CENTRALE.

EPREUVES ORALES CONCOURS CCS

Il existe deux épreuves orales de physique au Concours Centrale-Supélec.

Physique I (30 minutes de passage sans préparation)
L'épreuve consiste en une présentation orale portant essentiellement sur l'électromagnétisme, la thermodynamique, la mécanique des fluides et les ondes sonores, dans le cadre du programme de cette filière (première et deuxième année). L'épreuve se déroule en 30mn : un seul exercice (à priori) est posé en direct au candidat.
Physique II (30 minutes de préparation +30 minutes de passage)
L'épreuve consiste en une présentation orale portant essentiellement sur l'électromagnétisme, la thermodynamique, la mécanique des fluides et les ondes sonores, dans le cadre du programme de cette filière (première et deuxième année). L'épreuve se déroule se partage en deux temps : 30 mn de préparation pendant lequel le candidat peut être amené à utiliser un ordinateur et/ou à étudier un texte + 30 mn de présentation.
Concernant les logiciels utilisés, les logiciels libres et très simples d'utilisation peuvent toujours apparaitre (voir ci-dessous), il n'y aura plus de Maple mais du Python et du Scilab à la place.

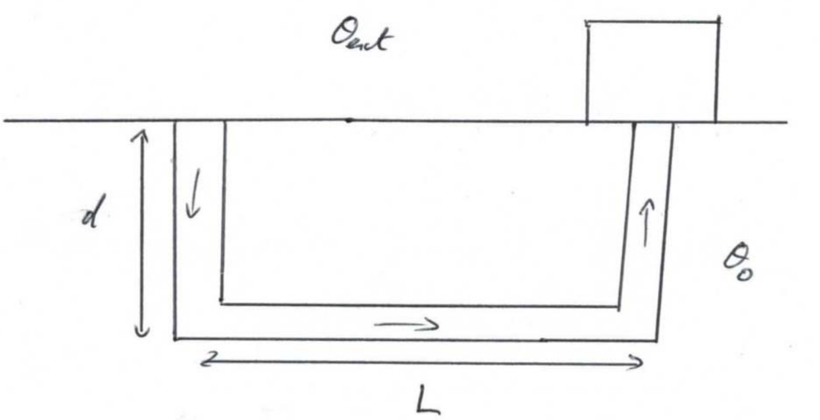
Les logiciels utilisés sont disponibles à l'adresse :
http://www.lgep.supelec.fr/index.php?page=scm-logiciels

1. CCS1 (2016, HEYRAUD 13/20)

On considère un puits canadien permettant de climatiser une habitation. Ce puits est constitué d'un canal de section r, la température du sol est constante au cours de l'année.

Données : valeur du coefficient intervenant dans la loi de Newton, L>>d, volume de l'habitation

($V = 10^3\ m^3$), prix du kWh.



1°) a) Equation différentielle vérifiée par la température du fluide ?

b) Simplification de cette équation ?

c) Température finale du bâtiment ?

2°) L'air de l'habitation est entièrement renouvelé toutes les deux heures.

En été on impose une température de l'habitation de 20°C, pour une température extérieure de 30°C. En hiver, la température de l'habitation est de 18°C pour une température extérieure de 10°C. Calculer l'économie de chauffage réalisée.

2. CCS2 (2016, HEYRAUD 18/20)

Traitement antireflet.

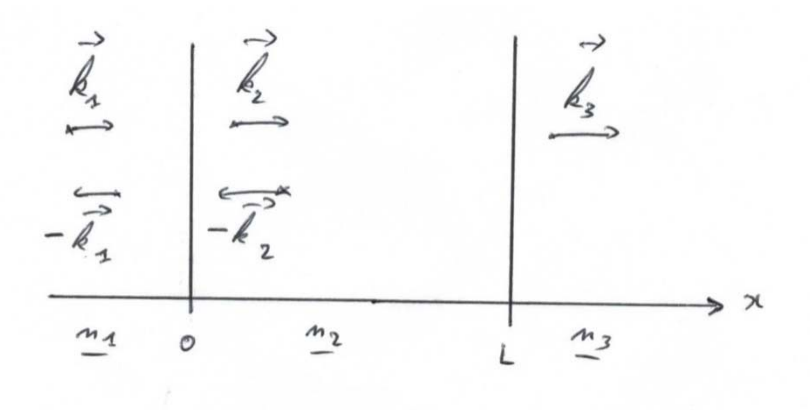
Sur la 1ère page de l'énoncé il y avait une photo d'une paire de lunette. Données : E et B sont continus.

1°)a) Donnez la forme de l'OPPH incidente polarisée selon uz.

b) Donnez l'expression du champ B incident.

c) Montrer que les coefficients de réflexion et transmission suivent le système de 4 équations suivantes :

[je ne les ai pas retenues mais chacune des équations était issu des relations de continuité de E et B aux deux interfaces]



d) Montrez que dans les deux cas suivants il n'y a pas de réflexion :

(1) : $n_1 = n_3$ et $L = \frac{m\lambda_2}{2}$

(2) : $n_2 = \sqrt{n_1 n_3}$ et $L = (p + \frac{1}{2})\lambda_2$

2°) Dans quel cas se placer [penser aux lunettes sur la couverture] ? Interpréter une simulation Python.

3°) Discussion sur les avantages et inconvénients d'un tel traitement.

[L'examinateur était quasi-muet, l'exercice était très (trop) calculatoire, j'ai proposé d'avancer un peu plus vite en sautant certains calculs (en lui disant de quelles équations j'allais partir et comment je comptais m'y prendre). Je n'ai pas eu le temps de réellement interpréter la simulation.]

3. CCS1 (2016, 7/20 Vaschalde)

On considère un anneaux métallique plat d'épaisseur e, de rayons $a < b$ parcouru par un courant I non uniformément réparti. En effet, cet anneau présente une coupure d'angle α très faible aux bornes de laquelle on impose deux potentiels V_1 et V_2 (on pose $U = V_1 - V_2$).

1- Exprimer le champ magnétique crée au centre de l'anneau (on donnait le champ magnétique crée par une spire en un point de son axe).
2- Déterminer par deux méthodes la puissance dissipée par l'anneau.

4. CCS2 (2016, 14/20 Vaschalde)

On considère l'écoulement d'un fluide visqueux entre deux plaques de dimensions infinies (suivant (Ox) et (Oy)). On suppose cet écoulement causé par un gradient de pression $\frac{dP}{dy} = -f(t)$. On suppose l'écoulement laminaire, incompressible (μ) de viscosité cinématique ν. On écrit la vitesse de la manière suivante :

$$\vec{V}(M,t) = U\,\vec{e}_x + V\,\vec{e}_y + W\vec{e}_z$$

1- A partir des hypothèses précédentes obtenir une expression simplifiée de la vitesse.
2- On a une simulation python représentant le profil des vitesses et le gradient de pression. On peut modifier le rapport $F = \frac{f}{f_l}$ où f es la fréquence de variation du gradient de pression et f_l est une fréquence caractéristique. Observer et commenter le profil des vitesses selon les valeurs de F. Etudier en particulier les cas où $F \ll 1$, $F = 1$ et $F \gg 1$.
3- A partir de l'équation de Navier Stokes, montrer que V vérifie : $\frac{\partial V}{\partial t} - \nu\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \frac{f(t)}{\rho}$
4- Montrer qu'en régime stationnaire (on a alors $f(t) = F_0$), V vérifie un profil parabolique et définir une vitesse moyenne d'écoulement.
5- On suppose maintenant que $\underline{f}(t) = Re\ (F_0 \exp j\omega t)$. Justifier que V est alors de la forme : $V = Re\left(\underline{V(z)}\exp j\omega t\right)$.

6- Déterminer et résoudre l'équation vérifiée par $\underline{V}(z)$. On pose $\delta = \sqrt{\frac{2\nu}{\omega}}$. A quelle grandeur physique correspond δ ?

5. CCS1 (2016 ,11/20 Tabourel)

Soit un vérin amortisseur, constitué d'un piston de longueur L de rayon R dans un cylindre de rayon $R + a$, contenant une huile incompressible de masse volumique μ et de viscosité dynamique ν.

1- Déterminer la force à appliquer sur le piston pour le faire se déplacer à la vitesse U_0 en régime stationnaire et expliquer l'origine physique de cette force.
2- Donner les caractéristiques d'une huile pour que le piston se déplace à la vitesse U_0 pour une force appliquée sur le piston.

[L'exercice s'est très bien passé d'autant plus que je l'ai eu en colle cette année, l'examinateur m'a juste aidé pour la résolution de l'équation différentielle]

6. CCS2 (2016, 9/20 Tabourel)

Peut-on faire brûler une feuille de papier avec une loupe au soleil ?

Données :

- Flux surfacique émis par un corps noir σT^4.
- Capacité thermique massique de la feuille.
- Température extérieure du soleil : $5700K$.
- Distance terre-soleil
- Rayon du soleil.
- Rayon de la terre.
- Température de fusion du papier.
- Température de fusion et d'ébullition de l'eau
- 35% des rayons solaires sont réfléchis à l'entrée de l'atmosphère.
- 28% des rayons ayant pénétré dans l'atmosphère sont absorbés avant d'arriver au sol.
- Masse surfacique du papier.

1- Calculer la puissance surfacique reçue au sol venant du soleil.
2- On met une loupe de rayon r et de focale f' sous le soleil de manière à ce que l'image du soleil soit sur la feuille de papier. Calculer la taille de la tâche.
3- On considère que la feuille peut être considérée comme un corps noir. En négligeant tout autre forme de transfert énergétique que les transferts radiatifs, établir une équation différentielle vérifiée par la température de la surface de la feuille éclaire par le soleil.
4- Résoudre cette équation différentielle.
5- Conclure.

7. CCS1(2016, 13/20 Vassart)

Il y avait toute une théorie sur les alliages. Ces alliages étaient utilisés pour former un puits de potentiel de profondeur V_0. On se plaçait dans le cas où $0 < E < V_0$. L'équation de Schrödinger était donnée.

1- Montrer que $X^2 + Y^2 = Cste$ et $Y = X \tan X$ avec $X = ka$ et $Y = Ka$ avec $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$ et $K = \sqrt{\frac{2m(V_0-E)}{\hbar^2}}$.
2- Quelle est la valeur minimale de V_0 pour laquelle on a un unique état symétrique ?
3- Montrer que si V_0 est très grand alors on retrouve les niveaux d'énergie d'un puits de potentiel infini.

8. CCS1 (2016, Shun 15/20)

Soit une corde de Melde de masse linéique μ et dont la tension est fixée par une masse m.

a. Retrouver l'équation de propagation.

b. Exprimer les solutions stationnaires.
c. Pour quelles fréquences a-t-on résonnance ?
d. On fait l'expérience avec une corde de longueur $L = 117$cm avec $m = 25\ g$. On trouve deux fréquences de résonance : $f_1 = 19\ Hz$ et $f_2 = 23\ Hz$. Représenter la corde pour ces deux fréquences.

9. CCS2 (2016, Shun 16/20)

On considère une barrière de potentiel comprise entre $x = 0$ et $x = L$ et de hauteur V_0.

1- Approche classique : Expliquer ce qui se passe pour $E > V_0$ et $E < V_0$.
2- Approche quantique.
   a. Simuler la situation à l'aide d'un logiciel et comparer avec l'approche classique.
   b. L'équation de Schrödinger est donnée :

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + V(x)\psi(x) = \frac{i\hbar}{m}\frac{\partial\psi}{\partial t}$$

   ⇒ La retouver dans le cas stationnaire.
   [J'ai proposé directement $\psi(x,t) = \phi(x)\exp\left(\frac{iEt}{\hbar}\right)$, mais il a refusé]
   [Normal, pb de sg]
   c. Donner l'expression de $\phi(x)$ dans chaque zone. Sans faire le calcul expliquer comment retrouver les constantes d'intégration.
   d. Exprimer R et T en fonction des constantes d'intégration.
   e. On peut montrer que :

$$R = \frac{(k_1^2 + \alpha^2)\sinh(\alpha L)}{4k_1^2\alpha^2 + (k_1^2 + \alpha^2)\sinh(\alpha L)}$$

   Expliquer comment on retrouve cette expression.

   f. Calculer T et montrer que dans un domaine précis des valeurs de L on a :

$$T = 16\frac{E}{V_0}\left(1 - \frac{E}{V_0}\right)\exp\left(-\frac{2L}{\delta}\right)$$

   Quelle est la signification de δ?

10. CCS1 (2016, Lafon 10/20)

Dans le film Star Wars, une planète est entièrement détruite en une seconde à l'aide d'un laser. Cette planète a une masse M, une masse volumique **ρ** et un rayon R. Le laser est de couleur verte, et on suppose que la cohésion de la planète est uniquement due à l'énergie gravitationnelle.

1) Calculer l'énergie gravitationnelle de la planète.

[J'ai proposé de faire le calcul par analogie avec le champ électrique, par adjonction de coquilles de masse dm, d'épaisseur dr. On trouve E_p=-3GM²/5R.]

2) Calculer le nombre de photons émis par le laser, puis la puissance du laser.

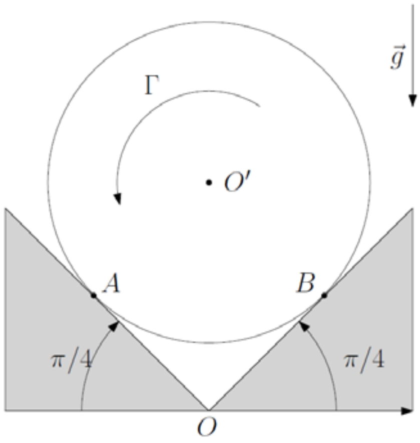
[J'ai trouvé une puissance gigantesque, il m'a demandé de comparer à des ordres de grandeurs connus, j'ai comparé à la puissance d'un laser classique, et à la puissance fournie par une centrale nucléaire (j'ai proposé une puissance de l'ordre du GW), ça faisait quand même très petit devant la puissance que j'ai trouvée pour le laser.]

3) On peut prendre en compte une autre énergie. Laquelle ? Donner des ordres de grandeur. *(Ça semblait être une évidence pour le prof, ça l'était moins pour moi...)*

11. CCS1 (2015 Bateman 5/20)

Mecanique du solide – Lois de Coulomb

Soit un cylindre, de longueur L, de masse m, de moment d'inertie J par rapport à son axe. Un opérateur exerce un couple Γ constant pour le mettre en mouvement. Le cylindre est posé entre deux plans perpendiculaires comme indiqué sur la figure. On considère un coefficient de frottement solide f.



Question : Déterminer l'expression et l'évolution de la vitesse ω de rotation du cylindre.

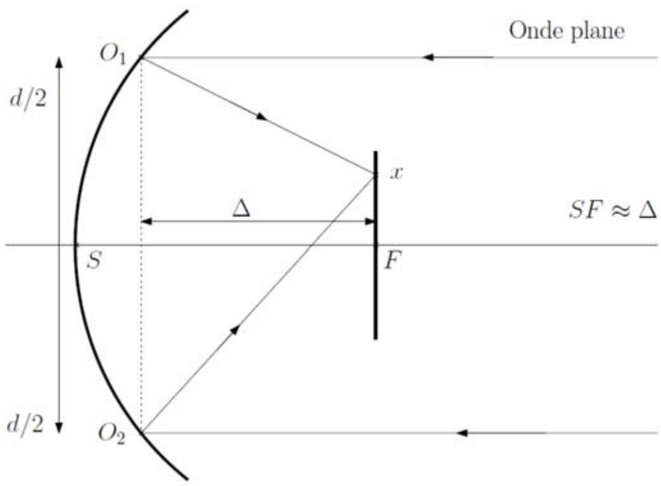
[Bien penser à la condition de glissement. Schéma clair avec point d'application exigé]

12. CCS2 (2015 Bateman 5/20)

Optique geometrique

Soit un miroir concave ayant son foyer en F. On y colle un cache opaque non réfléchissant (entre O_1 et O_2). Le tout est éclairé par une source monochromatique (λ) à l'infini dont les rayons passent par une fente simple de largeur a à distance D du miroir

1. Déterminer la direction des fentes, leur forme dans le plan d'observation et calculer l'interfrange. Quelle est la nature de la tache au centre ? Faire une AN.
2. On appelle $\xi = \frac{a}{D}$ le disque apparent. On fait varier a, et donc ξ. Déterminer les points de maximum de contraste entre les franges. Donner une expression de l'intensité lumineuse.
   Un programme python fourni donnait le graphe de l'intensité lumineuse en fonction de x en rentrant une valeur de ξ.



13. CCS1 (2015 Guibert 10/20)

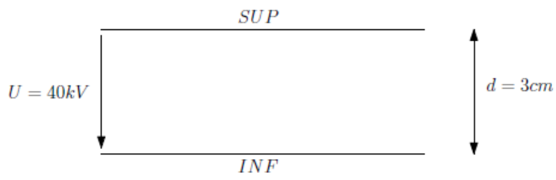
Mecanique quantique

L'énoncé présentait une expérience de fente de Young avec des atomes. Il fallait modéliser le phénomène et expliquer les ordres de grandeurs de la photo.

