il sorte à la température T du bloc. Quelle est la masse m' nécessaire pour faire passer B de T_1 à T_0. Faire un bilan thermique entre t et $t + dt$:

-le bloc B passe de $T + dT$ à T ;

-l'azote se vaporise et passe de T_0 à T.

Données : mêmes qu'en 1., avec en plus $c_p = 1,04\ J.K^{-1}.g^{-1}$.

3. On ne suppose plus B calorifugé mais qui échange avec l'extérieur de la chaleur avec $\delta Q = K(T_1 - T)\ dt$.

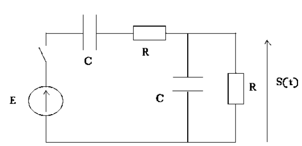
a. Faire le bilan entre t et $t + dt$.

b. On a le débit massique constant. Donner une relation entre dt et dT.

c. Quelle est le temps t_0 nécessaire pour passer de T_1 à T_0 et en déduire la masse m'' d'azote nécessaire.

Données : $K = 4,02\ W/K$.

►**EX2** : [20 minutes] on considère le circuit ci-contre dans lequel on ferme l'interrupteur à $t = 0$, les condensateurs étant déchargés.

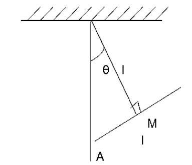


1. Sans calcul donner l'allure de $S(t)$.

2. Donner l'équation différentielle vérifiée par $S(t)$ on posera $\tau = RC$.

3. Diagramme de Bode.

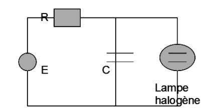
15 `CCP 11`



►**EX1** : on considère 2 barres homogènes identiques, de longueur l, de masse m, et de moment d'inertie J. Elles forment en M, centre d'inertie de la seconde barre, un angle droit.

1. Calcul de l'énergie potentielle du système. Postions d'équilibre ?

2. Calcul de l'énergie mécanique du système. Équation du mouvement. Solution pour de petits angles.

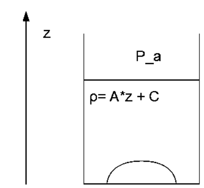


►**EX2** : on considère une lampe halogène. On note $u(t)$ la tension à ses bornes. Elle se comporte comme un interrupteur ouvert si $u(t) < E_a$, et comme une résistance r si $u(t) > E_a$.

1. $E_a > u(t)$: équation sur la tension aux bornes du condensateur ; temps pour le premier allumage de la lampe.

2. $E_a < u(t)$ (charge du condensateur identique à la fin de la situation précédente) : équation sur $u(t)$; temps de première extinction.

3. Évolution du système ?



►**EX3** : on s'intéresse à une cuve contenant un liquide jusqu'à la hauteur h, de masse volumique ρ fonction affine de la profondeur.

On s'intéresse à l'intensité des forces volumiques exercées sur la demi-sphère au fond de la cuve.

[L'examinateur était déjà lassé par l'électricité et m'a ainsi coupé au milieu de la question un du deuxième exercice pour me faire résoudre le 3.]

16 `Centrale 11`

On travaillera dans les conditions de Gauss. On dit qu'un système optique possède une focale de projection f_0 si l'image d'un objet situé à l'infini, dont les rayons forment un angle θ avec l'axe optique, est réelle et se forme à une distance $d = |\theta f_0|$ de l'axe optique.

1) Déterminer, si elle existe, la focale de projection d'une lentille convergente en fonction de la vergence V de la lentille ; d'un miroir concave et d'un miroir convexe en fonction de leur rayon de courbure R.

2) On considère un montage optique, appelé OFV, constitué dans l'ordre d'une lentille divergente, d'une lentille convergente et d'un écran.

Ce système optique possède les caractéristiques suivantes : il possède une focale de projection f_0 ; la focale de la lentille divergente est f_0 ; l'écran se situe à une distance D de la lentille divergente.

Déterminer la focale de la lentille convergente ainsi que sa position pour satisfaire aux conditions ci-dessus.

3) On déplace la lentille convergente de x (algébrique) sur l'axe optique. En supposant que le rayon de la lentille convergente est r, déterminer : la position de l'image sur l'axe optique par rapport à l'écran ; la distance de l'image à l'axe optique ; la largeur a de la tache sur l'écran.

4) _AN_ : on donne f_0, D, r. Déterminer l'intervalle dans lequel peut varier x afin que a reste inférieur à 50 mm. [Utilisation de `Maple` possible. Il y avait une cinquième question.]

17 Centrale 11

▶**EX1** : on considère la réaction suivante faisant intervenir le chlorure de tert-butyle (C) et le chlorure de tert-butyle hydraté (C_h) : $C + 2\ H_2O \rightleftharpoons C_h + Cl^- + H_3O^+$.

1) Donner différentes expressions de la vitesse de réaction.

2) Expliquer pourquoi on ne peut déterminer que l'ordre α de la réaction par rapport à C. Déterminer la loi de vitesse (on donne k la constante de vitesse).

3) On pose $\alpha = 1$. Donner l'équation différentielle qui régit la réaction. En déduire une relation (1) en l'intégrant.

4 Donner la conductivité molaire σ à $t = 0$ [Une feuille complémentaire nous rappelait la formule $\sigma = \sum_i \lambda_i c_i$, mais pas la valeur des λ_i.] Expliciter $\sigma(t)$ et σ_∞.

