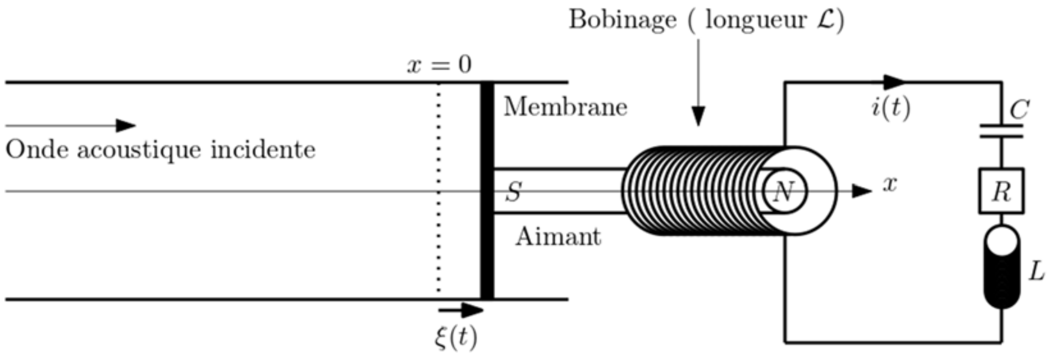
CENTRALE.

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 , dans la majorité des cas, il s'agit de Python.

1. CCS1 (2022, BERGER – 12/20)



Une onde acoustique (OPPM+) de fréquence f arrive sur une membrane qui, à l'équilibre est en $x = 0$. Sous l'effet de l'onde acoustique, la membrane vibre : on note $\xi(t)$ sa position. On admet que la fem induite par les mouvements de la membrane est :

$$e = -B\,\mathcal{L}\frac{d\xi}{dt}$$

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par i.
2. On note r le coefficient de réflexion en vitesse de l'onde acoustique, montrer que :
$$\frac{1+r}{1-r} = \frac{A}{A+j\mathrm{B}}$$
   Expliciter A et B

2. CCS2(2022, FABRE – 12/20)

On considère un cylindre, d'axe (Oz), de rayon R, de hauteur H, de conductivité γ, que l'on place dans un solénoïde d'axe (Oz), comportant n spires par unité de longueur et parcouru par un courant $i(t) = I_0 \cos \omega t$.

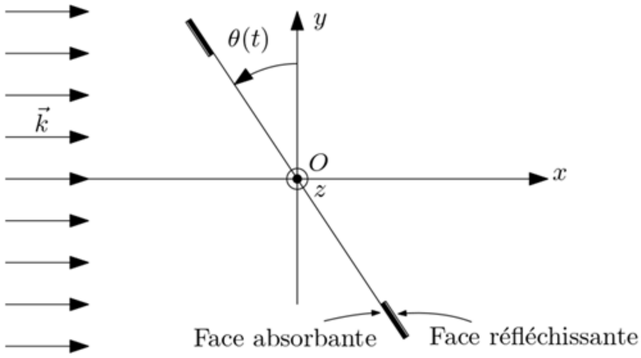
1. Déterminer $\vec{B}$ dans le solénoïde.
2. Expliquer l'apparition d'un champ électrique $\vec{E}$ dirigé suivant $\vec{e}_\theta$, le calculer.
3. Déterminer le vecteur densité de courant électrique en tout point du cylindre. Commenter son signe.
4. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule.

5. La température à l'extérieure du cylindre est supposée uniforme et constante dans le temps, elle est notée T_0. De même la température dans le cylindre est supposée uniforme , elle est notée $T(t)$. On tient compte des échanges conducto-convectifs entre le cylindre et l'air extérieur. Déterminer $T(t)$.
6. Reprendre la question précédente en considérant que la température T n'est plus uniforme.

[Examinateur rude qui n'aide pas beaucoup]

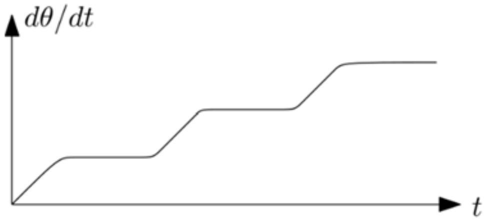
3. CCS1 (2022, Taton – 13/20)

Pour mesurer le rayonnement reçu par un satellite, on s'équipe du dispositif suivant :



Il s'agit d'une tige de masse négligeable de longueur $2R$ sur laquelle, en chaque extrémité est fixé un disque de rayon $r \ll R$ avec une face parfaitement réfléchissante et une face parfaitement absorbante. Une OPPMR, d'amplitude E_0, se dirigeant suivant (Ox) et polarisée suivant (Oy) arrive sur le dispositif.

1. Soit n^* la densité volumique de photons, montrer l'égalité suivante : $n^* \frac{hc^2}{\lambda} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c}$
2. On donne une représentation graphique de $\frac{d\theta}{dt}$ en fonction de t. Expliquer comment obtenir E_0.



4. CCS2 (2022, Goue-12/20)

Document expliquant le principe du détendeur (descente en rappel) et page Wiki sur les propriétés physique de l'aluminium.