14. CCS2 (2015 Guibert 5/20)

Chute de billes dans la glycerine

1. Soient deux plaques formant un condensateur plan dans l'air. Quelle est la valeur et le sens de $\vec{E}$?

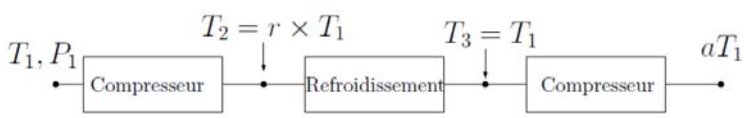


2. On insère des gouttelettes de glycérine par un trou de la plaque supérieure. On note R le rayon des gouttes ($2\mu m < R < 5\mu m$).
   a. Donner l'équation du mouvement des gouttes.
   b. On dispose d'un logiciel, permettant de tracer les courbes caractéristiques du mouvement. On ne peut changer que les valeurs de R et de Q.
      i. Tracer $V(t)$ pour différentes valeurs de R en prenant $Q = 0$.
      ii. En déduire la viscosité de la glycérine
   c. Les gouttelettes sont maintenant chargées ($Q \neq 0$).
      i. Tracer $V(t)$ pour différentes valeurs de R.
      ii. A l'instant $t = t_1$, on envoie des rayons X entre les deux plaques. Quelle est la nouvelle équation du mouvement ? Représenter $V(t)$ pour différentes valeurs de Q (R étant fixé).

15. CCS1 (2015, Fleury 12/20)

Thermodynamique

On considère deux compresseurs qui réalisent une compression d'un facteur $a = 25$. Le premier est à un étage et le second est à deux étages. Pour le premier, on a : $P_1 = 1\ bar$; $T_1 = 300\ K$ et $T_2 = aT_1$ (la pression P_2 n'était pas donnée). Pour le deuxième compresseur, on avait le schéma suivant :



Quel compresseur est le plus économique ? Quel pourcentage d'économie peut-on faire ?

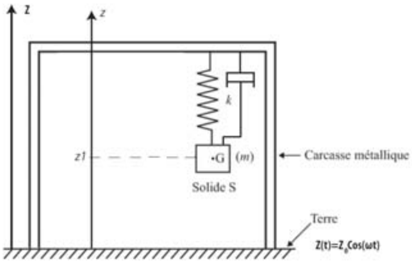
Données : γ de l'air, débit de l'air dans les compresseurs, C_p de l'air.

[Remarques : On ne nous disait rien sur r, il fallait donc le considérer comme variable.]

16. CCS1 (2015 COOREMAN 12/20)

FILTRE MECANIQUE

On considère un sismographe soumis à une excitation sinusoïdale extérieur $Z(t)$ d'ordre du hertz. La masse est maintenue à l'armature métallique par un ressort et subit également une force de frottement visqueux proportionnelle à la vitesse de la masse. Un dispositif non représenté permet l'acquisition du mouvement de la masse autour de sa position d'équilibre Z_1 indiquée sur le schéma.



Comment définir les paramètres du système pour une bonne acquisition ?

[Examinateur neutre et correcte. J'ai commencé par définir la position d'équilibre Z1 puis j'ai cherché l'équation différentielle du mouvement. J'ai défini une pulsation propre et un facteur de qualité. J'ai donné les diverses solutions en fonction de la valeur de Q puis j'ai expliqué qu'il fallait avoir un facteur de qualité faible pour avoir un fort amortissement et donc un établissement rapide du régime permanent. Ensuite j'ai expliqué que c'était un filtre passe haut et que donc la fréquence de coupure devait être inférieur au hertz pour pouvoir enregistré le régime permanent. J'ai eu 12 je trouvais que ma prestation méritait plus.]

17. CCS2(2015 FLEURY 15/20)

ELECTRONIQUE

On considère un signal triangulaire $e(t)$ de fréquence 500 Hz. On nous donne ses coefficients de Fourier. On a accès à un formulaire sur les séries de Fourier qui expliquait ce que c'était.

1. Ecrire $e(t)$ comme une décomposition en série de Fourier.
2. On place un filtre de fonction de transfert H (filtre de Wien).
    a. On note $s(t)$ la tension de sortie. Ecrire $s(t)$ comme série de Fourier.
    b. Donner qualitativement la nature du filtre.
    c. Calculer sa fonction de transfert.
    d. Tracer les diagrammes de Bode en gain et en phase.
    e. Déterminer la largeur de la bande passante.
    f. Calculer les fréquences de coupure pour $RC = 10^{-3}s$
    g. En déduire la nature du signal de sortie.

[Je lui ai dit que $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$ et ça a eu l'air de l'agacer, je lui ai dit que je pouvais le démontrer mais il m'a dit non, on verra plus tard]

18. CCS1 (2015, BLUTEAU 7/20)

ONDES COUSTIQUES

Un entrepreneur spécialisé dans l'isolation acoustique souhaite ajouter un nouveau matériau dans son catalogue. On modélise cet isolant par une membrane placée en $x = 0$ dans une conduite cylindrique infinie. On travaille avec des ondes progressives monochromatiques progressives. Le fluide de part et d'autre de la membrane est l'air.

Déterminer l'épaisseur de l'isolant qui est nécessaire pour avoir une atténuation de 40 dB pour une onde sonore de 500 Hz (la masse volumique du matériau était donnée).

19. CCS2 (2015 BLUTEAU 18/20)

DIFFUSION THERMIQUE

Des documents sur la cuisson des œufs étaient donnés : des données importantes comme la température de début et de fin de coagulation du blanc étaient données. On disposait aussi

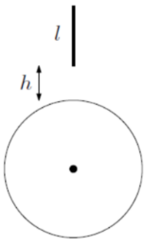
1. On modélise l'œuf comme uniforme (pas de différentiation jaune/blanc) et à une dimension. Montrer que :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D\ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\text{, en précisant l'expression de } D.$$

2. On modélise maintenant l'œuf comme une sphère et on nous donnait l'équation de la chaleur en coordonnées sphériques. Exprimer le temps de cuisson (pour un œuf dur) si le rayon de l'œuf est $R = 2\ cm$. Commenter.
   [On trouve un temps énorme : des centaines d'heures]
3. Calculer le temps de cuisson pour un œuf ayant un volume deux fois plus grand que le précédent.
4. Questions sur le programme informatique :
   - Nom de la méthode de résolution ? [Euler]
   - Décrire certains termes [Il suffisait de repérer les dérivées spatiales et temporelles et leur discrétisation dans la méthode]

20. CCS1 (2015 OLLIVIER 8/20)

DYNAMIQUE TERRESTRE

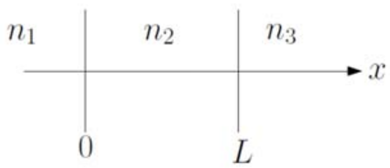


Un câble (de masse m, de masse linéique μ) est en orbite autour de la terre

1. Calculer la vitesse de rotation du câble dans le référentiel géocentrique.
2. Trouver l telle que le câble soit immobile dans le référentiel terrestre.

21. CCS2 (2015 OLLIVIER 9/20)

TRAITEMENT ANTI REFLET.



1. Ecrire l'expression du champ $\vec{E}$ dans le milieu 1 sachant qu'il est polarisé selon $\vec{u}_y$ (Convention d'écriture $e^{-j\omega t}$).
2. Calculer $\vec{B}$ dans le milieu 1 ; $\vec{\Pi}$ et $\langle\vec{\Pi}\rangle$.
3. Démontrer les relations entre les différents coefficients de réflexion et de transmission (on note $\underline{r}_1$; $\underline{r}_2$; $\underline{t}_1$; $\underline{t}_2$).
4. Montrer que si $L = \frac{n}{2}\lambda$ et si $n_1 = n_3$ alors il n'y a pas de réflexion.

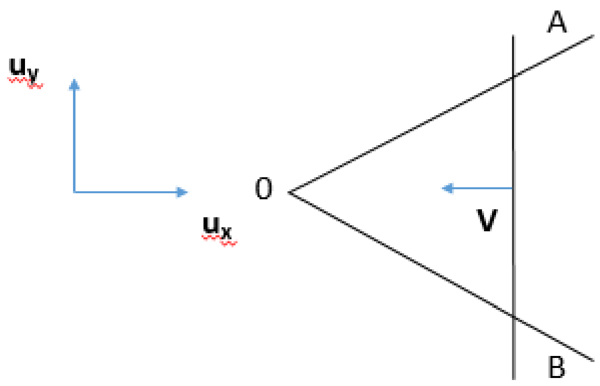
[J'ai mis trop de temps pour démontrer les relations entre les coefficients donc ça m'a bloqué pour la suite. L'examinateur était très désagréable].

22. CCS1 (2015 BOUFFIER 9/20)

INDUCTION

On a les rails de Laplace suivants, de résistance linéique lambda, la tige AB est mobile, l'angle entre OA et OB est Pi/3. Le circuit est plongé dans un champ **B** uniforme selon **e**$_z$, déterminer la force exercée par l'opérateur pour maintenir un vitesse **V** constante du rail AB selon **-u**$_x$.

Déterminer la puissance correspondante.



[L'examinateur était très agaçant (ne cherchait surtout pas à tirer le meilleur du candidat), j'étais assez lent ce qui devait encore plus l'agacer… Je pense que cette nouvelle épreuve de 30 minutes sans préparation nécessite un entraînement durant l'année. Il faut savoir rapidement se mettre en valeur en arrivant à des considérations physiques (je pense que c'est ce que veut l'examinateur), le problème est que cela nécessite d'achever rapidement les calculs. Ce fut ma difficulté pour cet oral alors que l'exercice n'était pas bien compliqué…]

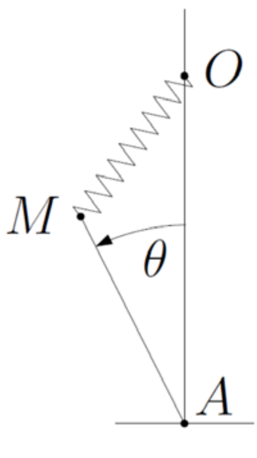
23. CCS2 (2015 Bouffier 11/20)

Mecanique du point - Oscillations

Une tige de longueur L, de masse m, est accrochée en O. Son autre extrémité (M) est accrochée à un ressort de raideur k, de longueur à vide l_0, lui-même fixé en A à la verticale du point O. Les conditions sont telles que le ressort n'est jamais comprimé. On note L'=OA et $\theta = (\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{OM})$.

1. Décrire qualitativement l'évolution du système
2. Montrer que $\dot{\theta}^2 + f(\theta) = cste$ où f est une fonction à expliciter. On introduira p=L'/L et q=kl/mg. (Donner d'autres exemples de la physique où l'on introduit des grandeurs telles que q)
3. En déduire $\ddot{\theta} + \frac{1}{2} f'(\theta) = 0$
4. Donner deux manières de déterminer les positions d'équilibre
5. Des logiciels permettent de résoudre des équations :
   - L'un trace $f'(\theta)$. On peut faire varier le paramètre q. Commenter les courbes lorsque q=0.01 ; q=10, q=0.24.
   - L'autre donne $\theta(t)$, commenter. (Type d'oscillations ? Pourquoi dans certains cas (quand on change q) on a un mouvement sinusoïdal, dans d'autre non ?)

[L'examinateur était sympathique quoi qu'un peu perturbant. (Il m'a fait traiter l'exercice pas exactement comme l'énoncé mais au fil de différentes questions)]



24. CCS1 (2015 Shun 5/20)

Force exercee sur un faisceau d'atomes

Un four à 120°C éjecte des atomes de Ruthénium (Ru) à la vitesse $\vec{v}_i$. Le jet est face à un laser émettant des photons de longueur d'onde $\lambda = 0.8\ \mu m$ et de fréquence ν_0 correspondant à la fréquence d'absorption des atomes. Lorsqu'un atome absorbe un photon, il se désexcite après un temps τ et en absorbe à nouveau un ensuite.

1. Calculer $\delta\vec{p}$ la variation de quantité de mouvement des atomes de Ru pendant $\delta t \gg \tau$. En déduire la force ressentie par les atomes de Ru.
2. Quel est l'ordre de grandeur du temps T et de la distance l nécessaires pour arrêter les atomes de Ru ?

25. CCS1 (2015 Moneuse 12/20)

Champ electromagnetique cree par la decharge d'un condensateur cylindrique

On considère deux tubes minces T_1 et T_2 de rayon R_1 et R_2 de longueur L ($R_1, R_2 << L$). Les deux tubes sont concentriques le long de l'axe z, séparé par un gaz initialement isolant. Initialement, T_1 est de charge totale Q. A t=0, le gaz est ionisé par des photons et devient conducteur avec une conductivité γ. A l'état final, seul T_2 est chargé de charge Q.

Déterminer E et B à $t = 0$, $t = t_f$ et pendant le régime transitoire.

[1er oral, un peu déstabilisé mais je n'ai rien dit de physiquement horrible, j'ai juste été lent]

26. CCS2 (2015 Moneuse 7/20)

Mecanique des fluides

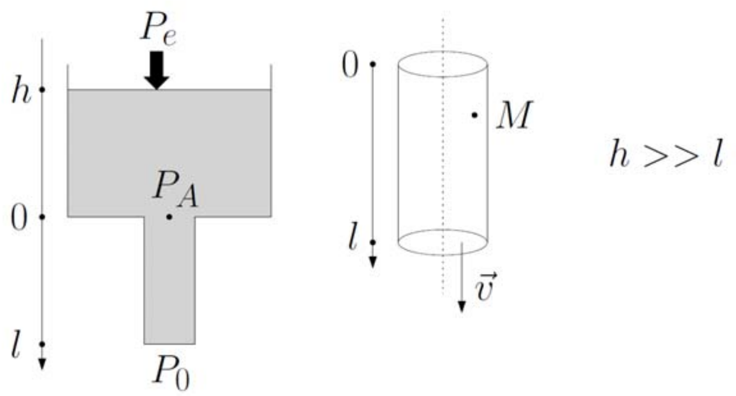
Soit un écoulement à 1D, suivant (Ox), tel que $\vec{V} = V(y)\vec{u}_x$. On définit le taux de cisaillement par la relation : $\tau = \frac{dF}{dS} = \eta\dot{\gamma}$, où $\gamma = \frac{\partial V_x(y)}{\partial y}$ et on étudie deux types de fluides non newtoniens :

- Les rhéo-fluidifiants : τ est fonction décroissante de η.
- Les rhéo-épassissants : τ est fonction décroissante de η.
- Dans le modèle d'Oswald, on a : $\eta = m\dot{\gamma}^{n-1}$

1. Pour quelle valeur de η un fluide est-il newtonien ? rhéo-fluidifiant ? rhéo-épaissisant ?
2. Un vidéo permet d'étudier un mélange d'eau et de maïzena :
   - Exp1 : L'expérimentateur enfonce rapidement son doigt dans le mélange et on observe une résistance importante du fluide.
   - Exp2 : L'expérimentateur enfonce lentement son doigt dans la maïzena et on observe peu de résistance du fluide.
   - Exp3 : L'expérimentateur attrape le mélange dans sa main comme un solide puis il écarte les doigts et le mélange reprend un comportement liquide.

   Interpréter la vidéo et préciser la catégorie du mélange.
3. Soit le dispositif représenté ci-dessous.

   a. Quelle est la condition pour avoir $P_e \approx P_A$?
   b. Justifier que le champ des vitesses est de la forme : $V_z(r)\vec{u}_z$.
   c. Montrer que : $\frac{\partial(r\tau)}{\partial r} = -\Delta P \times \frac{r}{l}$, où $\Delta P = P_A - P_o$ (en étudiant le fluide entre r et $r + dr$).



27. CCS1 (2015 LODETTI 6/20)

ELECTROMAGNETISME

On considère un klystron, c'est à dire un faisceau d'électrons circulant à la vitesse $\vec{u}_0$ selon les $\vec{e}_z$, le faisceau est placé dans un tube de vide. Dans le faisceau, on a n^*électrons par m^3 (masse m; charge $-e$). Le faisceau est de rayon a et de longueur $L >> a$.

Question : Quelle est l'intensité I_0 nécessaire pour que le faisceau reste approximativement cylindrique ?

[Il m'a d'abord laissé 4-5 min de réflexion, puis m'a demandé ce que j'avais commencé à trouver. J'ai donc redonné d'abord les équations de Maxwell dans le vide et le vecteur densité de courant du faisceau. Après quelques minutes, Il m'a dit qu'on pouvait se placer en statique. Alors j'ai considéré le faisceau comme cylindre infini, et j'ai calculé le champ $\vec{E}$ créé avec le théorème de Gauss, qu'il m'a fait redémontrer à partir de l'équation de MG. Après avoir trouvé le champ, il m'a demandé ce qui se passait alors et pourquoi le faisceau pouvait se déformer, je lui ai expliqué que c'était le champ ainsi créé qui agissait sur les électrons. Il m'a donc demandé comment mettre cela en équation, j'ai donc proposé un PFD en ne considérant que la force$\vec{F} = -e\vec{E}$ et j'ai à peine eu le temps de faire mes projections qu'il m'a coupé en me disant que c'était terminé. L'oral est passé vraiment très (trop ?) vite et j'ai l'impression de ne pas avoir eu le temps de montrer ce que je savais faire, d'autant plus que l'examinateur ne faisait aucun commentaire sur ce que je faisais, il ne me disait même pas si j'avais juste ou faux, a part quand j'ai prononcé le mot d'Ostrogradsky pour la petite démo, il était content...]