Montrer que $\ln\left(\dfrac{\sigma_\infty}{\sigma_\infty - \sigma}\right) = kt$ grâce à la relation (1).

5. Montrer que $\sigma(t+T) = \sigma(t)e^{-kT} + b$, où b est une constante que l'on exprimera.

En déduire une relation lorsque $t \to \infty$? Que peut-on en tirer ? Que peut-on dire de l'intersection de $\sigma(t+T)$ avec la droite $y = x$?

On donne sur un logiciel appelé `Graph2D` 3 séries de points : le temps, $\sigma(t)$ et $\sigma(t+T)$. T n'est pas donné. Déterminer, à l'aide du logiciel, σ_∞ et k.

▶**EX2** : on considère la réaction $X + Y \rightleftharpoons (OBF)_3$ [X et Y étaient explicites, mais je ne me souviens plus, et cela n'a aucune influence. Les coefficients stœchiométriques sont cependant 1 pour les deux espèces.] On donne $-\ln K^o = \dfrac{3700}{T} - 7,4$, ainsi que le graphe de $-\ln K^o$ en fonction de $1/T$. On donne également les enthalpies standard de formation et les entropies standard des espèces X et Y.

1) Justifier l'approximation d'Ellingham.

2) Donner l'enthalpie standard et l'entropie standard de la réaction. Commentaire sur le signe de l'enthalpie standard de réaction.

3) Déterminer $\Delta_f H^o(OBF_3)$ et $S^o(OBF_3)$.

18 Mines 11

▶**QC** : donner l'énergie mécanique d'un point matériel soumis à une force centrale. Définir le potentiel effectif. Donner la nature du mouvement en fonction de l'énergie mécanique et de la forme du potentiel effectif.

▶**EX1** : on considère un conducteur électrique de conductivité γ dans le demi-plan $z > 0$.

1) Donner les équations de Maxwell et l'équation de la conservation de la charge. Montrer que $\rho = 0$.

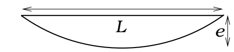
2) Montrer que $\Delta\vec{j} - \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\vec{j}}{\partial t^2} = \vec{0}$.

3) On cherche $\vec{j}$ de la forme $\vec{j} = j_0(z)\cos[\omega t - \varphi(z)]\vec{e_x}$. Donner les conditions sur j_0 et sur φ.

4) Déterminez les champs $\overrightarrow{\mathrm{E}}$ et $\overrightarrow{\mathrm{B}}$.

▶**EX2** : [sans préparation] on a un créneau de 1 kHz. Comment obtenir un signal sinusoïdal de 5 kHz ?

19 X 11



On considère une lentille obtenue en coupant un cylindre de rayon R et d'indice n comme l'indique la figure ci-contre. Trouver le foyer.

20 Centrale 11

▶**EX1** : [30 mn de préparation] on dispose d'une solution de soude $NaOH$. Le dioxyde de carbone CO_2 de l'atmosphère se dissout dans l'eau pour former le diacide H_2CO_3, de constantes d'acidité $pKa_1 = 6,3$ et $pKa_2 = 10,3$.

1. Écrire les réactions de constantes K_{a1} et K_{a2}.

2. Justifier que tant que H_2CO_3 est en large défaut, la solution contient des ions hydroxyde OH^- et des ions CO_3^{2-}. Écrire la réaction de formation des ions CO_3^{2-} et calculer sa constante (on donne $pKe = 14$).

On prend un volume $v_0 = 20,0\ mL$ de cette solution, composée de OH^- en concentration c_1, ainsi que de CO_3^{2-} en concentration c_2. On titre cette solution par de l'acide chlorhydrique HCl (acide fort), en concentration $c_a = 0,1\ mol/L$.

3. Écrire les 3 réactions possibles lors du titrage, puis calculer leurs constantes. En déduire l'ordre dans lequel vont se faire ces réactions.

4. [Je disposais d'un tableau de mesure du pH en fonction du volume d'acide ajouté. Un logiciel (très simple d'utilisation), `graph2D`, permettait de représenter ces mesures sous forme d'un graphe. Il y avait trois équivalences : la première très peu marquée, et les autres très nettes, à 30 mL et 41 mL.] Déterminer les volumes équivalents v_{e1} et v_{e2} correspondant aux deux équilibres de plus forte variation de pH.

5. Tracer le diagramme de prédominance de l'acide H_2CO_3 et des bases associées. En déduire la (ou les) réaction(s) qui se produit entre 0 et v_{e1}, puis entre v_{e1} et v_{e2}.

6. Déterminer les concentrations c_1 et c_2.

[Il y avait encore quelques autres questions, mais l'examinateur m'a fait passer à l'autre exercice.]

▶**EX2** : [sans préparation] on considère la réaction impliquant l'oxyde mercurique, à la température $T = 850\ K$: $2\ HgO_{(s)} \rightleftharpoons 2\ Hg_{(g)} + O_{2(g)}$, de constante d'équilibre $K = 420$ (à 850 K).

Dans un récipient où l'on a préalablement fait le vide, de volume $V = 2,24\ L$, on introduit $0,5\ mol$ d'oxyde mercurique.

1. Déterminer les pressions partielles à l'équilibre, puis la quantité de HgO restante.

2. On maintient la température constante, et on fait varier le volume. Pour quel volume l'oxyde mercurique a-t-il complètement disparu en fin de réaction ?

3. Donner l'allure de $P_{tot} = f(V)$.

[L'examinateur était agréable, même si pressé par le temps (le temps de passage n'est que d'une demi-heure).]

21 ENS 11

On considère un fil de longueur L, de diamètre D, de conductivités thermique κ et électrique γ, parcouru par un courant d'intensité I. Il est plongé dans un milieu extérieur de température T_e, avec lequel il peut échanger de la chaleur par convection (coefficient h). Les 2 extrémités du fil sont enfin fixées à la température T_e.

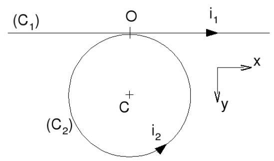
Déterminer le profil de température en régime permanent.

Au cours de l'oral : temps caractéristique de diffusion ? intensité permettant d'avoir une température uniforme ? sens des transferts thermiques si on modifie le courant I ?

22 X 11

Une règle, infiniment fine, est posée verticalement en équilibre sur le sol, avec un coefficient de frottement f. Que se passe-t-il ?

23 Centrale 11



[25 mn de préparation, `Maple 14` et formulaire d'analyse vectorielle à disposition.]

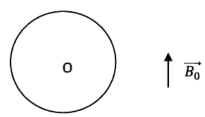
On considère le système formé de deux fils conducteurs (C_1), fil considéré infini et (C_2) boucle de courant de centre C, de rayon a, parcourus par des courants i_1 et i_2 respectivement. Le rayon des fils est faible devant les dimensions du système, de sorte que (C_1) et (C_2) sont considérés tangents mais pas en contact.

1. Déterminer la direction $\vec{u}$ du champ magnétique en tout point du plan des circuits, et montrer que $\overrightarrow{\mathrm{B}}$ peut se mettre sous la forme : $\overrightarrow{\mathrm{B}}(M) = [\alpha_1(M)i_1 + \alpha_2(M)i_2]\overrightarrow{\mathrm{u}_z}$.
2. Calculer $\alpha_1(M)$ en fonction des coordonnées $(x, y, z = 0)$ du point M. À l'aide du logiciel de calcul formel, en déduire le coefficient d'induction mutuelle entre les deux circuits.
3. On ne considère plus que la seule boucle de courant. Soit M un point du disque qu'elle forme, tel que $\overrightarrow{CM} = au\overrightarrow{\mathrm{e}_x}$, où $0 \leq u < 1$. Soit P un point de (C_2), on pose $\theta = \left(\overrightarrow{\mathrm{e}_x}, \overrightarrow{MP}\right)$ et $MP = a\rho(P)$.
Déterminer ρ en fonction de θ.
4. En déduire le champ magnétique en M, en fonction d'une intégrale de $1/\rho$.

[Examinateur tout à fait sympathique, mais assez speedé.]

24 Mines 11

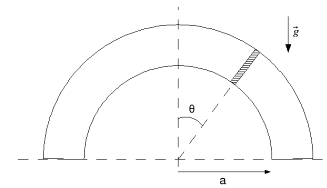
►**QC** : dites-moi tout ce que vous savez sur les trous et fentes d'Young.



►**EX** : [10-15 minutes de préparation] on considère une sphère de rayon R et de centre O, en matériau supraconducteur, soumise à un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B_0}$ selon l'axe Oz. On suppose qu'un dipôle magnétique $\overrightarrow{\mathcal{M}}$ placé en O crée un champ $\overrightarrow{B_1}$ à l'extérieur de la sphère.
On fait l'hypothèse que les champs $\overrightarrow{B_{int}}$ et $\overrightarrow{B_{ext}}$, respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de la sphère, vérifient : $\overrightarrow{B_{int}} = \vec{0}$ et $\overrightarrow{B_{ext}} = \overrightarrow{B_0} + \overrightarrow{B_1}$.

1) À l'aide d'une analogie avec l'électrostatique, déterminer les composantes du champ $\overrightarrow{B_1}$.
2) En déduire l'expression de $\overrightarrow{\mathcal{M}}$. Tracer les lignes de champ magnétique.
3) Calculer les courants surfaciques à la surface de la sphère.
4) Calculer $\overrightarrow{B_1}(O)$. Commenter.
5) À quoi cet exemple vous fait-il penser ? Quel commentaire supplémentaire pouvez-vous faire ? [J'ai fait quelques erreurs de calculs à quelques endroits mais je n'ai pas eu l'impression que l'examinateur en a tenu compte. Il était plutôt gentil et souhaité que je comprenne bien tout ce qui ce passe dans cet exercice, notamment pour la dernière question qui requiert d'avoir un bon sens de ce qui se passe en magnétostatique...]

25 Centrale 11



[25 mn de préparation.] On considère un demi-tore, de section S, de rayon (intérieur) a, dans lequel se déplace sans frottement un piston de masse m. De part et d'autre du piston se trouve le même gaz parfait monoatomique, en même quantités. Le tout est placé dans le champ de pesanteur, et on considère la température constante et uniforme dans tout le système. Lorsque $\theta = 0$, le volume de chaque compartiment est noté V_0.