28. CCS2 (2015 LODETTI 6/20)

OPTIQUE GEOMETRIQUE

[Examinateur : Pierre-Marie Chassaing, examinateur assez neutre. L'exo était de l'optique géométrique, on pouvait utiliser le logiciel Optigeo, mais il ne servait à rien pour l'exercice que j'avais. Par ailleurs, on me rappelait l'expression de la loi de conjugaison de Descartes et l'expression du grossissement transversal].

1. Rappeler le principe d'une lunette astronomique. Proposer une expression du grossissement.
   [Ici j'ai rappelé le principe d'une lunette afocale, en faisant un schéma au tableau. Pour le grossissement, le schéma que j'avais fait ne lui convenait pas, on a mis 10 min à faire un schéma qui lui allait, il me disait juste que ce n'était pas ce qu'il voulait, sans donner plus d'indications. Pour la formule, j'ai proposé alpha'/alpha, en expliquant ce que c'était, mais là non plus ça ne lui convenait pas. Je ne me souvenais plus de l'expression avec les distances focales, donc je l'ai redémontrée]
2. On considère la lunette astronomique suivante :
   - ✓ Objectif : Lentille convergente de focale 9a
   - ✓ Oculaire : Association de 2 lentilles minces convergentes séparées de 2a, de focale 3a.

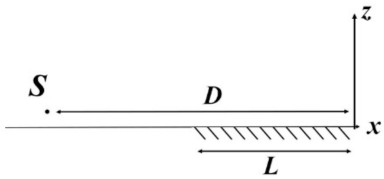
   a. Déterminer les positions du foyer du système oculaire.
   b. Retrouver la focale du système.
   c. Comment doit être le montage pour que la lunette soit afocale ?
      [Pour la 1ère question ici, j'ai refait le montage et tracé les rayons correspondants, il m'a dit que c'était bien et m'a demandé de le retrouver par le calcul. Il ne m'a quasiment pas laissé réfléchir et m'a dit de poursuivre. Ensuite j'ai expliqué ce qu'il fallait faire pour que le montage soit afocal.]
3. On considère un faisceau de rayon R. L'objectif est de rayon 2,5 cm. On considère R supérieur a 2,5 cm. Taille du rayon en sortie du système ?
4. On considère un faisceau divergent, placé au foyer objet de l'objectif. Quelle est la position de l'œil pour que l'intensité perçue soit maximale ?

[Dans cette question, j'ai à nouveau fait un schéma et tracé les rayons, pour montrer que le rayon est plus petit en sortie du montage afocal. Je n'ai pas eu le temps de faire des calculs et de toute façon, je n'avais pas la focale du système oculaire. Pour la 2ème question, j'ai dit que l'intensité maximale était observée au foyer image de l'oculaire, car c'était la que les rayons émergents se croisaient. Il n'a pas fait de commentaire et m'a dit qu'on s'arrêtait là.]

29. CCS1 (2015 Stachurski 12/20)

Interferences

On considère un miroir plan de longueur L=50cm, collé à un écran, et une source lumineuse placée à une hauteur d=1,5mm au-dessus du plan du miroir, à une distance D=70cm de l'écran. (Schéma en pièce jointe).

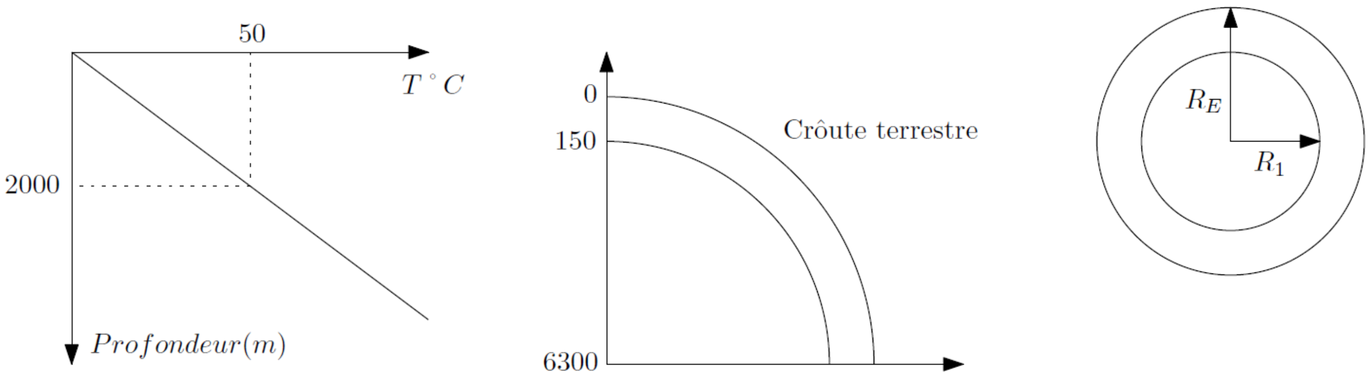


1. **1.** Déterminer le nombre de franges observées sur l'écran. La longueur d'onde de la source était donnée, environ 600nm.
2. **2.** Si le coefficient de réflexion du miroir vaut 0,80, quelle est la conséquence sur la figure d'interférence ?
3. **3.** On considère à présent une source polychromatique dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400nm et 800nm *(environ.)* On place un spectrophotomètre à z=2mm au niveau de l'écran. Combien observe-t-on de cannelures ?
[Examinatrice souriante, mais avare de paroles. Elle m'a laissé redémontrer l'expression de la différence de marche au 1. Pour me demander à la fin si, de fait, je ne connaissais pas l'expression. A posé des questions très détournées (et assez incompréhensibles sur la fin du sujet].

30. CCS1 (2015 Le Rohellec 9/20, Shun 5/20)

Exercice 1 : diffusion thermique

On étudie la croute terrestre.



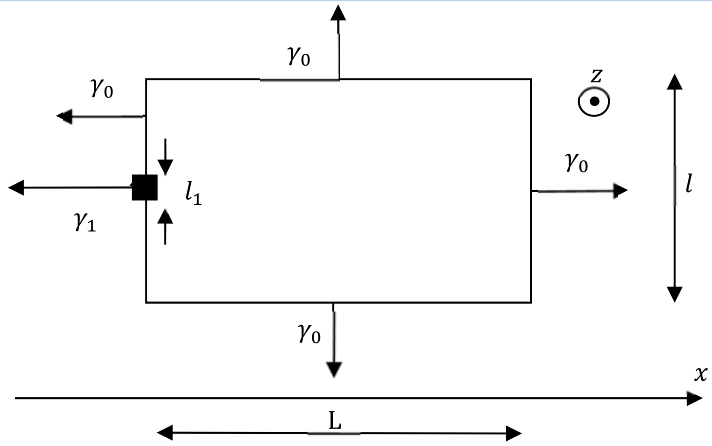
1.
   a. Rappeler sans démonstration, l'équation de la chaleur.
   b. On donne : $\Delta T = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial T}{\partial r}\right)$. Donner l'expression de T en régime stationnaire.
   c. Exprimer le gradient de T.
   d. On pose $h = R_E - R_I$. Donner l'expression de h en fonction de T_I, T_E, $D = \frac{\lambda}{\rho c}$ er R_E. Quel terme de source n'a pas été pris en compte ?
2. On ajoute un terme de source p, par unité de temps et de longueur. Reprendre la démarche précédente pour calculer p.

Exercice 2 : electromagnetisme

Est-ce que le champ $\vec{E}$ est présent dans la totalité du conducteur dans le cas du réseau domestique ? Et en courant continu ?

31. CCS1 (2014 Chekroun 11/20)

Exercice 1 : tension superficielle



On fabrique un bateau constitué simplement d'un rectangle de carton, au bout duquel on place un morceau de savon. La présence d'une tension superficielle fait avancer le bateau qui atteint une vitesse $\vec{U}$.

1. Calculer la résultante motrice $\overrightarrow{F_m}$ subie par le bateau. On donne : $\gamma_0 = 7 \times 10^{-2} N.m^{-1}$ et $\gamma_1 = 4 \times 10^{-2} N.m^{-1}$, $l_1 = 1\ mm$, $l = 1\ cm$ et $L = 2\ cm$.
2. Montrer que le mouvement est uniforme au bout d'un moment.
3. A une distance d en dessous du bateau, le fluide est à l'équilibre. Exprimer le gradient des vitesses entre d et la surface. En déduire la force $\vec{F}$ exercée sur le bateau.
4. Retrouver $\vec{F}$ en faisant un bilan dans le référentiel du bateau.
5. Calculer d, U et Re conclure.

Exercice 2 : electromagnetisme

On étudie un conducteur ohmique, cylindrique de rayon a, comportant n^* électrons par unité de volume possédant une vitesse moyenne $\vec{V}_0$. Déterminer l'intensité I traversant le conducteur ainsi que le champ électrique appliqué.

32. CCS1 (2014, Lesage 6/20)

Exercice 1 : bilans

Une étoile rayonne $N = 5 \times 10^{48}$ photons par seconde, le rayonnement est isotrope. On appelle la nébuleuse de l'étoile la couche d'hydrogène ionisée entourant l'étoile, un atome d'hydrogène étant ionisé par le contact avec un photon. L'espace autour de l'étoile possède une quantité d'atomes d'hydrogène de $n_H = 1\ at.cm^{-3}$.

On considère que la dimension de l'étoile est négligeable devant les autres grandeurs du problème et que la probabilité qu'un photon rencontre un atome d'hydrogène est 1. On note $R(t)$ le rayon de la nébuleuse.

1. Exprimer $\frac{dR}{dt}$.
2. On considère maintenant qu'il y a des recombinaisons entre les électrons libres et les hydrogènes ionisés. On donne $a = 4 \times 10^{-13} cm^3 s^{-1}$ le coefficient de recombinaison : on a donc $a n_i n_e$ égal au nombre de recombinaisons par seconde et par centimètres cubes. On considère que :$n_i = n_e = n_H$. Exprimer $R(t)$.
3. Calculer numériquement le temps caractéristique (en années) et le rayon r_s à l'équilibre (en parsecs). Commenter.

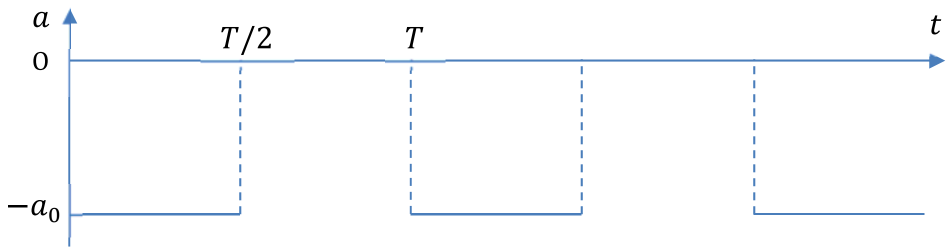
Exercice 2 : diffusion thermique

Un fil cylindrique de rayon a est parcouru par un courant I et sa résistivité est notée ρ. Il est plongé dans un cylindre de rayon b et de température T_0. L'espace entre les deux cylindres est rempli par un fluide. A l'équilibre, on mesure $\Delta T = T_{fil} - T_0$. Exprimer la conductivité thermique du fluide en fonction des données.

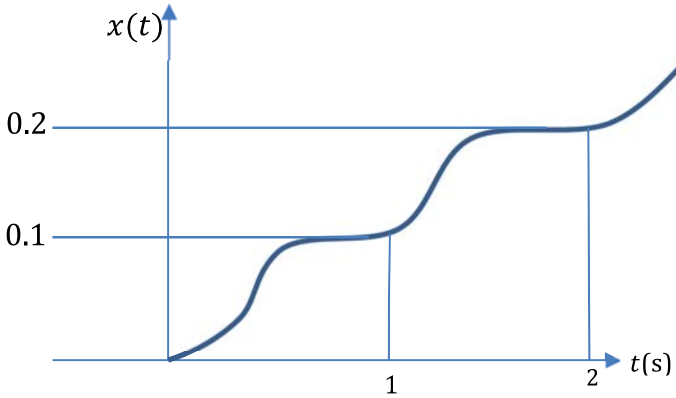
33. CCS2 (2014, Lesage 5/20)

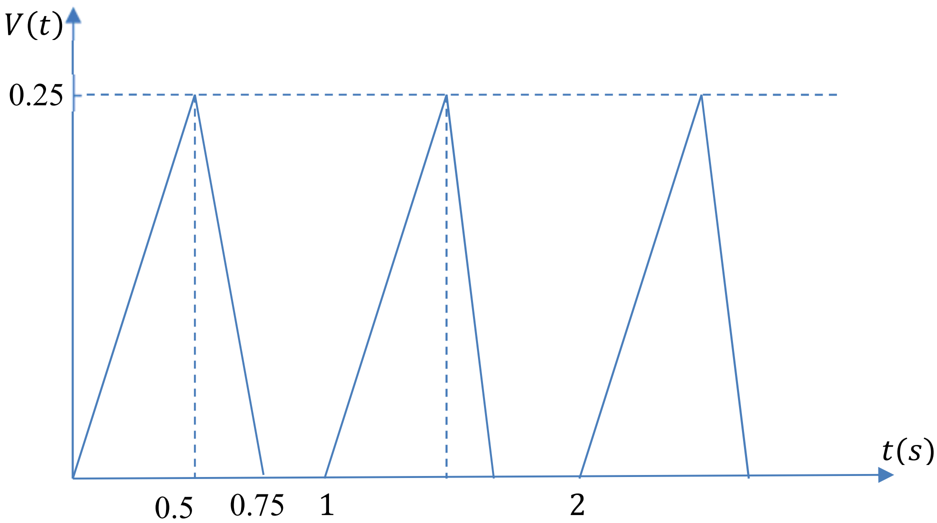
Slip-stick

Un mobile (M) est posé sur un support qui a un mouvement de translation pur d'accélération $\vec{a} = a\vec{e}_x$



On dispose d'un logiciel, nous donnant accès à $x(t)$et $V(t)$ la position et la vitesse du mobile par rapport au support :





On donne $a_0 = kfg$, avec $1 < k < 2$, $g = 10m.s^{-2}$ et$f$ coefficient de frottements.

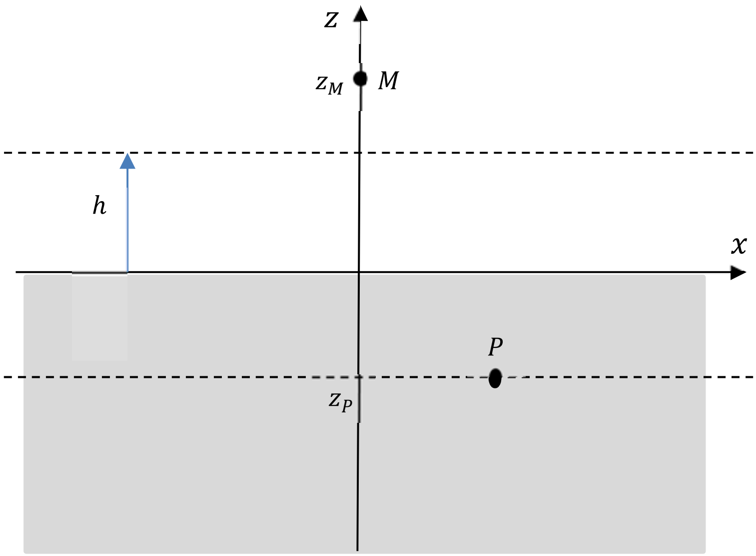
1. Déterminer l'expression de $x(t)$. Quelle est la valeur de k ? de T ?
2. Faire u bilan énergétique entre $t = 0$ et $t = T$.
3. Le support glisse sans frottement sur le sol. Déterminer la puissance moyenne à appliquer au support pour le déplacer.
   a. Entre $t = 0$ et T.

b. Jusqu'à la position $x(t)$.

34. CCS1(2014, Fleury S 12/20)

Exercice 1 : Electromagnetisme

On s'intéresse aux interactions de Van der Waals de type London s'exerçant entre un point (M) (atome ou particule neutre) et un demi-espace (S) , de section $L \times L$, délimité par le plan $z = 0$. Le point M eset situé à une distance z_M du plan supérieure à h , avec $h \ll L$.



1. On rappelle l'expression de l'énergie d'interaction entre M et un point P du milieu (S) : $u_{PM} = -\frac{C}{r_{PM}^6}$.
   Commenter cette expression.
2. Montrer que l'énergie d'interaction élémentaire entre le point M et le plan de cote z_P vaut :
$$dU_{MP} = -\frac{\alpha}{(z_M - z_P)^6}$$
3. En déduire l'énergie d'interaction entre M et (S).
4. Comment à partir de ce calcul, peut-on en déduire l'interaction « plan-plan » utilisée pour décrire l'adhérence des geckos ?

Exercice 2 : diffusion thermique

On considère un conducteur cylindrique compris entre les rayon a et $b > a$, parcouru par une densité de courant $\vec{j} = j\vec{e}_z$. La température extérieure vaut T_e et la température du milieu situé en $r < a$ vaut T_i.