1. Montrer que pour certaines températures, il existe une position d'équilibre différente de $\theta = 0$. On fera apparaître une température critique T_c.
2. On cherche à avoir $T_c = 300\ K$. Proposez des dimensions raisonnables du système.
3. Calculer la période des petites oscillations autour des positions d'équilibre, dans les cas $T = 2T_c$ et $T = T_c/2$.

[Examinateur quelconque, un peu froid.]

26 Centrale 11

On considère le mécanisme suivant :

$$(1)\quad M + E \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} C$$

$$(2)\quad C \overset{k_2}{\rightarrow} E + 2\,G$$

On note v la vitesse de formation de G, divisée par 2.

1. Donner une relation entre v, $[C]$ et k_2.
2. En appliquant l'AEQS au composé C, montrer que $v = \dfrac{k_1k_2[E][M]}{k_{-1} + k_2}$.
3. Donner la relation entre $[C]$, $[E]$ et $[E]_0 = [E]$ à l'instant initial, puis exprimer $[E]$ en fonction de $[E]_0$ et $[M]$.
4. Montrer que $v = \dfrac{v_{max}}{1 + \frac{K_m}{[M]}}$. Justifier le nom de v_{max}, et donner l'expression de v_{max} et K_m.
5. Donner une relation entre la vitesse initiale v_0 et $[M]_0$.

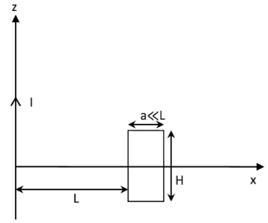
On donne les mesures suivantes pour $[E]_0 = 10^{-6}\ mol/L$:

$10^4 \cdot [M]_0$ (mol/L)	1	2	3	5	10	20
$10^6 \cdot v_0$ (mol/L/min)	5,9	8,8	7.5	12,6	14,7	15,9

6. Calculer $v_{0,max}$ et K_m. Conclure.

[J'ai su tout faire avec un tout petit peu d'aide pour la dernière question de cet exo. Seulement il m'a donné ensuite un exercice sans préparation qui devait se faire dans les 10 dernières minutes. Et là je n'ai rien su faire et j'ai enchainé grosses bourdes sur grosses bourdes. Il m'a clairement dit au bout d'un moment que je pouvais tout tenter de toute façon j'avais zéro à cet exercice. Au final j'ai eu 12 ce qui était prévisible.]

27 Centrale 11



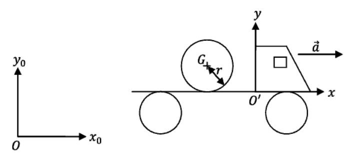
Un cadre conducteur de hauteur H et de largeur a se déplace selon l'axe x alors qu'un courant constant I parcourt un fil infini d'axe z.

1) Un opérateur fait bouger le cadre selon x sinusoidalement avec une amplitude δ. Déterminer la puissance moyenne qu'apporte l'opérateur pour maintenir le mouvement.

2) Un opérateur exerce une force sinusoïdale selon x sur le cadre. Donner l'amplitude du mouvement en fonction de ω.

[L'examinateur ne voulait pas me dire si mes résultats intermédiaires étaient justes ou non donc j'avançais un peu dans le flou. Au final malgré les ressemblances des deux question je n'ai traité quasiment que la première question ce qui m'inquiétait pas mal. J'ai tout de même eu 15 !]

28 CCP 11



►**EX1** : [/10] un cylindre uniforme (de moment d'inertie J, de masse m) de centre de masse G roule sans glisser sur la plateforme d'un camion qui a une accélération constante $\vec{a}$. À l'instant initial, le camion est à l'arrêt et le cylindre est contre la cabine, la position de G est donnée par la variable x_G première coordonnée dans le référentiel d'étude qui est celui du camion : $\mathcal{R} = (O', \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

1) Relation entre $\vec{\Omega}$ vecteur vitesse de rotation du cylindre par rapport à $\mathcal{R}$ et $\dot{x}_G$.

2) Déterminer l'énergie cinétique et potentielle du cylindre.

3) Nature du mouvement du cylindre. Déterminer τ le temps pour que G atteigne le bord de la plateforme.

4) Déterminer la condition sur f coefficient de frottement pour que le mouvement reste un roulement sans glissement.

►**EX2** : [/10] on considère un cylindre infini de rayon r parcouru par un vecteur densité de courant volumique $\vec{j}$ parallèle à l'axe du cylindre.

1) Déterminer $\overrightarrow{\mathrm{B}}$ et $\overrightarrow{\mathrm{A}}$ dans tout l'espace.

2) On place autour de ce cylindre un cylindre creux de même axe, de rayons a et b ($a > b > r$) parcouru par un vecteur densité de courant volumique $-\vec{j}$ et tel que le courant qui passe à travers une section horizontale de ce deuxième cylindre soit l'opposé de celui qui passe à travers une section horizontale du premier. Déterminer $\overrightarrow{\mathrm{B}}$ dans tout l'espace.

3) En ne reconsidérant que notre premier cylindre, mais avec une cavité cylindrique de même axe et vide de densité de courant, montrer que $\overrightarrow{\mathrm{B}}$ est uniforme dans ce cylindre.