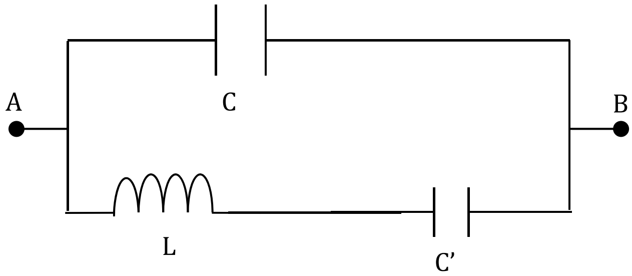
1. Déterminer l'intensité parcourant le cylindre.
2. Déterminer le vecteur densité de courant thermique pour $a < r < b$.

35. CCS2(2014, Fleury S 10/20)

Exercice 1

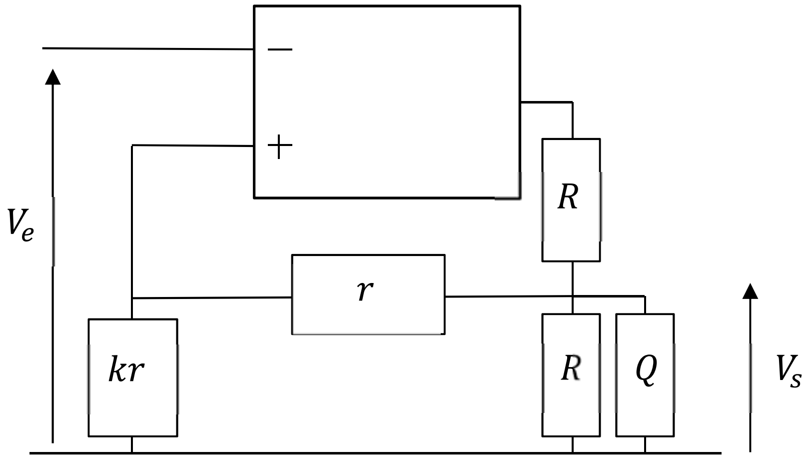
On modélise un quartz par le dipôle (AB) ci-dessous.

1. Calculer $\underline{Y}(j\omega)$ et $\underline{Z}(j\omega)$.
2. Montrer qu'il existe deux pulsations ω_s $\omega_p > \omega_s$ qui les annulent ou les rendent infinies. Tracer le module de $\underline{Z}(j\omega)$ en fonction ω.



Avec $C' = 50C$.

3. On insère le quartz dans le montage ci-dessous.
   a. Déterminer la fonction de transfert du filtre obtenu.
   b. On relie la sortie à l'entrée à l'entrée. Montrer qu'il existe une valeur de k pour laquelle on obtient des oscillations spontanées du circuit.
   c. Quelle est la pulsation des oscillations ?



36. CCS1(2014, Fleury J 17/20)

Exercice 1 : thermodynamique

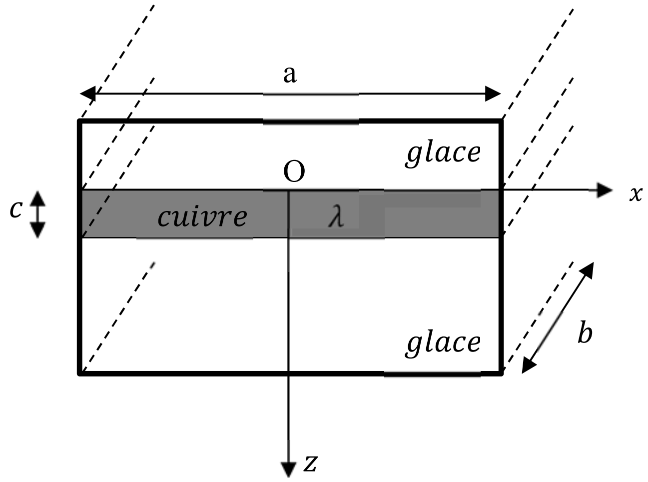
On pose une barre de cuivre sur un bloc de glace. Elle descend à une vitesse V car la glace fond et regèle par-dessus. Il s'établit alors deux équilibres solides/liquides :

- ✓ Au-dessus de la barre $(Ps = P_0, T_s)$.
- ✓ Au-dessous de la barre (Pi, T_i).

1. En considérant V comme constante, exprimer $P_i - P_s$ en fonction de m, g, a et b.
2. Exprimer $T_i - T_s$ en fonction de L_f, m, g, a, b, T_s et les volumes massiques de l'eau liquide et l'eau solide (v_{liq}, v_{sol}). Simplifier cette expression et commenter le résultat.
3. Exprimer le flux thermique à travers la barre en fonction de $L_f, \lambda, m, g, c, T_s, v_{liq}, v_{sol}$.
4. Par un bilan d'enthalpie sur un système bien choisi, exprimer V enfonction de $L_f \lambda, m, g, T_s, v_{liq}, v_{sol}, a$ et b.

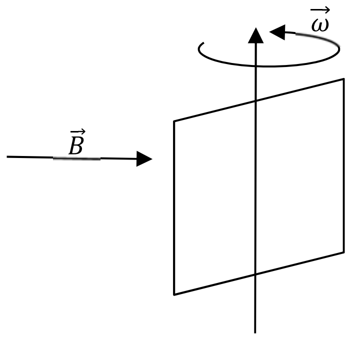
Données :

- ✓ $a = 2m, b = c = 2\ cm, v_{sol} = 1..089 \times 10^{-3} m^3 kg^{-1}$
- ✓ $\left.\frac{dP}{dT}\right)_{P_0} = -138 \times 10^5 Pa/K.$
- ✓ $Formule\ de\ Clapeyron\ donnée.$



EXERCICE 2 : INDUCTION

On fait tourner une bobine carrée de coté a, à la vitesse angulaire ω dans un champ magnétique statique d'intensité B. La bobine, de résistance r, est branchée sur une résistance R. Quelle est la différence de potentiel maximale aux bornes de R ?



37. CCS1(2014)

EXERCICE 1 : PLASMA

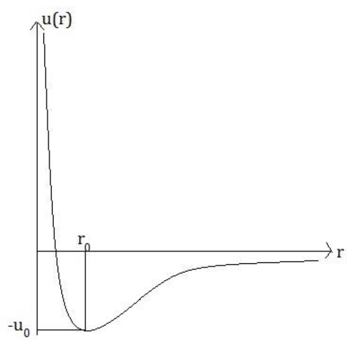
On s'intéresse au plasma interstellaire. Il est composé de nombreux électrons (densité n) de charge -e, de masse m qui se déplacent à la vitesse v. On suppose le plasma localement neutre et on suppose qu'il le reste au passage des ondes électromagnétiques. On cherche les solutions des équations de Maxwell dans le plasma sous forme d'ondes planes progressives harmoniques : $E=E_0.e^{i(\omega t-k.OM)}$ et $B=B_0.e^{i(\omega t-k.OM)}$

1. Montrer que le vecteur densité de courant s'écrit $j=j_0.e^{i(\omega t-k.OM)}$. Donner l'expression de j_0 en fonction de B_0, E_0, k et ω.
2. A l'aide des équations de Maxwell exprimer j_0 en fonction de E_0, k et ω.
3. Ecrire l'équation du mouvement de l'électron. Montrer que le champ magnétique est négligeable. On pose $K=\text{sqrt}(\mu_0.n.e^2/m)$.
4. Exprimer γ la conductivité du plasma.
5. Exprimer la relation de dispersion ω(k). Calculer la vitesse de phase et la vitesse de groupe.

<u>Donnée</u> : Formule du double produit vectoriel.

EXERCICE 2 : ELECTROMAGNETISME

On s'intéresse à l'interaction entre deux molécules. On obtient le diagramme d'énergie potentielle d'interaction suivant :
Justifier l'allure du graphe.



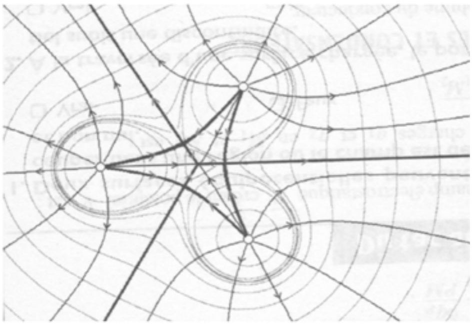
[- Je me suis servie de Maxwell-Ampère pour la première question et de la formule du double produit vectoriel pour la seconde.

- J'avais posé toutes les forces qu'on avait vues dans le cours pour le mouvement de l'électron mais l'examinateur m'a dit de considérer le plasma comme dilué et l'électron comme non soumis à un rappel du noyau.
- Pour trouver la relation de dispersion, je suis partie avec Maxwell-Ampère. L'examinateur m'a dit d'utiliser les questions précédentes. En fait, on tirait 2 expressions de la conductivité et lorsqu'on les égalait, on tombe directement sur la relation de dispersion.
- L'examinateur m'a posé beaucoup de questions sur les notions de vitesse de phase et vitesse de groupe.
- Il y avait 2 autres questions que j'ai oubliées.
- Pour la l'exercice 2, il y avait une autre question mais l'examinateur s'est montré très pointilleux sur les commentaires à faire sur le graphe et m'a posé beaucoup de questions.]

38. CCS1 (2013, GATEAU 13/20)

EXERCICE 1 : ELECTROSTATIQUE – PARTICULES DANS LES CHAMPS

Trois charges q identiques sont placées au sommet d'un triangle équilatéral de coté $a\sqrt{3}$.
L'origine O du repère se situe au centre de gravité du triangle. L'axe (Oz) est perpendiculaire au plan de la figure.



1. Interpréter les lignes de champ et les surface équipotentielles.
2. Quel travail faut-il fournir pour réaliser cette configuration, les trois charges étant initialement à l'infini ?
3. On admet que le potentiel proche du centre s'écrit : $V(x,y,z) = V_o\left(1 - \frac{z^2}{2a^2} + \frac{x^2}{4a^2} + \frac{y^2}{4a^2}\right)$
   3.1. Décrire la forme des équipotentielles et calculer V_o.
   3.2. On place une charge q' proche du centre du triangle. Décrire qualitativement son mouvement. Lorsque q' est du même signe que q trouver les équations de la trajectoire de q'.
4. Quelles sont les positions d'équilibre dans le plan (Oxy) comment peut-on les trouver en fonction de a ?

EXERCICE 2 : DIFFUSION THERMIQUE – AILETTE DE REFROIDISSEMENT

Soit une ailette de refroidissement, de longueur l et de base circulaire de rayon a, en contact avec un fluide à la température constante T_e et à une source de température T_o $(T_o > T_e)$. On se place en régime staionnaire.
On suppose que la température dans l'ailette ne dépend que de x (notée $T(x)$) et que les pertes thermiques par unité de surface et de temps avec le fluide s'exprime comme suit : $h(T(x) - T_e)$.
1. A quoi sert l'ailette ?
2. Donner l'équation différentielle vérifiée par $T(x)$ et la résoudre.

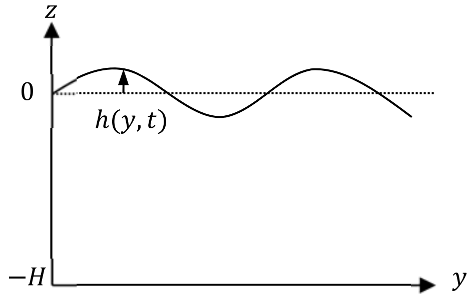
39. CCS1 (2013, BERTHOMIEU 9/20)

EXERCICE 1 : MODELISATION DE LA HOULE.

Hypothèses :
- Fluide incompressible homogène.
- v et h de l'ordre de 1m.
- La pression est donnée par l'hydrostatique.

1. Donner une relation entre v et h. Simplifier à l'ordre 1.
   [Euler]
2. Montrer que v_y est indépendante de z. Que dire de v_z?
   [$V_z = 0$]
3. Par un bilan sur une colonne de fluide, montrer que $\frac{\partial h}{\partial t} = -H\frac{\partial v_y}{\partial y}$

4. En déduire h et v_y en fonction de y et t. Expliquer pourquoi les vagues déferlent sur le rivage.



[Prof qui ne laisse pas réfléchir quand on bloque]

Exercice 2 : Angle de Brewster

(Sans préparation)

Détermination de l'angle de Brewster. Applications ?

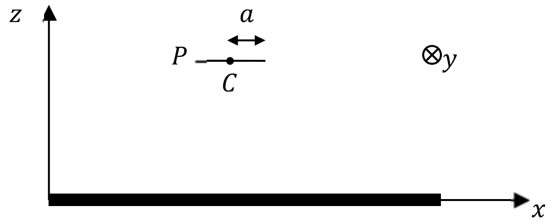
40. CCS2(2013, Berthomieu 13/20)

[M. Lyotard, sympathique. Il m'a gribouillé mes dessins et les a refaits. Ne laisse pas réfléchir longtemps]

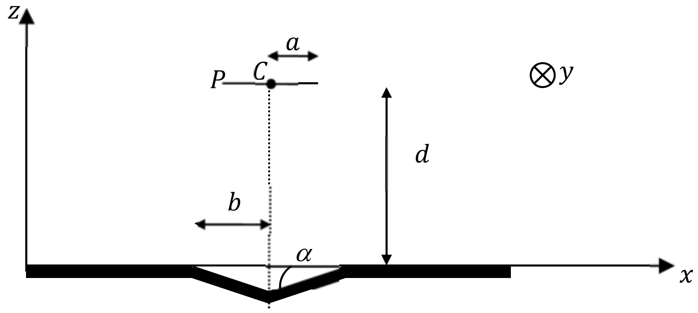
Logiciel Diffint : image avec une zone d'interferences.

On étudie les anomalies sur miroirs plans. (C : émetteur)

1. Si le miroir est un miroir plan, quel est l'éclairement sur la plaque ?



2. On modélise une imperfection :



3. Montrer que l'éclairement est équivalent à celui de deux sources. Pourquoi a-t-on $b > a$?
4. Quelle est alors la zone d'interférence sur la plaque ? Quel est l'éclairement sur le capteur ? Quelle est la longueur caractéristique des interférences ?
5. Trouvez d et α.
6. Résolution de la plaque : $5\mu m$ et $a = 1\ cm$. Quelle est la plage des valeurs de α calculable ?

Questions supplémentaires :

A quoi cela vous fait-il penser ? Comment retrouver $\delta = \frac{ax}{D}$ pour des sources perpendiculaires à l'écran ?

41. CCS1 (2013, Jouanen 10/20)

Exercice 1 : electromagnetisme

I – Boule fixe

Soit une boule chargée de rayon R, de charge Q. Calculer le champ $\vec{E}$ en tout point en considérant la boule fixe.

II – Boule en translation, première approche

La boule est maintenant en translation rectiligne uniforme à la vitesse $\vec{V} = V\vec{e}_x$

1. Calculer les vecteurs densité de courant $\vec{J}_{int}$ et $\vec{J}_{ext}$ à l'intérieur et à l'extérieur de la boule
2. Exprimer la loi de Biot et Savart sous forme intégrale. On ne cherchera pas à calculer cette intégrale. Exprimer de même la loi de Coulomb. En déduire une relation entre $\vec{B}$, $\vec{E}$ et $\vec{V}$ puis exprimer $\vec{B}$ en tout point en fonction des données.
3. Calculer la circulation de $\vec{B}$ le long du contour Γ, cercle de centre C (le centre de la boule), de rayon R, dans le plan yCz orthogonal à l'axe de translation de la boule.
4. Appliquer le théorème d'Ampère à Γ et constater qu'il est pris en défaut. Pourquoi?

III – Boule en translation, seconde approche

1.1. Exprimer l'équation de Maxwell-Ampère sous forme judicieuse.

1.2. Écrire $\vec{E}$ et $\vec{B}$ à l'aide de $\overrightarrow{grad}r^2 = 2\vec{r}$ et $\overrightarrow{grad}\left(\frac{1}{r}\right) = -\frac{\vec{r}}{r^3}$. Montrer que l'on peut exprimer $\vec{E}_{int}$ et $\vec{E}_{ext}$ sous la forme $\vec{E}_{int} = \frac{A}{R^3}\overrightarrow{grad}\big(f(r,\theta)\big)$ et $\vec{E}_{ext} = A\overrightarrow{grad}\big(g(r,\theta)\big)$. On explicitera A, g et f. On exprimera d'abord $\partial r/\partial t$ en fonction de r^2, θ, x, y, z

[j'ai des doutes sur cette question, je ne sais plus si c'est E ou ∂E/∂t...]

[Il y avait deux autres questions, la dernière demandait d'appliquer le théorème d'Ampère sous une certaine forme et de retrouver le résultat de la question II-2)]

Exercice 2 : Effet magnus

On considère un écoulement bidimensionnel, parfait, permanent, incompressible autour d'un cylindre d'axe Oz de rayon a comme somme d'un écoulement potentiel : $v_r = v_0\left(1-\frac{a^2}{r^2}\right)cos\theta$ et $v_\theta = v_0\left(1+\frac{a^2}{r^2}\right)\sin\theta$ et d'un écoulement rotationnel de vorticité C : $v_r = 0$ et $v_\theta = -\frac{C}{2\pi r}$.

On pose $\alpha = \frac{C}{2\pi v_0 a}$.

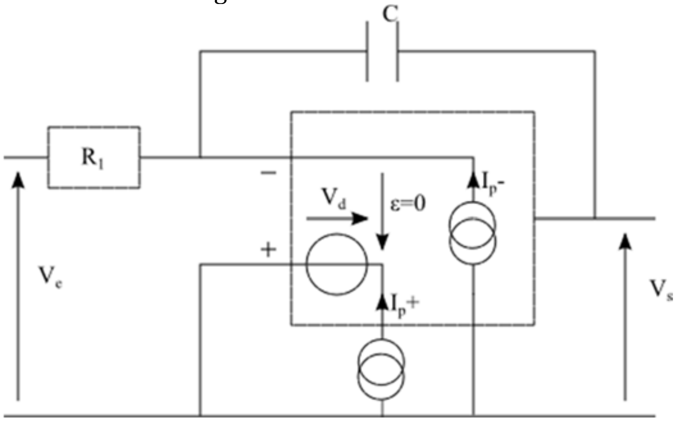
1. (Question orale) Qu'est-ce que l'effet Magnus? Donnez une application.
2. Déterminer les points de vitesse nulle en fonction de alpha
3. Dessiner les lignes de courant
4. Calculer la force par unité de longueur selon **êz Fl** exercée sur le cylindre.

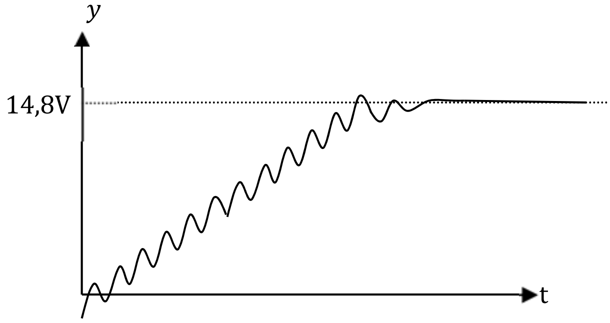
[Examinateur désagréable aux remarques désobligeantes qui ne manquaient jamais après chaque erreur ou hésitation de ma part. L'exercice était plus facile que garder son calme...]

42. CCS2 (2013 Jouanen 17/20)

Electronique

Schémas du montage et les notations :





Caractéristiques du circuit :
- ✓ $R_1 = 1k\Omega$
- ✓ $R_2 = 10k\Omega$
- ✓ $C = 1\ \mu F$
- ✓ $Ip^+ = Ip^- = 100mA$
- ✓ $Vd = 5mV$
- ✓ $Ve(t) = Ve_0*\sin(2\pi*f*t)$

Le logiciel permettait de visualiser Vs = f(t) en faisant varier divers paramètres (f et Ve_0) selon 2 modes (l'un adapté à la question 1 et l'autre à la question 2).

1. On considère l'AO figure 1 avec des imperfections continues (Vd, Ip^+, Ip^-).
   A l'aide du logiciel, visualiser Vs = f(t) pour différents paramètres. Commenter.
   [Je pense que le commentaire devait porter sur la forme des solutions, c'est en tout cas ce que j'ai considéré. Pour des tensions pas trop grandes en entrée, on a un signal de la forme de celui dessiné figure 2.]
   Exprimer Vs en fonction des données. Quel rôle aurait le montage sans les imperfections ?
2. Pour rendre ce rôle au montage, on ajoute une résistance R2 en parallèle au condensateur. Exprimer Vs en fonction des données. L'objectif est-il rempli ? Comment choisir R2 pour un meilleur résultat ?
3. Questions supplémentaires rajoutées par l'examinateur :
   - Bode de l'AO de la question 2?
   - Que vaut la tension de décalage (question 2)?
   - Tracer un graphe dans le cas de la question 2 pour Ve_0 = 1V (avec le logiciel). Comparer le décalage [Environ 0,05V d'après le graphe] avec celui obtenu théoriquement [0,055V, je trouvais 100 fois moins et nous nous sommes étonnés de l'ordre de grandeur puis il a repéré une erreur d'inattention].
   - Que devient la solution homogène ?

43. CCS1 (2013 HACQUIN 15/20)

EXERCICE 1 : MECANIQUE DES FLUIDES, ONDES ACOUSTIQUES

On se place dans le plan (xOz). On considère une particule fluide de volume dτ, à l'altitude z, initialement au repos, à la pression $P_o(z)$ et de masse volumique $\mu_o(z)$, qui décroît avec l'altitude, de sorte que $\frac{d\mu_o}{dz}$<0

On soumet cette particule fluide à une onde de pulsation ω, de vecteur de propagation $\vec{k}(k_x,k_z)$, et on note $\theta=(\vec{u}_z,\vec{k})$ On donne la pression, la masse volumique et la vitesse de la particule fluide.

$$P(\vec{r},t) = P_o(z) + P.\exp i(\omega t - \vec{k}.\vec{r})$$
$$\mu(\vec{r},t) = \mu_0(z) + M.\exp i(\omega t - \vec{k}.\vec{r})$$
$$\vec{V}(\vec{r},t) = V_x.\exp i(\omega t - \vec{k}.\vec{r})\vec{u}_x + V_y.\exp i(\omega t - \vec{k}.\vec{r})\vec{u}_y$$

1. Ecrire l'équation d'Euler de la particule fluide
   a. à l'ordre 0. Commenter cette expression.
   b. à l'ordre 1 en projetant sur chacun des axes.
2. Ecrire la conservation de la masse au premier et deuxième ordre.
   On donne $div(a\vec{A}) = a\,div(\vec{A}) + \vec{A}.\overrightarrow{grad}(a)$
   a. Montrer que $div(\vec{v}) = 0$
   b. En déduire le caractère transverse ou longitudinal de l'onde.
3. Montrer que les deux équations précédentes reviennent à écrire le système suivant : $i\omega\mu_o(z)V_x=ik_xP$; $i\omega\mu_o(z)V_z=ik_zP - Mg$; $V_xk_x=V_zk_z$ et $i\omega M + V_z\frac{d\mu_o}{dz}=0$.
4. En écrivant une condition d'existence pour P, M, Vx, Vz, déterminer l'équation de propagation :
   [je n'ai pas compris cette question, l'examinatrice a essayé de m'aider en me disant que l'argument était plutôt mathématique mai je n'ai pas compris où elle voulait en venir, on trouve $\omega = \frac{k_x}{k}\sqrt{-Mg\frac{d\mu_o}{dz}}$(de mémoire).]
5. Montrer que ω ne dépend pas de k.
6. Définir vitesse de phase et vitesse de groupe.

EXERCICE 2 : THERMODYNAMIQUE, CALORIMETRIE

On considère un calorimètre parfaitement adiabatique, contenant 200g d'eau à 20°C. On ajoute 200g d'eau à 50°C. La température d'équilibre est de 34,3°C.
On donne la capacité massique de l'eau c=1,48 J/g/K

1. Déterminer la capacité thermique du calorimètre et sa masse équivalente en eau.
2. On ajoute aux 400g d'eau 145g de glace à 0°C. La température d'équilibre est de 5,0°C. Déterminer la chaleur latente *(massique)* de fusion de la glace.

44. CCS2. (2013 HACQUIN 18/20)

LOGICIEL DIFFINT – OPTIQUE GEOMETRIQUE - DIFFRACTION

1. Rappeler le principe d'une lunette afocale.
2. On assimile une lunette et un dispositif de projectif à une lentille de distance focale f'=10m de rayon R. On observe deux étoiles : l'une située sur l'axe optique, l'autre faisant un angle $\eta<<1$ avec ce même axe. On place un filtre interférentiel λ=700nm avant la lentille. Que prédit l'optique géométrique ?
En réalité on observe ce qui est donné sur le logiciel (A=1, N=12 (correspond à η), C=0).
Commenter les observations. En déduire en particulier le rayon de la lentille. La longueur d'onde est-elle bien choisie pour une observation dans le visible ?
3. En pratique l'observation est rendue difficile si l'intensité de l'étoile 2 est très inférieure (typiquement 5%) par rapport à l'intensité de l'étoile 1.
On modifie A = 0,05 (intensité de l'étoile 2 égale à 5% de celle de l'étoile 1) et on diminue η.
On place un système de transparence derrière la lentille (C=1). L'observation est-elle meilleure que précédemment ?

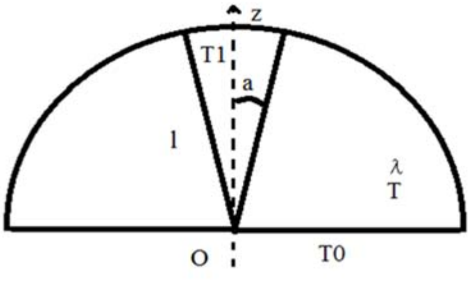
4. *Schéma d'une pupille diffractante de largeur a, de longueur infinie, frappée par une onde lumineuse en incidence normale. Un écran est dans le plan focal image de la lentille. On repère par x un point de l'écran.*
   a. Déterminer l'intensité sur l'écran si la pupille est en fait un trou.
   b. On modélise le dispositif placé après la lentille par une transparence T(x)=1-2x/a si 0<x<a/2 et T(x)=1+2x/a si -a/2<x<0. *(X pas x en fait, où X est la variable d'intégration de la pupille).* Déterminer alors l'éclairement.
   c. Cela correspond-il aux observations des question 3. et 4. ?

45. CCS1 (2013, MARIETTE 7/20)

EXERCICE PREPARE : THERMODYNAMIQUE

Soit un cône de demi-angle au sommet a dans une demi sphère et en contact avec le sol à T_0 en O. $T_1 > T_0$

1. Montrez que dans un conducteur parfait, la température est uniforme.
2. En RP, donnez les paramètres dont dépendent T, donnez la force des isothermes et du courant de diffusion thermique.
3. Etablir une équation vérifiée par T.
4. La résoudre.
5. Calculez la puissance cédée par le cône. Commentez.



EXERCICE NON PREPARE :

1. Ecrire l'équation d'Euler pour un fluide parfait soumis à un champ de gravitation G(M) et se trouvant dans un référentiel non galiléen (on notera $\overrightarrow{ae}$ et $\overrightarrow{ac}$ les accélérations d'inertie).

2. On se place dans l'atmosphère terrestre, avec $\vec{g} = \vec{G} - \overline{a\vec{e}}$, en supposant le référentiel géocentrique galiléen. Simplifiez l'équation précédente, on négligera l'accélération convective. Pourquoi cette dernière approximation ?

46. CCS1. (2013 Bouillin 15/20)

Exercice 1. Conductivite, OEM dans les conducteurs.

Soit n^* le nombre d'électrons par unité de volume dans un conducteur. Ils sont soumis à une force de frottement fluide $-\lambda\vec{v}$ et sont placés dans un champ extérieur $\vec{E}$.

1. Montrer que $\vec{j} = \gamma_o\vec{E}$. A quoi sont dues les forces de frottement ?

2. En régime sinusoïdal forcé, on a $\vec{E} = \vec{E}_o \exp(j\omega t)$. Trouver $\underline{\gamma}$ telle que $\underline{\vec{j}} = \underline{\gamma}.\underline{\vec{E}}$. On posera $\omega_o = \frac{\lambda}{m}$.

3. On suppose que $\vec{j} = \gamma_o\vec{E}$. Montrer que $\frac{\partial\rho}{\partial t} + \frac{\rho}{\tau} = 0$. Exprimer τ. En déduire la valeur de ρ. Pour quelles fréquences a-t-on effectivement $\vec{j} = \gamma_o\vec{E}$? Est-ce le cas dans notre conducteur ?

4. Déterminer une relation entre $\underline{k}^2$, ω^2, ω et γ_o. On peut montrer que $\underline{k}$ s'écrit : $k' - jk''$. Donner le sens physique lié à k' et k''. Que vaut la vitesse de phase ? y a-t-il dispersion ?

Exercice 2. Diffusion moleculaire.

On considère un cylindre d'axe (Oz), de longueur L et poreux.

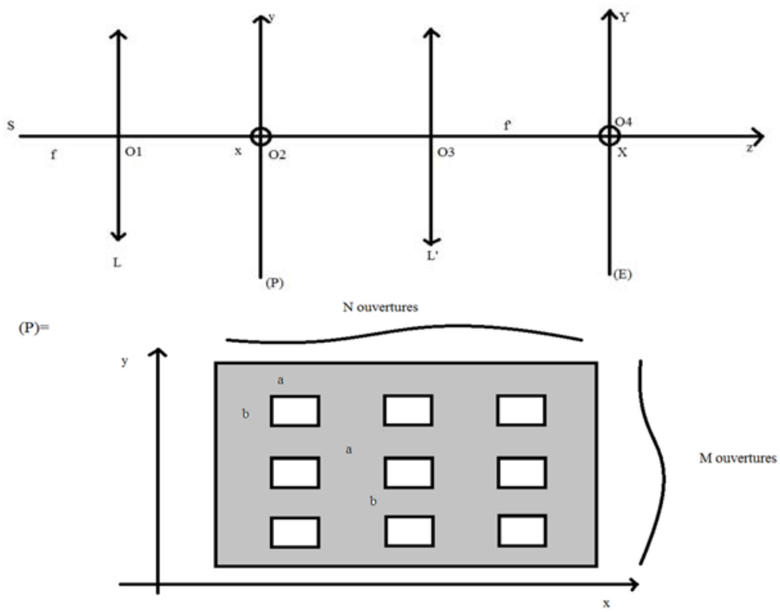
La diffusion se fait suivant les z croissants, mais comme le cylindre est poreux, il y a aussi diffusion selon $\vec{e}_r$. On note D le coefficient de diffusion selon $\vec{e}_z$.

1. On peut montrer que $\vec{j}' = -D' \frac{n(z)}{\ln\left(1+\frac{e}{a}\right)} \frac{\vec{e}_r}{r}$. Simplifier et commenter cette expression.

2. Par un bilan de quantité de matière, déterminer $n(z)$ en régime stationnaire.

47. CCS2 (2013, Mariette 11/20)

Diffraction



1. Déterminez l'éclairement reçu en M(X,Y) pour N=M=1.
2. Déterminez l'éclairement reçu en M(X,Y) pour N et M quelconques.
   A l'aide du logiciel, en observant la figure de diffraction, sachant que $f' = 1m$, donnez un ordre de grandeur de N, M, a et b.

UTILISER LES TABLES DE TF.

48. CCS1.

EXERCICE 1. OEM DANS UN MILIEU OPTIQUEMENT ACTIF.

Propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu optiquement actif.
Le milieu considéré est isolant et ne contient pas de charges libres.
Lors de la propagation d'une onde plane progressive sinusoïdale dans la direction *Ox*, le vecteur polarisation et le champ électrique sont reliés par

$$\underline{\vec{P}} = \varepsilon_0 \chi_e \underline{\vec{E}} + i\, \varepsilon_0 \vec{A} \wedge \underline{\vec{E}} \qquad \text{où} \qquad \vec{A} \,//\, \vec{e}_x \text{ avec } A \text{ réel.}$$

On admet que les équations de Maxwell sont les mêmes à condition de changer les équations de Maxwell - Gauss et de Maxwell - Faraday en respectivement :

$$\text{div}\,(\varepsilon_0 \underline{\vec{E}} + \underline{\vec{P}}) = 0 \qquad \text{et} \qquad \overrightarrow{\text{rot}}\left(\frac{\underline{\vec{B}}}{\mu_0}\right) = \frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon_0 \underline{\vec{E}} + \underline{\vec{P}})$$

ndlr : c'est du cours...

1.a) Que traduit le i dans l'expression de $\underline{\vec{P}}$?

Penser en termes de dérivation temporelle ou bien en termes de $\vec{\nabla}$, donc d'opérateur.

1.b) Montrer que $\vec{E}$ et $\vec{B}$ sont transverses.

1.c) Montrer que la relation vérifiée par $\underline{\vec{E}}$ est

$$k^2 \underline{\vec{E}} = \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 [(1 + \chi_e)\, \underline{\vec{E}} + i\, \varepsilon_0 \vec{A} \wedge \underline{\vec{E}}]$$

1.d) En déduire qu'il n'existe que deux états de polarisation possibles pour une telle onde et déterminer la relation de dispersion pour chacun de ces états.
2.a) Montrer qu'un état de polarisation rectiligne peut se décomposer en la somme d'un état de polarisation circulaire gauche et d'un état de polarisation circulaire droit.
[D'autres questions sur la recombinaison des ondes après propagation sur une certaine longueur.]
Je suggère :
2.b) En $x = 0$, l'onde incidente est polarisée rectilignement parallèlement à *Oy*. Exprimer le champ électrique après propagation sur une distance d dans le milieu considéré.

2.c) Montrer que ce champ correspond à une onde polarisée rectilignement dont la direction fait un angle θ avec l'axe *Oy*.
[Commentaire : exercice assez similaire au sujet de l'X (physique II) sur l'effet Faraday. Je regrette de ne pas avoir montré que je connaissais un peu le sujet.]