[L'examinatrice était froide mais sans plus, par contre je n'ai pas pu traiter toutes les questions faute de temps, il faut dire que je n'étais pas assez rapide à mon gout et qu'elle demandait d'être rigoureux sur tous les points.]

29 X 11

1. Donner la configuration électronique de l'état fondamental de l'aluminium, ainsi que le nombre d'électrons de valence. Quel est l'ion susceptible de se former ?

L'aluminium solide est un métal cristallisé dans une structure cubique à faces centrées de paramètre de maille $a = 405\ pm$ et de masse molaire $M = 27\ g/mol$.

2. Représenter une maille conventionnelle cubique à faces centrées, et calculer le rayon métallique de l'aluminium.

3. Donner la coordinence, le nombre d'atomes par maille, ainsi que la masse volumique.

On s'intéresse maintenant aux espèces suivantes : $Al_{(s)}$, Al^{3+}, $Al(OH)_{3(s)}$ ($pK_s = 32$) et $Al(OH)_4^-$ ($\log\beta_4 = 34$). La concentration totale en aluminium dissout vaut $c_0 = 10^{-2}\ mol/L$ et on travaille à 25°C. On donne $E^o = -1,66\ V$ pour le couple Al^{3+}/Al.

4. Tracer le diagramme potentiel-pH pour l'aluminium.

5. L'aluminium est-il stable en solution aqueuse ? En réalité, il se recouvre d'une couche d'alumine Al_2O_3. Commenter.

30 Mines 11

►**QC** : forces centrales, états liés, états de diffusion.

►**EX** : l'ionosphère est un plasma dans lequel nous supposerons les ions fixes et la densité locale de charges nulle. On considère de plus que règne dans ce plasma un champ magnétique stationnaire et uniforme $\overrightarrow{B_0}$ (le champ terrestre) dirigé selon $\overrightarrow{u_z}$. On s'intéresse à la propagation d'un champ électromagnétique dans ce plasma selon une direction perpendiculaire au champ $\overrightarrow{B_0}$. On notera n le nombre d'électrons par unité de volume.

1. Écrire les équations de Maxwell dans le plasma. Interprétation physique ?

2. Établir l'équation du mouvement d'un électron. En supposant que le vecteur d'onde k reste de l'ordre de ω/c, montrer que l'influence du champ magnétique est négligeable.

3. En déduire l'expression du vecteur densité de courant dans le plasma.

4. On choisit $\vec{k}$ selon $\overrightarrow{u_y}$, et $\overrightarrow{\mathrm{E}} \cdot \overrightarrow{u_z} \neq 0$. Déterminer la polarisation de l'onde. Établir la relation de dispersion.

5. Toujours avec $\vec{k}$ selon $\overrightarrow{u_y}$, on choisit maintenant $\overrightarrow{\mathrm{E}} \cdot \overrightarrow{u_z} = 0$. Polarisation de l'onde ? Condition pour avoir propagation ?

31 Mines 11

►**QC** : interféromètre de Michelson en lame d'air.

►**EX1** : un satellite de masse m est en orbite circulaire de rayon r_0 autour de la Terre (masse M) avec une vitesse v_0.

1. Exprimer v_0 et E_m en fonction de r_0.

2. On augmente la vitesse du satellite de δv_0 avec $\delta v_0 \ll v_0$. Quelle est la nouvelle trajectoire ? Exprimer sa période. On donne $E_m = -\frac{GMm}{2a}$ pour une trajectoire elliptique.

►**EX2** : un laser de puissance $P = 1\ mW$ envoie une onde lumineuse plane progressive monochromatique. Exprimer les amplitudes des champs électrique et magnétique associés à cette onde. Propriétés du laser ?

32 centrale 11

►**EX1** : 1) Donner la structure électronique de l'oxygène, indiquer les électrons de valence et de cœur.

2) Donner la représentation de Lewis de l'ozone O_3.

La destruction de l'ozone se fait grâce à la réaction de mécanisme :

$$2\ O_3 \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} O_3 + O_2 + O^\bullet \qquad \text{et} \qquad O_3 + O^\bullet \xrightarrow{k_2} O_2.$$

3. Quel est le type de cette réaction ? Donner la réaction bilan. Quelle approximation fait-on lorsque l'on fait l'AEQS ? En déduire la vitesse de la réaction bilan.
[Ensuite l'énoncé donnait une autre réaction qui avait le même bilan, mais c'était un mécanisme en chaîne et il faisait intervenir le Cl_2. Il apparaissait aussi les élément ClO_3^- et d'autres composés. Je n'ai pas retenu la réaction. Il fallait déterminer la vitesse.]

►**EX2** : [sans préparation] on fabrique la pile $Ag|Ag^+, OH^-||OH^-, [Fe(OH)_4]^{2-}|Fe$.
Donner les couples rédox mis en jeu, ainsi que leurs demi-équations. Donner l'équation bilan et le potentiel standard de la pile.
Cette pile débite pendant une heure un courant de $0,6\ A$. Quelle est la quantité de Fe consommée ?
[Je n'ai pas fait cette dernière question, il en restait d'autres après... L'examinateur était déprimant. Dés que je ne savais pas, il me disait de passer à la suite. Je n'ai pas eu une bonne note...]

33 Mines 11

►**EX1** : on construit un télescope avec une lentille convergente de focale 80 cm et une lentille divergente de focale $-8\ cm$.