EXERCICE 2. ACOUSTIQUE.

Le tuyau d'orgue.
On considère un tuyau semi - ouvert de longueur ℓ contenant de l'air (M = 29 g.mol^{-1} et γ = 1,4).
On donne T = 290 K ;
1 - Déterminer la fréquence du fondamental et celle du premier harmonique.
2- Calcul de ξ_{max}.
[Examinateur sympathique qui cherche à valoriser, c'est agréable.]

49. CCS2.

(DIFFRACTION - DIFFINT).

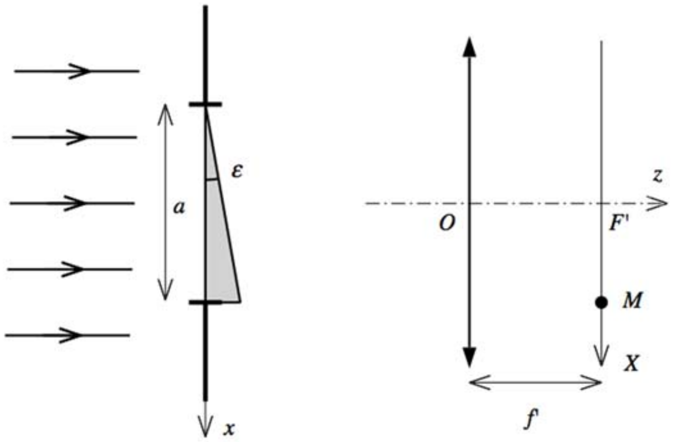
Une fente de largeur a est placée devant un prisme de petit angle ε, d'indice n d'arête parallèle aux bords de la fente. La déviation du prisme est notée θ. Les angles ε et θ sont petits devant un. La hauteur de la fente et du prisme sont grandes devant la longueur d'onde. Le prisme présente une absorption α par unité de longueur (l'amplitude réelle est multipliée par $e^{-\alpha\ell}$ après une propagation sur une longueur ℓ.

On étudie la diffraction de l'ensemble à l'aide du montage de Fraunhofer. On prendra λ = 540 nm et n = 1,50.

1 - Faire le schéma du montage.

2 - Déterminer l'éclairement en $M(X')$. Que se passe-t-il pour α petit ? Même question pour α grand.

3 - On utilise le logiciel *diffint*. La figure est déjà affichée sur l'écran : on voit une tache de largeur environ 1 cm centrée sur X' = 86,8 cm. Comparer ce qui a été trouvé par le calcul à la figure affichée. On peut faire varier la valeur de α

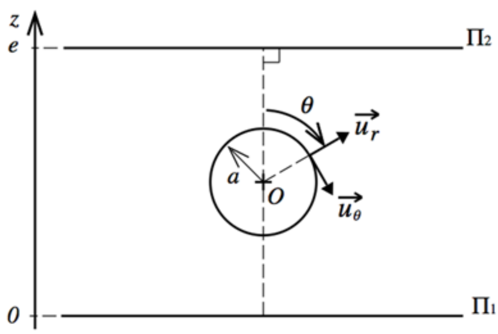


UTILISER LES TABLES DE TF.

50. CCS1.

DIFFUSION THERMIQUE.

On considère un milieu (M) homogène linéaire et isotrope de masse volumique ρ, de capacité thermique massique c et de conductivité thermique λ.



1.a) Soit deux sphères (S_1) et (S_2) concentriques et de rayons R_1 et R_2 ($R_1 < R_2$). On se place en régime permanent. Déterminer la résistance thermique R_{th} de cette coquille sphérique en fonction de des données. Faire une analogie avec l'électrocinétique en régime permanent.

1.b) On considère que la capacité thermique Γ des deux sphères est très grande devant celle du milieu (M). On se place en régime quasipermanent.

On note T_{10} et T_{20} les températures respectives des deux sphères à l'instant t = 0. L'ensemble des deux sphères et du milieu (M) est thermiquement isolé. Déterminer les lois de variation $T_1(t)$ et $T_2(t)$.

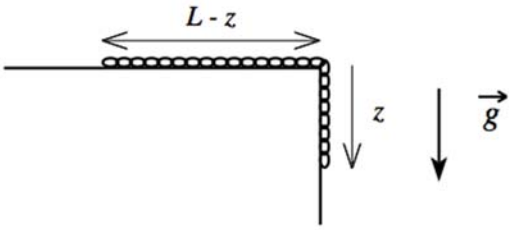
2.a) On considère deux plans (Π_1) et (Π_2) parallèles et distants de e. On place entre les deux une sphère de rayon $a \ll e$ de conductivité thermique nulle. Déterminer les conditions aux limites pour $\vec{j}_{th}$.

2.b) Par analogie avec le champ électrique $\vec{E}$ considéré comme la superposition d'un champ uniforme $\vec{E_0} = E_0\, \vec{u_z}$ et du champ d'un dipôle $\vec{p} = -p\, \vec{u_z}$ placé au centre de la sphère et convenablement choisi, déterminer $\vec{j_{th}}$ en tout point.

51. CCS2.

MECANIQUE – EQUADIFF

Une chaînette inextensible mais parfaitement souple, de longueur L est posée au bord d'une table.
Établir l'équation différentielle de la chute en utilisant une méthode énergétique. Ensuite on utilise le logiciel "équadiff".



52. CCS1.

EXERCICE 1. OEM DANS UN CONDUCTEUR.

Le demi espace $x > 0$ est occupé par un métal de conductivité $\gamma = 10^7$ S.m^{-1}.

1 - On étudie la propagation d'un champ électromagnétique dans le métal.

a - Donner la loi d'Ohm locale.

b - Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la densité volumique de charges ρ.

c - Sachant que les ondes étudiées sont des ondes hertzienne, qu'en déduit - on sur ρ ?

d - Déterminer l'équation aux dérivées partielles vérifiée par le champ électrique $\vec{E}$. Comment s'appelle cette équation ?

e - On donne l'expression du champ électrique $\vec{E} = E_m\, e^{-\frac{x}{\delta}} e^{i(\frac{x}{\delta} - \omega t)}\, \vec{e_y}$ avec $\delta = \sqrt{\dfrac{2}{\mu_0 \gamma \omega}}$

Déterminer l'expression du champ magnétique $\vec{B}$

2 - Le milieu $x < 0$ est vide. Une onde électromagnétique polarisée rectilignement suivant Oy arrive en incidence normale sur le métal. L'amplitude du champ électrique associé est E_0.

En $x = 0$, l'amplitude du champ réfléchi est notée $\underline{r}\, E_0$ et celle du champ transmis $\underline{t}\, E_0$.

a - Donner l'expression des champs électriques incident, réfléchi et transmis et en déduire celle des champs magnétiques associés.

b - Grâce aux conditions aux limites, déterminer r et t. Il n'y a ni charges ni courants surfaciques en $x = 0$.

Cette dernière indication est- elle indispensable ?

c - Ensuite, une ou deux questions sur le coefficient de réflexion R pour la puissance.

EXERCICE 2. MACHINE THERMIQUE.

Une centrale électrique possède quatre réacteurs de 9 GW chacun. Son rendement est de 36%.

La source chaude est à 700 K (je crois) et la source froide est un fleuve à 293 K. Sachant que des normes écologiques fixent l'élévation maximale de température de l'eau rejetée dans le fleuve à 2°C, déterminer le débit que doit avoir le fleuve.

[Examinateur plutôt sympathique.]

53. CCS2.

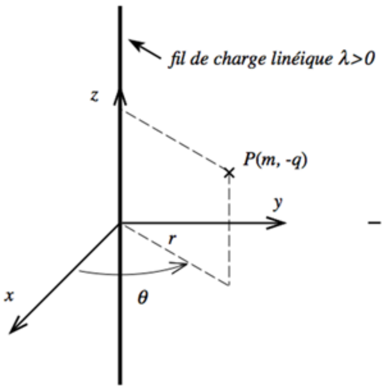
MECANIQUE – EQUADIFF

On considère un fil rectiligne infini uniformément chargé avec la densité linéique uniforme $\lambda > 0$. L'axe Oz est choisi confondu avec le fil.

$$V(r) = -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

On étudie le mouvement d'une charge ponctuelle de masse m et de charge $-q$ dans le champ créé par le fil. Les conditions initiales sont les suivantes :

$r(0) = r_0,\quad \theta(0) = 0,\quad z(0) = 0,\quad \dot{r}(0) = 0,\quad \dot{\theta}(0) = \frac{v_0}{r_0}$ et $\dot{z}(0) = 0$



1 - On pose $u = \sqrt{\frac{\lambda q}{2\pi\varepsilon_0 m}}$ et $\alpha = \frac{v_0}{u}$. Quelles sont les dimensions de ces grandeurs ?

2 - Montrer que le mouvement est plan.

3 - Montrer que le mouvement se fait suivant la loi des aires.

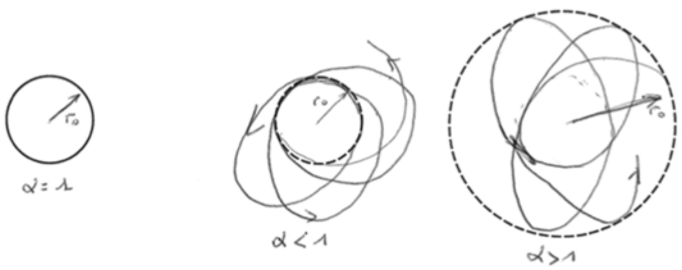
4 - A l'aide du théorème de l'énergie cinétique montrer qu'il existe une fonction $U(r)$ telle que :

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + U(r) = 0$$

et préciser son expression en fonction de u, r_0 et α.

5 - Utilisation du logiciel "Equadiff" pour visualiser des trajectoires pour différentes valeurs de α.

On prend : $r_0 = 1$, $v_0 = 1$



Décrire les différentes trajectoires.

Retrouver les caractéristiques de ces trajectoires par le calcul.

6 - A quelle condition r reste-t-il dans l'intervalle $[r_0, 2r_0]$?

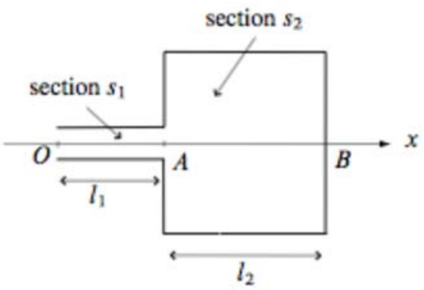
7 - Équation de la trajectoire pour $r(0) = r_0 + \varepsilon$ avec $\varepsilon \ll r_0$?

[Examinateur exécrable.]

54. CCS1.

EXERCICE 1 : ACOUSTIQUE.

Vu la dernière question, il s'agit plutôt d'un exercice inspiré de la partie III de Centrale - PC - Physique 1 - 2004.



Étude d'une onde sonore dans une cavité cylindrique, de célérité c = 340 m.s^{-1} et de fréquence f = 192 Hz, produite par excitation des couches d'air à l'aide d'un haut-parleur situé en $x = 0$ et imposant la surpression $p(x = 0, t) = p_0 \cos(\omega t)$.

Notations : $p(x, t) = \mathcal{Re}[\underline{p}(x) \exp(i\omega t)]$ et $v(x, t) = \mathcal{Re}[\underline{v}(x) \exp(i\omega t)]$

Débit volumique : $Q(x, t) = S\, v(x, t) = \mathcal{Re}[S\, \underline{v}(x) \exp(i\omega t)]$ $\quad \underline{Q}(x) = S\, \underline{v}(x)$

1) Étude dans un tube cylindrique seul de longueur L.

a) Donner la forme générale de $\underline{p}(x)$ de $\underline{Q}(x)$ en fonction de deux constantes complexes A et B.

b) Établir les relations donnant $\underline{p}(0)$ et $\underline{Q}(0)$ en fonction de $\underline{p}(L)$ et $\underline{Q}(L)$.

2) Étude de la cavité seule.

a) Montrer que : $\underline{Q}(A) = i\,\omega\, \mathcal{C}\, \underline{p}(A)$ où $\mathcal{C}$ est à exprimer en fonction de μ, c et V, volume de la cavité.

b) Hypothèse : $\omega l_2 \ll 1$. Que devient la surpression dans la cavité ?

c) Analogie électrique ?

3) Tuyau + cavité (Cf. schéma). On suppose Q et p continus en A.

a) Montrer que $\underline{p}(A) - \underline{p}(0) = i\omega\, \mathcal{L}\, \underline{Q}(0)$.

b) Hypothèse : $\omega l_1 \ll 1$. Que devient la surpression dans le tuyau ?

c) Analogie électrique?

[On me demandait en plus d'exprimer les relations sous forme matricielle et après il fallait trouver la matrice pour n cavités en série et exprimer les coefficients de réflexion et de transmission.]

EXERCICE 2 : ELECTROSTATIQUE.

On donne le potentiel électrostatique à symétrie sphérique $V(r) = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\, r}(1 + kr)\, e^{-2kr}$

1 - Quelle est la dimension de k ?

2 - Calculer le champ électrostatique $\vec{E}$.

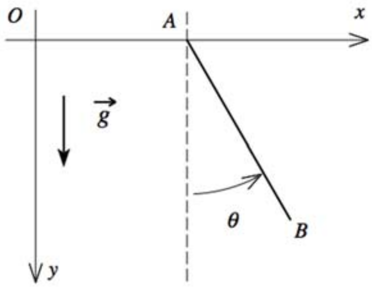
3 - Calculer la charge $Q(r)$ contenue dans une boule de rayon r et de centre O. Quelles sont les limites de $Q(r)$ en 0 et en ∞ ?

4 - Calculer la densité volumique de charge $\rho(r)$.

55. CCS

MECANIQUE – EQUADIFF

Une tige AB homogène de longueur 2ℓ et de masse m est mobile sans frottement autour de son extrémité A dans un plan vertical xOy. A est également mobile sans frottement sur l'axe horizontal Ox. A l'instant initial, on abandonne AB sans vitesse et déviée d'un angle θ_0 par rapport à la verticale.



On prendra g = 10 m.s^{-2}, m = 1 kg et ℓ = 1 m. On donne le moment d'inertie d'une barre homogène de masse m et de longueur 2ℓ par rapport à un axe passant par son centre de gravité et perpendiculaire à la barre vaut $J_G = \frac{m\ell^2}{3}$.

1 - Quelle est la trajectoire du centre de gravité de G de AB ?

2 - Établir une constante du mouvement. On posera $\omega_0^2 = \frac{2g}{\ell}$.

3 - En déduire une expression de la période T des oscillations de la barre sous forme d'une intégrale.

4 - Le logiciel joint [Equadiff] trace les variations de $\theta(t)$ [noté $x(t)$] et de $\dot{\theta}(t)$ [noté $V(t)$] pour différentes valeurs de θ_0 [X_0]. A partir de quelle valeur de θ_0 peut-on considérer que les valeurs sont "petites" ? Donner une estimation de la période du mouvement.

[Dans le logiciel, il est possible de modifier les conditions aux limites via le menu 'equation(s)' puis 'cond.Initiales'.]

5 - Retrouver la valeur inférieure de T en calculant directement la période des petites oscillations.

6 - Donner l'expression de la réaction de l'axe en A et de la vitesse de déplacement de A sur l'axe Ox.

56. CCS1.

EXERCICE 1 : ONDES DE GRAVITE.

On étudie les ondes de gravité dans une cuve rectangulaire de côtés a et b respectivement suivant Ox et Oy. A l'équilibre, la hauteur d'eau est H. Oz désigne la verticale ascendante. On désigne par $\varepsilon(x, y, t)$ la dénivellation de la surface par rapport à l'équilibre.

1 - Montrer que $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = -H\left[\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y}\right]$.

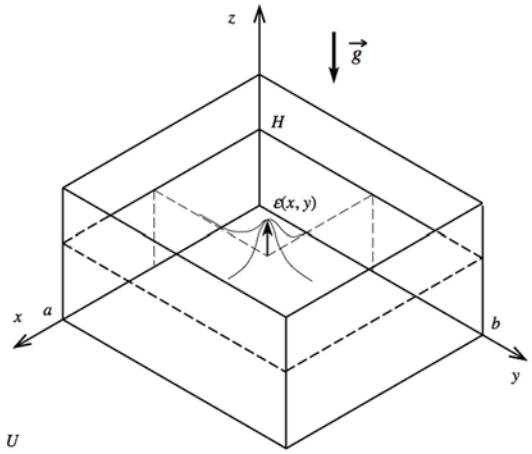
2 - Montrer que $\frac{\partial v_x}{\partial t} = -g\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}$ et $\frac{\partial v_y}{\partial t} = -g\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}$

3 - Établir l'équation aux dérivées partielles que vérifie $\varepsilon(x, y, t)$. Définir la célérité des ondes.

4 - Écrire les conditions aux limites.

5 - Déterminer les pulsations propres.

[Puis petite discussion sur un bassin en eau profonde. Comment écrire la vitesse pour avoir des calculs plus simples (potentiel des vitesses) etc...]



EXERCICE 2 : DIFFUSION DE PARTICULES.

Un émetteur de neutrons émet N_0 neutrons par unité de temps et par unité de surface. On note D le coefficient de diffusion des neutrons dans le milieu environnant. En désignant par $n(x, t)$ la densité volumique de neutrons, le taux d'absorption des neutrons par unité de volume est $k\,n(x, t)$.

1 - Établir l'équation aux dérivées partielles vérifiée par $n(x, t)$.

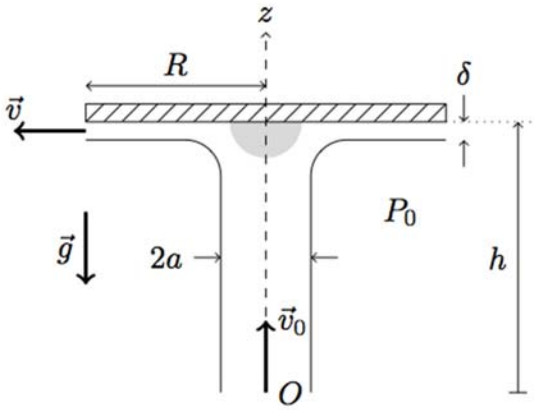
2 - La résoudre en régime permanent.

[L'examinateur est tout à fait correct.]

57. CCS1.

EXERCICE 1 : MECANIQUE DES FLUIDES.

Étude d'une plaque en équilibre sur un jet d'eau.



Le fluide est homogène et incompressible (masse volumique μ) en écoulement parfait sauf dans la zone grisée.

Exprimer v en fonction de v_0, a, δ et R.

2 - Grâce au théorème de Bernoulli, trouver une expression de v en fonction de v_0, a, δ, R et h.

3 - En faisant un bilan de quantité de mouvement, trouver une autre expression de v_0 en fonction des paramètres du problème.

4 - Montrer à l'aide d'une représentation graphique que la plaque ne peut être en l'équilibre que si δ se trouve entre deux valeurs minimale et maximale que l'on précisera en fonction des données du problème.

EXERCICE 2 : POLARISATION DES ONDES LUMINEUSES.

1 - De la lumière issue d'une lampe spectrale (vapeur atomique) non polarisée d'intensité I_0 traverse un polariseur rectiligne (P). Quelle est l'intensité en sortie ?

2 - Une autre question que je n'ai pas traitée.

Cette planche figure dans les exemples donnés sur le site de Centrale ; voici la question :

Après le polariseur (P), on interpose une lame quart d'onde (L) dont les lignes neutres font un angle $\alpha = 10°$ avec la direction de transmission privilégiée du polariseur (P). Quelle est la polarisation de l'onde électromagnétique à la sortie de (L)?

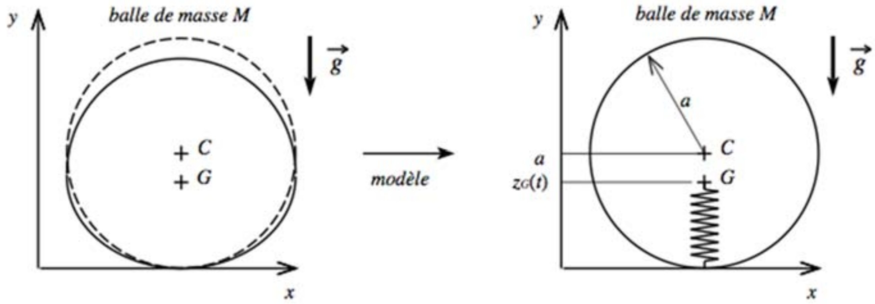
[L'examinatrice souriait mais ne disait rien. Pour la première question de l'exercice 2 elle m'a juste dit "étudiez statistiquement".]

La réponse figure dans le cours sur la polarisation...

58. CCS2.

MECANIQUE.

On étudie le mouvement d'une balle rebondissante de masse m et de rayon a. Au contact du sol, la balle se déforme. On modélise ceci par le déplacement du centre d'inertie G par rapport au centre C de la balle.



On pose $\xi(t) = z_G(t) - a$

Rebondissement modélisé par l'action d'un ressort de raideur k.

I - La balle arrive verticalement avec une vitesse $\overrightarrow{V_0} = - V_0\ \overrightarrow{e_z}$.

1 - Donner une expression de $\xi(t)$

2 - En prenant l'exemple d'une balle de tennis ou d'un ballon de basket, montrer que le poids est négligeable devant l'action du ressort quand la balle est au contact du sol.

L'examinateur m'a dit qu'on pouvait aller jusqu'à prendre $k = 10^4$ N.m^{-1}.

3 - Déterminer le temps τ durant lequel la balle est en contact avec le sol.

4 - En réalité, il existe un terme d'amortissement qu'on n'a pas pris en compte. Comment le modéliser ?

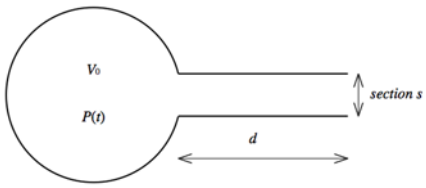
[Réponse attendue : on le modélise par un terme en $\dot{\xi}$ dans l'équation différentielle...(dissipation d'énergie), rien de plus.]

Quel est son impact sur le mouvement de la balle ?

59. CCS1.

EXERCICE 1 : RESONATEUR DE HELMHOLTZ.

Une cavité sphérique de volume V_0 est reliée à l'extérieur par un cylindrique de longueur ℓ de rayon r et de section s.



A l'extérieur, la pression est $P_e(t) = P_0 + p_1 \cos \omega t$

A l'intérieur du réservoir :

- ✓ Pression $P(t) = P_0 + p(t)$ avec $|p(t)| \langle\langle\ P_0$,
- ✓ Masse volumique $\rho(t) = \rho_0 + \mu(t)$ avec $|\mu(t)| \langle\langle\ \rho_0$

La vitesse du fluide est supposée uniforme $\vec{v}\,(t)$ et l'air est assimilé à un gaz parfait.

1 - Écrire la RFD pour le gaz du cylindre.

2 - En écrivant la conservation de la masse, déduire une relation entre $\rho(t)$ et $p(t)$.

3 - Établir une autre équation vérifiée par $p(t)$

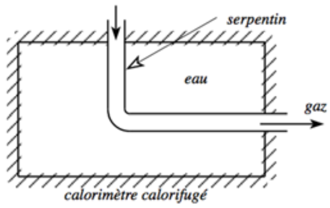
4 - Trouver les solutions $p(t)$ et déterminer la fréquence de résonance f_0 du système

5 - Calculer f_0. On donne le rayon de la sphère r_s = 1 cm, rayon du cylindre r = ?, T_0 = 298 K, R = 8,31 J.mol^{-1}.K^{-1}, ℓ = 10 cm.

6 - Avec c_s = 346 m.s^{-1}, vérifier que les hypothèses sont bien vérifiées.

EXERCICE 2. CALORIMETRIE.

On veut mesurer γ pour un gaz. Ce gaz passe dans un serpentin. Le calorimètre est bien calorifugé.



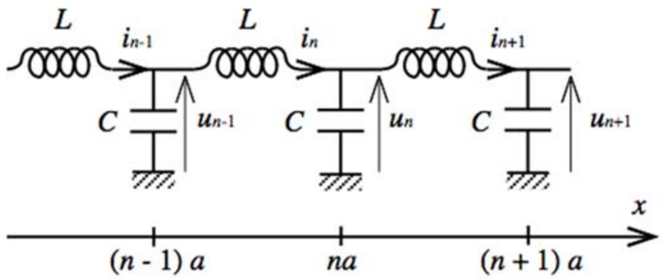
A l'entrée, la température du gaz est θ_1 = ? °C et à la sortie, elle vaut θ température du calorimètre.

1 - Montrer que l'enthalpie du système {serpentin, calorimètre} est conservée.

2 - Calculer θ en déduire le c_p du gaz.

60. CCS2.

MODELE DES CONSTANTES REPARTIES.



1.a - Relation entre u_{n-1}, u_{n+1}, u_n, L et C.

1.b - Si $u_{n-1}(t) \simeq u_{n+1}(t) \simeq u_n(t)$ et $u_n(t) = u(na, t)$ quelle est l'équation vérifiée par $u(x, t)$. Donner l'expression de la célérité correspondante. *J'espère que la formulation d'origine est plus précise...*

Application numérique : L = 0,1 H ; C = 10 µF ; a = 1 cm

1.c - Dans le cas d'une solution sinusoïdale de pulsation ω donner une condition sur ω et a pour que ce traitement continu soit valable.

2 - On suppose la condition précédente non vérifiée. On cherche des solutions du type : $u_n(t) = U_0\, e^{j(\omega t - kna)}$

2.a - Établir la relation entre k et ω (relation de dispersion) et montrer que la pulsation ω doit vérifier une inégalité pour qu'il existe de telles solutions propagatives.

2.b - Établir l'expression $v_g(\omega)$ de la vitesse de groupe en fonction de ω.

2.c - Vérifier que pour ω petit (préciser ce que cela signifie) l'approximation continue est valable.

3 - On impose des nœuds de tension en A_0 et A_{N+1} : $\forall t \quad u_0(t) = 0$ et $u_{N+1}(t) = 0$

3.a - Déterminer les pulsations propres du système.

3.b - Étudier les cas N = 1 et N = 2. Conclure.

61. CCS1.

EXERCICE 1 : ELECTROMAGNETISME.

1) On considère deux fils rigides infinis parallèles parcourus dans le même sens par une intensité I. Montrer que les deux fils s'attirent.

2) On considère un conducteur cylindrique d'axe Oz infiniment long et de rayon a. On note n_0 la densité de charges fixes (charge individuelle q), $n(r)$ la densité volumique non uniforme de charges mobiles (charge individuelle - q) animées d'une vitesse $v\,\vec{e_z}$. On cherche $n(r)$ en régime stationnaire.

On donne : $\mathrm{div}(\vec{A} \wedge \vec{B}) = \vec{B}.\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{A} - \vec{A}.\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,\vec{B}$ et $\mathrm{div}\,\vec{A} = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial(rA_r)}{\partial r} + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial A_\theta}{\partial \theta} + \dfrac{\partial A_z}{\partial z}$

2) Trouver les densités volumiques de charges et de courants de cette distribution. Vérifier la conservation de la charge.

3) Écrire les équations locales vérifiées par les champs électriques et magnétiques dans le conducteur. Donner les directions de $\vec{E}$ et $\vec{B}$.

4) En considérant le mouvement des charges mobiles, déterminer $n(r)$ en fonction de n_0 et de $\beta = \dfrac{v}{c}$.

5) Montrer que $n(r) = 0$ pour $r > b$ et exprimer b en fonction de β et a.

[6) Une AN que je n'ai pas faite.]

7) Champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ en tout point de l'espace ?

62. CCS1.

Exercice 1 : Bilans macroscopiques.

On a un une cuve remplie d'eau jusqu'à une hauteur h_0 surmontée par la pression P^0 qui est relié à une motopompe qui alimente une lance à incendie.

La section en sortie de la lance est d_2, débit volumique D_v, masse volumique ρ.

En effectuant un bilan d'énergie cinétique sur un système ouvert incluant la motopompe, déterminer la puissance P délivrée par la motopompe en fonction de v_e, v_s, D_v, p_s, p_e.

Déterminer une équation vérifiée par D_v. La résoudre numériquement pour $P = 1{,}3$ kW

Le bout de la lance à incendie est constitué d'un cône d'axe horizontal. La section en sortie de cône est de diamètre d_2 et en entrée de diamètre d_1. Déterminer la vitesse de sortie v_s.

Exercice 2 : Diffusion thermique.

On considère une sphère d'uranium de rayon R dans l'eau qui émet une puissante thermique P_{th}. À la surface de la sphère, la puissance suit une loi de Newton. On suppose le régime stationnaire.

Déterminer la répartition de température dans la sphère.

63. CCS2.

Mecanique du point.

Un point matériel P de masse m se déplace sur un tube creux $(\wp)$ d'équation $x = a\cos(\theta)$; $y = a\sin(\theta)$; $z = a(2\pi - \theta)$ en coordonnées cylindriques.

Représenter $(\wp)$. Nom de la courbe ?

Exprimer la vitesse et l'accélération de P en fonction de $\dot{\theta}$ et $\ddot{\theta}$. Exprimer le vecteur unitaire tangent $\vec{T}$.

Déterminer les composantes de la réaction $\vec{R}$ du support. Exprimer $\vec{R}_T$.

Montrer qu'à l'instant initial le point matériel ne reste pas immobile.

Établir une équation du type $\ddot{\theta} = \psi(\theta)$

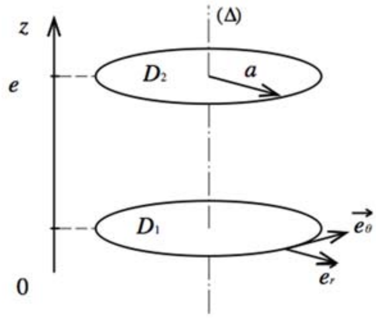
[Autre question non traitée : il s'agissait de résoudre par ordinateur l'équation, de tracer les courbes (t) et d'interpréter.

Examinateur pas très attentif et assez silencieux.]

64. CCS1.

EXERCICE 1 : FLUIDES VISQUEUX.

Deux disques D_1 et D_2 de même rayon a, de même axe Δ, distants de e tournent autour de Δ avec les vitesses angulaires respectives ω_1 et ω_2. Entre les deux disques, se trouve un fluide visqueux incompressible de masse volumique ρ.



On suppose que $e \ll a$, donc on néglige l'interaction du fluide avec les disques pour $r = a$.

Le champ des vitesses est de la forme $\vec{v} = r\,\omega(z, t)\,\vec{e_\theta}$

1 - Justifier la forme du champ des vitesses.

2.a - On rappelle la force de viscosité exercée sur une surface élémentaire dS perpendiculaire à Δ par le fluide situé au dessus de cette surface :

$$\overrightarrow{dF_v} = \eta \frac{\partial v}{\partial z} dS\, \vec{e_\theta}$$

Calculer la résultante des forces de viscosité sur un élément de volume compris entre r et $r + dr$, θ et $\theta + d\theta$, z et $z + dz$.

2.b - Appliquer le T.M.C. Montrer que l'équation obtenue est une équation diffusion.

3.a - En régime permanent les vitesses ω_1 et ω_2 sont constantes. Établir l'expression de $\omega(z)$

3.b - Calculer le moment Γ des forces de viscosité s'appliquent sur D_2 par rapport à Δ. Définir un coefficient de frottement.

EXERCICE 2 : THERMODYNAMIQUE.

On considère une série de n transformations d'un fluide de capacité thermique mc_p sous la pression P_0. Au cours de chaque étape, le fluide passe de l'état $E_i(T_i, P_0)$ à l'état $E_{i+1}(T_{i+1}, P_0)$ avec $T_{i+1} = \alpha\, T_i$ avec α indépendant de i.

1 - Calculer ΔS, S_e, S_c pour la transformation $E_0 \to E_n$ en fonction de T_0, T_n et α.

2 - Et une autre question, je crois, sur le comportement de ΔS et S_c quand $n \to \infty$.

Je pense qu'il faut comprendre que la température initiale T_0 et la température finale T_f sont fixées et que l'on décompose la transformation en n étapes monobares.

65. CCS2.

MICHELSON.

On considère un interféromètre de Michelson utilisé dans la configuration lame à faces parallèles. On pose $OO_2 = L_2 = \text{constante}$, $OO_1 = L_1(t) = L_{10} + Vt$.

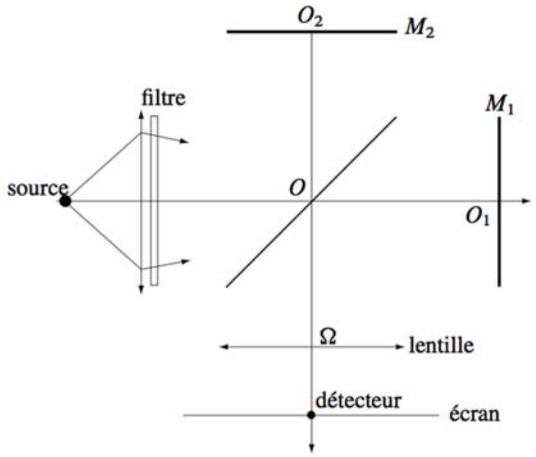
La source est constituée de lumière blanche et on interpose en entrée un filtre de luminance

$$L(\nu) = \begin{cases} L_0 & \text{si } \nu \in \left[\nu_0 - \dfrac{\Delta\nu}{2},\ \nu_0 + \dfrac{\Delta\nu}{2}\right] \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$ L_0 est une constante.

La puissance transmise par le filtre dans la bande de fréquence $[\nu, \nu + d\nu]$ est $L(\nu)\, d\nu$.

1 - Où doit-on placer la lentille pour observer les franges sur l'écran ? Décrire qualitativement l'éclairement observé.

2 - On place le détecteur au centre de l'écran et on enregistre l'intensité électrique I qu'il délivre en fonction du temps. Calculer $I(t)$ en fonction des données de l'énoncé. En déduire ν_0 et $\Delta\nu$; définir le facteur de qualité du filtre.
Trois courbes représentant $I(t)$ étaient fournies sur l'ordinateur.