1) Comme l'œil voit les objets qui viennent de l'infini, comment faut-il placer les lentilles pour observer de lointains objets ?

2) Donner le grossissement angulaire. *AN* : on observe une tour de 20 m située à 5 km.

3) Même question si l'on retourne l'appareil sans modifier les réglages.

►**EX2** : on prend un réservoir d'azote liquide formé d'une boule dans laquelle se trouve l'azote liquide. Celle-ci est composée d'un matériau d'épaisseur e_1 et de conductivité thermique λ_1, puis d'un isolant d'épaisseur e_2 et de conductivité thermique λ_2 et enfin d'une autre couche d'épaisseur e_1 et de conductivité thermique λ_1. Des échanges entre l'intérieur de la boule et la paroi se font suivant la loi de Newton avec un coefficient h_i. Il y a le même type d'échange avec l'extérieur avec le coefficient h_e.
Déterminer la puissance dissipée par le système.
[On aboutit à un calcul franchement immonde. L'examinateur m'a demandé de faire des applications numériques pour voir ce qui pouvait se simplifier... On trouvait sur quoi il fallait jouer pour diminuer cette puissance perdue.]

34 Centrale 11

On veut faire tourner des particules à vitesse constante v_0 grâce à un champ magnétique, puis les accélérer en les gardant sur la même trajectoire. On travaille dans le plan Oxy. Notre champ magnétique est $B_0(r)\overrightarrow{e_z}$ avec $B_0(r) > 0$.

1) Calculer $B_0(r)$ en fonction de m, q, v_0 et r. Quelles sont les seules particules qu'on peut faire tourner ?
AN : calculer v_0 pour $B_0(r = 0,5\ m) = 0,6\ T$, $q = 1,6.10^{-19}\ C$, $m = 9,1.10^{-31}\ kg$. Est-il possible que v_0 soit constante pour tout r ? Si oui, à quelle condition ?

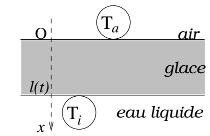
2) On augmente $B_0(r)$ pour $t > 0$ tel que $B(r,t) = B_0(r)[1 + \alpha\ \mathrm{th}(t/t)]$. Trouver α pour que la vitesse finale des particules accélérées soit $v_1 = 2,0.10^7\ m/s$.

3)Calculer le champ $\overrightarrow{\mathrm{E}}$ induit par $\overrightarrow{\mathrm{B}}$. Quelle est la condition pour que l'accélération se fasse à rayon r constant ? Comparer cette condition avec la condition de 1). Y a-t-il contradiction ? [Il y avait d'autres questions.]

35 ENSEA 11

►**QC** : donner un (ou plusieurs) circuit(s) qui transforme(nt) un signal carré de moyenne nulle à une fréquence de 10 kHz en un signal triangulaire, de moyenne nulle à la même fréquence.

►**EX** : on considère un lac où l'eau liquide est en permanence à la température de congélation $T_i = 273\ K$. L'air au-dessus du lac est à la température constante $T_a = 263\ K$. Libre de glace à l'instant initial $t = 0$, le lac se couvre progressivement d'une couche de glace dont l'épaisseur est notée $l(t)$ à l'instant t. On donne pour la glace : masse volumique $\rho = 900\ kg/m^3$; conductivité thermique $\lambda = 2,1\ W.m^{-1}.K^{-1}$; capacité calorifique négligeable ; chaleur latente de fusion $L_f = 334\ kJ/kg$. Enfin, les échanges thermiques entre la surface libre de la glace et l'air s'effectuent par convection : la puissance thermique échangée par unité de surface de glace vaut $h[T_0(t) - T_a]$, où $T_0(t)$ est la température de la glace en $x = 0$, et $h = 42\ W.m^{-2}.K^{-1}$.



1. Déterminer la distribution de température $T(x,t)$ dans la glace en fonction de $T_0(t)$, T_i, $l(t)$ et x.
2. Établir deux relations entre $l(t)$ et $T_0(t)$. En déduire l'expression de $l(t)$. On posera $l_0 = \lambda/h$ et $\tau = \dfrac{\lambda\rho L_f}{2h^2(T_i - T_a)}$. Donner les valeurs numériques de l_0, τ et (dl/dt).
3. Comment évolue la température à la surface du lac ?

36 Centrale 11

►**EX1** : [25 min préparation] on considère du carbone sous forme graphite, du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone. Trois réactions d'oxydation ont lieu. (1) : le carbone forme du monoxyde de carbone ; (2) : le carbone forme du dioxyde de carbone ; (3) : le monoxyde de carbone forme du dioxyde de carbone. On se place dans la gamme de température $[700\ K; 1300\ K]$.

1. Diagramme d'Ellingham.

Écrire les trois réactions d'oxydation, en prenant pour chacune d'elle le coefficient stœchiométrique du dioxygène égal à -1. On se place dans le cadre de l'approximation d'Ellingham. Rappeler en une phrase simple en quoi elle consiste. On donne l'enthalpie standard de réaction et l'entropie standard de réaction pour les réactions (1), (2) et (3). Calculer les enthalpies libre de réaction.
En réalité, les trois équilibres ne sont pas indépendants. Montrer que la réaction (2) s'exprime comme combinaison de la réaction (1) et (3). Montrer qu'il existe une température T_i pour laquelle les trois enthalpies libres de réaction sont égales. Calculer T_i et les constantes de réactions pour les trois réactions à cette température. Tracer les courbes du diagramme d'Ellingham. Retrouver graphiquement T_i. [Logiciel sur ordi pour le tracé]
Tracer le diagramme d'Ellingham complet de ces réactions, en justifiant.

2. Diagramme de Boudouard.

Un réacteur est alimenté en permanence par du carbone (il est donc en excès en permanence). On travaille sous une pression de 1 bar. On note x et y les fractions molaires en dioxyde de carbone et en monoxyde de carbone. On considère la réaction (4) : $C + CO_2 \rightleftharpoons 2\ CO$.

Calculer l'enthalpie standard et l'entropie standard de réaction, puis son enthalpie libre de réaction.
Montrer que y est une fonction de la température uniquement.
On appelle diagramme de Boudouard le graphe de la fonction $y = f(T)$. Celui-ci est sur le logiciel. On souhaite produire du CO en grande quantité.
Faut-il travailler dans une enceinte chaude ou froide ? Retrouver ce résultat.
Discuter de l'influence de la température sur la réaction. Dans le cas d'une enceinte isotherme, discuter de l'effet de la variation de pression.
Décrire qualitativement l'évolution du diagramme de Boudouard lors d'une augmentation de pression.
▶**EX2** : [sans préparation] on considère l'alliage Or-Cuivre suivant : la maille est un parallélépipède rectangle. Deux atomes d'or sont placés au centre de deux faces opposées. Les atomes d'or sont situées sur chacun des sommets. Les atomes de cuivre occupent le centre des quatre faces restantes. Les deux faces sur lesquelles sont situés les atomes d'or forment des carrés de côté a, les autres faces sont de longueur b. Il y a tangence sur les diagonales des faces. On donne les valeurs des rayons des atomes et les masses molaires pour le cuivre ($145\ pm$; $63,5\ g/mol$) et d'or ($175\ pm$; $197\ g/mol$).

1. Calculer la valeur de a et b.
2. Établir le nom de la molécule correspondant à cet alliage.
3. Calculer la fraction massique d'or dans cet alliage. L'exprimer en carat. Un carat représente $1/24^e$ de la masse totale d'un alliage. Par exemple, de l'or 15 *carats* signifie que dans 24 g d'alliage, on trouve 15 g d'or.
4. Calculer la masse volumique de cet alliage.

$\boxed{37}$ Centrale 10

Il s'agit d'étudier l'influence de la longueur de cohérence sur la visibilité des interférences.

1. Décrire un dispositif interférentiel à 2 ondes, éclairé par une source ponctuelle, et qui permette d'observer des franges d'interférences rectilignes. Comment faire pour observer les interférences à l'infini ?
2. On adopte le modèle suivant : une source monochromatique émet des trains d'onde tous identiques, de durée τ, mais à des dates aléatoires. Indiquer dans quelle zone de l'espace on peut espérer observer des interférences. Comment est limitée la zone d'observation sur un écran placé dans le plan focal d'une lentille ?
La simulation proposée permet d'observer l'influence de la durée τ des trains d'onde sur un dispositif interférentiel du type proposé. Un paramètre b réglable permet de modifier les propriétés de la source. Quel est, à votre avis, le lien entre τ et b ?
3. La durée d'observation est très grande devant celle des trains d'onde, elle-même très grande devant la période des ondes. Calculer l'éclairement moyen en un point de l'écran. En déduire le contraste local. Conclure.

Le sujet est accompagné d'un logiciel montrant des franges rectilignes et permettant d'effectuer, sur l'écran, des mesures de position (coordonnées x et y sur l'écran) et d'intensité lumineuse. En particulier, en choisissant les valeurs extrêmes du paramètre b, le candidat affiche respectivement des franges bien ou mal contrastées.


Franges d'interférences mal contrastées


Franges d'interférences bien contrastées

$\boxed{38}$ Mines 11

▶**EX1** : [25 min de préparation] on considère une particule M, de masse m, suspendue au bout d'un fil (tendu, inextensible, de masse nulle), en rotation autour d'un axe à la vitesse ω. Le fil fait un angle φ avec l'axe de rotation.

1. Déterminer la valeur φ_0 de l'angle φ à l'équilibre.
2. On applique pendant un laps de temps très bref une force à la particule, de faible intensité, et de direction dans le plan contenant la particule et l'axe de rotation. On suppose que le fil reste tendu en permanence. Trouver la pulsation des oscillations de la particule dans le référentiel tournant. [L'examinateur m'a fait passer à l'exercice suivant juste après avoir établi deux équations différentielles couplées sur φ et ω ?. C'était très sale.]

▶**EX2** : [sans préparation] on considère une barre, de longueur L, que l'on met en contact avec deux thermostats à T_1 et T_2 aux extrémités.
Établir, en régime permanent, le profil de température dans la barre. Quelle est sa résistance thermique ? Calculer la création d'entropie par unité de temps.
[Il y avait d'autres questions, que je n'ai pas eu le temps de traiter. L'examinateur était fort sympathique, même si quelque peu distrait par moments.]