3 - La courbe réelle est différente de la courbe théorique. Pourquoi ? On devrait utiliser un filtre interférentiel. Préciser.
[Gros trou quand il a fallu exprimer l'éclairement. Qu'est-ce qu'on somme, qu'est-ce qui interfère ? Bref, 07/20, aïe !]

66. CCS1.

EXERCICE 1 : ACOUSTIQUE.

On étudie la propagation d'une onde acoustique dans un milieu tel que :

$$p = \frac{1}{\mu_0 \chi_s}\left(\mu_1 + \tau\frac{\partial \mu}{\partial t}\right)$$

où p est la surpression, μ_1 l'écart de masse volumique par rapport à μ_0.

1 - Quelle équation habituelle est remplacée par la relation précédente ?

2 - En utilisant la relation précédente montrer que μ_1 varie avec un temps caractéristique τ quand p passe brutalement de 0 à P_0.

3 - Montrer que l'équation de propagation peut s'écrire :

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - c^2\left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \tau\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}\right)\right) = 0$$

4 - On considère une OPPH allant dans le sens des x croissants. Montrer que la relation de dispersion s'écrit :

$$k^2 = \frac{\omega^2}{1 + j\omega\tau}$$

5 - En déduire la distance d'amortissement de l'onde.

[L'examinateur m'a prévenu quand je suis allé au tableau qu'on passerait un quart d'heure sur le premier exercice pour passer un (sale ? :-)) quart d'heure sur le second. J'ai donc du avorter l'exercice 1 que j'avais pourtant fini pendant la préparation...]

EXERCICE 2 : ELECTROMAGNETISME.

On considère un plan d'équation $x = 0$ de densité de charge surfacique uniforme σ_0. Le plan se déplace à la vitesse $v_0\,\overrightarrow{u_x}$. On note a sa densité de courant (en $C.m^2.s^{-1}$).

1 - Calculer le champ électrique en M d'abscisse X telle que $0 < X < \frac{\sigma_0 v_0}{a}$.

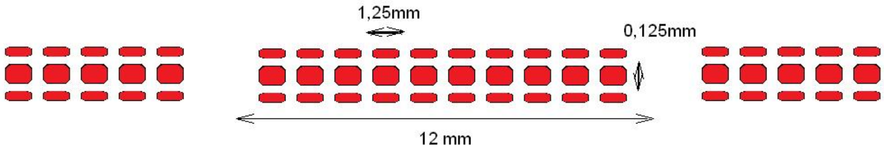
2 - Même question avec le champ magnétique.

3 - Vos résultats sont-ils cohérents avec l'équation de Maxwell -Ampère ?

67. CCS2.

DIFFRACTION –DIFFINT.

Avec le super logiciel qui donne une figure de diffraction, et sur lequel on fait des mesures et des zooms avec le curseur. Les échelles ne sont pas respectées :



On place une source ponctuelle monochromatique (λ = 630 nm) au foyer objet d'une lentille de focale f = 0,25m. On éclaire ainsi une pupille diffractante (simple). On place en sortie un écran dans le plan focal image d'une lentille de focale f' = 1,00 m.

1) Dessiner le montage.
2) Déduire, par une démarche scientifique, la forme et la taille de la pupille.
3) Que devient l'image avec une fente source au lieu d'une source ponctuelle ? Discutez selon l'inclinaison.

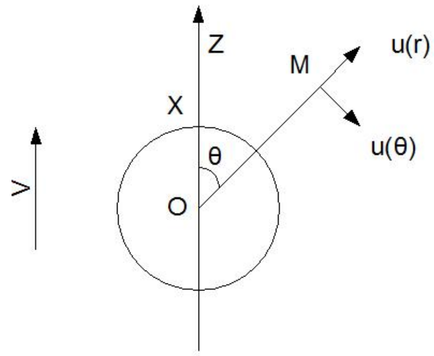
[L'examinateur me posait plusieurs fois les mêmes questions. Il y a eu des silences parce que j'avais l'impression d'avoir tout dit, donc il revenait en arrière. Il m'a demandé de lui rejustifier les longueurs caractéristiques de ma pupille, de lui dessiner l'intensité en fonction de x après diffraction par une fente. A force il a réussi à m'embrouiller et j'ai douté sur un facteur 2. J'ai du redémontrer vite fait la diffraction par une fente, ça avait l'air de l'agacer. J'ai conclu en disant que sinc s'annulait en $\pi/2$ ....]

UTILISER LES TABLES DE TF.

68. CCS1.

EXERCICE 1 : ECOULEMENT D'UN FLUIDE PARFAIT AUTOUR D'UNE SPHERE.

On considère l'écoulement d'un fluide parfait, incompressible, de masse volumique μ constante. Le fluide s'écoule initialement à la vitesse $\vec{V}$ (selon $\vec{u_z}$, orienté vers le haut), dépendant du temps. On introduit une sphère de centre O, de rayon R dans la zone de l'écoulement. On se place en coordonnées sphériques ($\vec{u_r}$, $\vec{u_\theta}$, $\vec{u_\varphi}$) (pour un point $M(r, \theta, \varphi)$, θ désigne l'angle orienté entre OZ et $\vec{u_r}$). Il existe un potentiel $\phi = B\left(r + \frac{A}{r}\right)\cos\theta$ (A et B deux constantes).

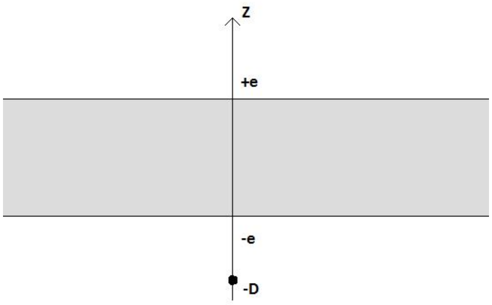


1 - Quelle équation doit vérifier le potentiel ϕ? Montrer, en le décomposant en deux potentiels, que l'expression fournie vérifie bien cette équation.
2 - Calculer A et B.
3 - Tracer les lignes de champ. Définir le nombre de Reynolds. Comment est-il dans cette situation ?
4 - On considère le point $X(r = R$ et $\theta = 0)$. Calculer $\vec{v}$ en X et $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ en X, en fonction de R et $\frac{dV}{dt}$. On note P_X la pression en ce point.
5 - Déterminer P, pression en M(r, θ, φ) en fonction de θ, P_X, μ, $V(t)$ et $\frac{dV}{dt}$ (et peut-être un autre paramètre).

EXERCICE 2 : ELECTROSTATIQUE – MECANIQUE DU POINT.

On considère deux plans infinis en e et $-e$, et entre les deux on place des charges $q > 0$, avec une densité n. On place une charge $q' > 0$ en $-D$ ($-D < -e$).

Déterminer la vitesse à fournir à q' pour qu'elle puisse traverser l'espace délimité par les deux plans.



69. CCS2

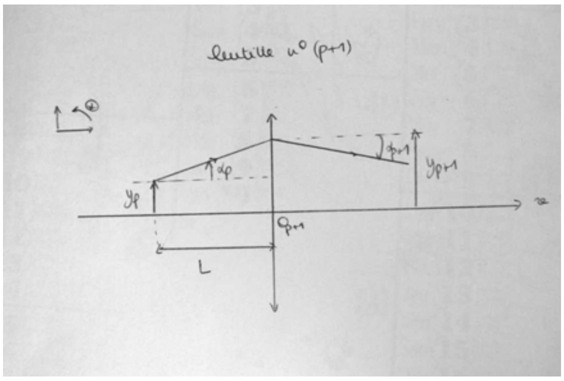
OPTIQUE GEOMETRIQUE – OPTIGEO.

On considère un système de N lentilles convergentes de même axe optique Ox, de même distance focale f' et séparées les unes des autres de la même longueur L.

1 - Rappeler ce que sont les conditions de Gauss de l'optique géométrique.

2 - A l'aide du logiciel, et en faisant varier les distances f' et /ou L, trouver une relation sur L et f' afin que les rayons restent dans les conditions de Gauss.

[L'examinateur m'a montré (très) rapidement comment fonctionnait le logiciel, et nécessairement, au moment de l'utiliser, je n'ai pas réussi à faire varier ce que je voulais ... Bref, j'ai pu quand même conjecturer qu'il fallait L > f' pour rester dans les conditions de Gauss.]



3) On adopte les notations de la figure ci-dessus

a - Établir deux relations entre α_p, α_{p+1}, y_p, y_{p+1} $\begin{pmatrix} y_{p+1} \\ \alpha_{p+1} \end{pmatrix}$ et f'. En déduire une relation matricielle, à écrire sous la forme $\begin{pmatrix} y_{p+1} \\ \alpha_{p+1} \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} y_p \\ \alpha_p \end{pmatrix}$ où M est une matrice 2×2

b - Écrire l'équation aux valeurs propres de M.

c - Soient μ_1 et μ_2 les valeurs propres de M. Montrer que α_p et y_p s'écrivent comme combinaisons linéaires de $\mu_1{}^p$ et $\mu_2{}^p$. En déduire une condition pour que les rayons restent dans les conditions de Gauss. Comparer à l'étude sur ordinateur.

[Il y avait après une dernière question où on supposait cette fois $L \langle\langle f'$, mais que je n'ai pas eu le temps de faire, ni de vraiment lire en fait.]

70. CCS1.

EXERCICE 1 : FLUIDE CONDUCTEUR.

On considère un fluide conducteur plongé dans un champ uniforme et stationnaire $\vec{B_0} = B_0\,\vec{e_z}$.

L'écoulement est parfait et incompressible de masse volumique ρ_0. Cela crée une onde magnétohydrodynamique introduisant des petites variations indicées 1, infiniment petits d'ordre 1.

$$\vec{B} = \vec{B_0} + \vec{B_1}(z,t) \qquad \vec{E}(z,t) = \vec{E_1}(z,t)$$

$$P = P_0 + p_1(z,t) \qquad \vec{v}(z,t) = \vec{v_1}(z,t)$$

On se place dans l'ARQS pour le champ électromagnétique.

1. La loi d'Ohm locale s'écrit : $\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$.

Interpréter chaque terme. En supposant le conducteur parfait, déterminer $\vec{E_1}$ en fonction de $\vec{v_1}$ et $\vec{B_0}$.

2. Donner les équations couplées des différents champs en considérant le milieu globalement neutre. Justifier l'appellation "magnétohydrodynamique" pour l'onde.

3. La dépendance spatio-temporelle de l'onde est décrite par : $e^{i(\omega t - kz)}$. Montrer que $\vec{B}$, $\vec{E}$ et $\vec{v}$ sont transverses et que p_1 est identiquement nulle.

4. Donner la relation de dispersion. On donne $B_0 = 1$ T et $\rho_0 = 7{,}6 \times 10^3$ kg.m^{-3}. Calculer la vitesse de phase.

EXERCICE 2 : DIFFUSION MOLECULAIRE.

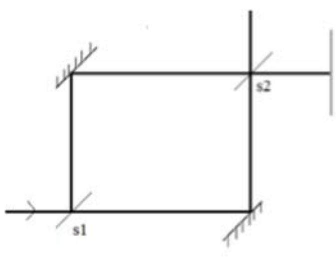
On considère un cylindre de rayon R_1 et de hauteur H, contenant une espèce chimique de concentration c_1 uniforme et stationnaire, recouvert d'une membrane qui forme un cylindre de rayon R_2. A l'extérieur le milieu a une concentration c_2 uniforme et stationnaire. On est en régime stationnaire.

1. Déterminer $c(r)$, la concentration pour $R_1 < r < R_2$.
2. Définir une résistance par analogie électrique.

71. CCS2

INTERFERENCES.

On étudie l'interféromètre suivant éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde 645,1 nm ; le faisceau incident est constitué de rayons parallèles :



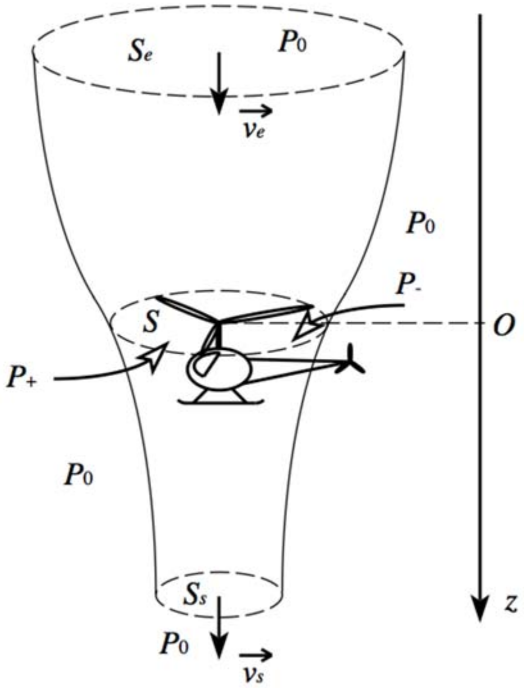
1. Quelle est la couleur de la source ?
2. Donner l'intensité observée sur l'écran.
3. On met une lame de verre d'épaisseur e et d'indice n = 1,5 perpendiculairement au rayon du bras 2. Quelle est la différence de marche ? Donner l'intensité observée sur l'écran.
4. On éclaire maintenant ce nouveau dispositif avec une lumière blanche, et on met un réseau en sortie de 500 traits/mm. Voit-on tous le spectre dans l'ordre 1 ?

[Il m'a posé des questions sur les réseaux, éclairés en lumière blanche et sur la cohérence de deux ondes
5. Une autre question non traitée.]

72. CCS1.

HELICOPTERE.

Un hélicoptère de masse M est en vol stationnaire. L'air qui l'entoure est de masse volumique μ. On suppose les écoulement parfaits, permanents, homogènes et incompressibles. Les pales de l'hélicoptère engendrent un tube de courant représenté ci dessous.



On néglige l'action de la pesanteur sur l'air. On note $\vec{F}$ la force exercée par l'hélice sur l'air. On suppose la vitesse uniforme sur une section $S(z)$ du tube de courant.

1 - Exprimer $P_+ - P_-$ en fonction de μ, v_s et v_e.

2 - En effectuant un bilan de quantité de mouvement pour un système bien défini, donner l'expression de $\vec{F}$ en fonction de L (longueur des pales), μ, v_s, et v_e et $\vec{u_z}$. Commenter.

3.a - En effectuant un bilan de quantité de mouvement pour un système plus étendu spatialement, exprimer $\vec{F}$ en fonction de D_v (débit volumique), μ, v_s, et v_e.

3.b - En déduire l'expression de la vitesse v_p au niveau des pales de l'hélicoptère et celle de la puissance $\mathcal{P}$ fournie à l'air par ces pales.

3.c - Donner une relation entre S_s, S_e et L.

4.a - Le moteur fournit aux pales une puissance $\mathcal{P}'$ avec un rendement η. Déterminer une équation vérifiée par F que l'on ne cherchera pas à résoudre, avec les paramètres v_e, , $\mathcal{P}'$, η, D_v et μ (certainement un autre paramètre que j'ai oublié)

[Autres questions non traitées, notamment une A.N.]

73. CCS1.

Exercice 1 : Thermodynamique.

Soit une cuve de hauteur h, remplie d'un liquide de masse volumique μ. Il se forme au fond de la cuve en un point A une bulle d'air, qui a en ce point un rayon r_0 et une masse volumique μ_0.

I - On suppose que le rayon de la bulle est constant au cours de sa remontée.

1 - Trouver l'équation du mouvement de la bulle.
2 - Montrer qu'elle atteint une vitesse limite.
3 - Calculer le temps de remontée t_1, en supposant la vitesse limite rapidement atteinte.

II - On ne suppose plus le rayon de la bulle constant mais on fait les hypothèses suivantes :
- le gaz dans la bulle est parfait,
- la température dans la bulle constante.

1 - Exprimer la pression P_A dans la bulle au point A en fonction de μ_0.
2 - En déduire la loi $P(z)$ d'évolution de la pression dans la bulle en fonction de P_A, μ, g et z.
3 - Exprimer le volume $V(z)$ de la bulle en fonction de V_A, P_A, μ, g et z puis son rayon $r(z)$ en fonction de r_0, P_A, μ, g.
4 - Trouver la loi $v_{lim}(z)$.
5 - Trouver le temps de remontée t_2, et montrer que $t_2 = \frac{3}{5} t_1 \frac{1 - x^{\frac{5}{2}}}{1 - x}$, où $x = \frac{P_0}{P_A}$. Comparer avec t_1.

Un gros parallélépipède avec des parois adiabatiques est séparé en deux compartiments de volumes égaux (V_0 = 0,025 cm^3) par un piston diatherme. Dans l'état initial, le compartiment gauche est dans l'état (P_1, T_0, V_0) et celui de droite dans l'état ($3P_1$, T_0, V_0).
Je suggère de supposer que les compartiments contiennent un gaz parfait.
Comme aucune action n'est décrite, on peut supposer qu'on libère le piston (on pourrait aussi l'ôter)

1) Caractériser l'état final (T, P)
2) Calculez l'entropie créée.

[Examinateur normal, juste sur la diffraction il n'avait pas les mêmes notations que moi et ça le tracassait de temps en temps.]

SOMMAIRE