$\boxed{39}$ Centrale 10

Au cours d'une expédition polaire, les trois petits cochons décident de construire un igloo de glace de forme hémisphérique. Ils s'accordent sur un rayon intérieur $R_1 = 1,0\ m$ et une épaisseur de glace de 30 cm. L'air extérieur est à une température $T_e = -5°\text{C}$ supposée constante.
Au moment où l'igloo est achevé, le grand méchant loup surgit. Les trois petits cochons se précipitent à l'intérieur de l'igloo et obstruent l'entrée par un dernier morceau de glace.
Le loup se met à souffler, souffler, mais l'igloo reste en place. Ayant bien remarqué l'absence de cheminée, sa seule chance est de continuer à souffler. Un régime stationnaire de transferts thermiques finit par s'établir entre l'intérieur et l'extérieur de l'igloo. Ajoutons que des transferts thermiques de nature conducto-convective ont lieu d'une part entre l'air intérieur et la paroi intérieure (coefficient $h_i = 5,0\ W.m^{-2}.K^{-1}$), d'autre part entre l'air extérieur et la paroi extérieure (coefficient $h_e = 100\ W.m^{-2}.K^{-1}$ quand le loup souffle, et $h_e = 10\ W.m^{-2}.K^{-1}$ quand il ne souffle plus).
Phase 1 : le loup souffle.

1. Exprimer, puis calculer la résistance thermique de conduction de l'igloo.
2. Sachant qu'un petit cochon libère une puissance de 80 W, calculer la température intérieure qui règne à l'intérieur de l'igloo, ainsi que la température de sa paroi intérieure.

Phase 2 : le loup, fatigué, arrête de souffler mais les trois petits cochons restent enfermés.

3. En se plaçant encore en régime stationnaire, montrer que l'igloo fond. De quel côté ? Sur quelle épaisseur ?

Données : conductivité thermique de la glace ($\lambda = 2,0\ W.m^{-1}.K^{-1}$) ; capacité thermique massique de la glace ($c = 2,1\ kJ.kg^{-1}.K^{-1}$) ; masse volumique de la glace ($\rho = 920\ kg/m^3$).

40 `Centrale 10`

►**EX** : on considère un doublet : $f'_1 = 3\ m$, $f'_2 = 1\ m$, $O_1O_2 = 2\ m$.

1. Calcul et tracé des foyers image et objet du doublet.

2. Calcul et tracé des plans principaux. Pour le calcul, on peut s'aider de `Maple` ; pour le tracé, considérer les deux rayons tracés pour obtenir les foyers, et en particulier leurs intersections.

3. Indiquer comment, à partir de la donnée de F, F', H et H', tracer l'image d'un objet.

4. En déduire une formule de conjugaison liant A, A', F, F', H et H'.

[Il était expliqué ce que sont les plans principaux. Au final, je n'ai pas touché `Maple` ; je n'ai pas fait le calcul des plan principaux, et arrivé au tableau je lui ai dit comment je comptais procéder. Il m'a dit OK, et on a commencé le calcul en utilisant sa méthode avec les formules de conjugaison de Newton (futé, ça induit très peu de calcul). Au final la méthode de tracé géométrique proposée est assez géniale : pour n'importe quel système optique, on a avec deux rayons F, F', H et H'.]

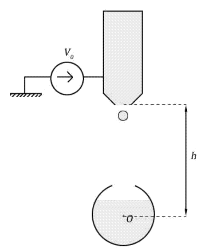
►**QC** : diffraction par une fente dans les conditions de Fraunhofer avec éclairage incident parallèle : largeur de la tache ; que se passe-t-il si on bouge la fente ?

On prend deux lampes au sodium et on place un écran parallèlement aux deux lampes.

a) Y a-t-il interférence ? Pourquoi ? Quelle est la durée de persistance rétinienne ?

b) Et si on observe avec un détecteur dont la constante de temps est de l'ordre de celle des trains d'onde ?

41 `Centrale 11`



[30 min préparation - 30min au tableau] L'eau est un liquide incompressible, conducteur. On note ρ sa masse volumique. Des gouttes d'eau de rayon r sont portées au potentiel V_0, et lâchées à une vitesse initiale nulle d'une hauteur h. Elles sont soumises au champ de gravité$\vec{g}$. Le rayon du récipient est noté R. On suppose que h est assez grand pour qu'on néglige les effets du distributeur lorsqu'on se place au voisinage du récipient et qu'on néglige ceux du récipient lorsqu'on se place au voisinage du distributeur. On suppose également $r \ll R$.

1. Calculer la charge d'une goutte d'eau.

2. Montrer qu'il existe une valeur h_m, telle que si $h < h_m$ alors le récipient ne peut pas se remplir. Donner son expression en fonction des données du problème.

3. Le récipient est entièrement rempli. On le relie alors à la masse à travers une résistance $\mathcal{R}$. Calculer le temps de décharge du récipient.

[Examinatrice sympathique, qui écoutait bien ce que je faisais. Elle m'a posé au cours de mon exposé les questions suivantes : q2- pouvez vous m'estimez la valeur de V_0 qu'il faut pour avoir $h_m \simeq 100\ R$, en utilisant des valeurs cohérentes pour les autres paramètre. Est-ce réalisable concrètement ? q3- vous avez utilisé la formule de la capacité d'un condensateur sphérique. Pouvez vous me la redémontrer ?]