1. Déterminer les odg de :
- La masse du détendeur,
- La capacité thermique du détendeur,
- La vitesse de descente de l'alpiniste en rappel
- La masse de l'alpiniste et du baudrier
- La hauteur de la falaise
2. On suppose que la température de l'alpiniste ne varie pas et on néglige les échanges thermiques avec l'atmosphère. On suppose que la température du descendeur reste uniforme. Déterminer la température finale du descendeur après la descente.
3. Estimer numériquement si l'hypothèse d'uniformité du descendeur est cohérente.
4. Reprendre la question 3. en tenant compte des échanges conducto-convectifs.

Propriétés physiques du corps simple	
État ordinaire	solide
Masse volumique	2,698 9 g·cm^{-3} [3]
Système cristallin	Cubique à faces centrées
Dureté (Mohs)	1,5
Couleur	blanc lustre métallique
Point de fusion	660,323 °C (congélation) [4]
Point d'ébullition	2 519 °C [3]
Énergie de fusion	10,79 kJ·mol^{-1}
Énergie de vaporisation	294 kJ·mol^{-1} (1 atm, 2 519 °C) [3]
Volume molaire	10,00×10^{-6} m^3·mol^{-1}
Pression de vapeur	2,42×10^{-6} Pa
Vitesse du son	6 400 m·s^{-1} à 20 °C
Chaleur massique	897 J·K^{-1}·kg^{-1} (solide, à 298 K) [5] [+]
Conductivité électrique	37,7×10^6 S·m^{-1}
Conductivité thermique	237 W·m^{-1}·K^{-1}

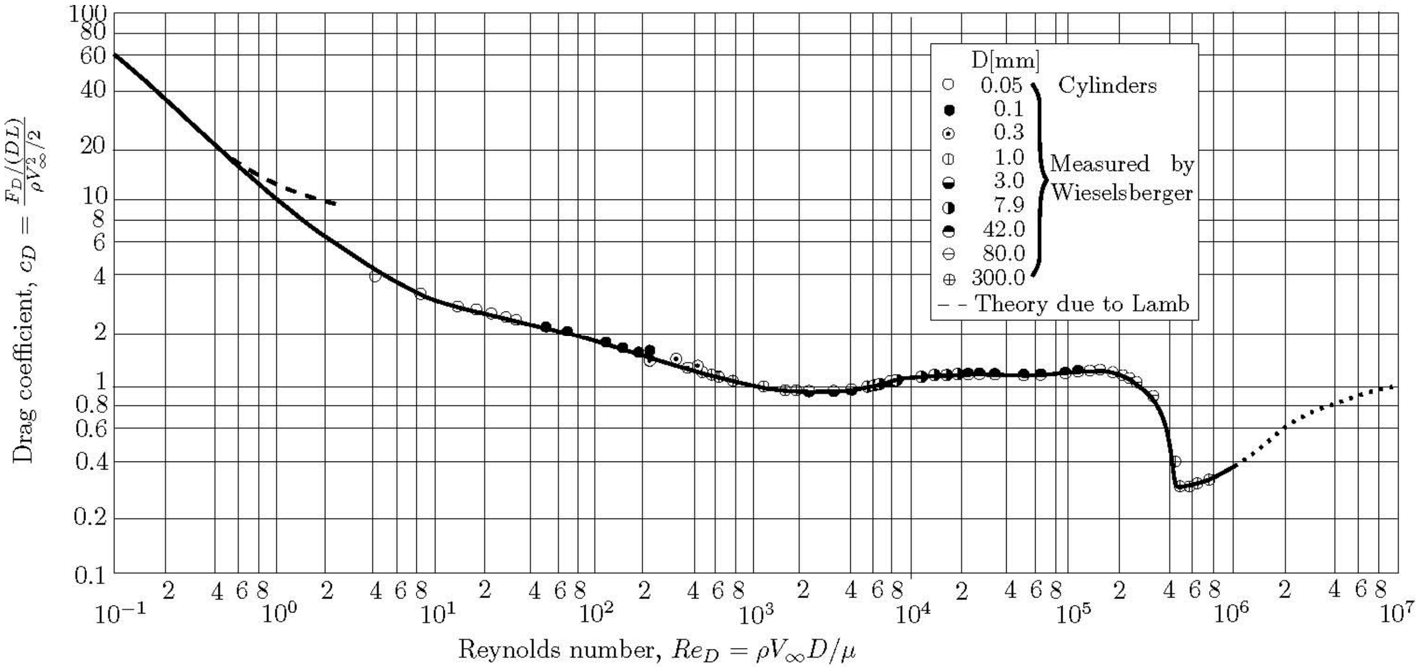
5. CCS1(2022, RIGAUD – 11/20)

Sur Mars, une fusée est assimilée à un cylindre posé sur une surface. Il y a des vents violents avec des vitesses pouvant atteindre 150 km/h.

1. Déterminer les conditions de basculement de la fusée.
2. Comparer les cas martien et terrestre

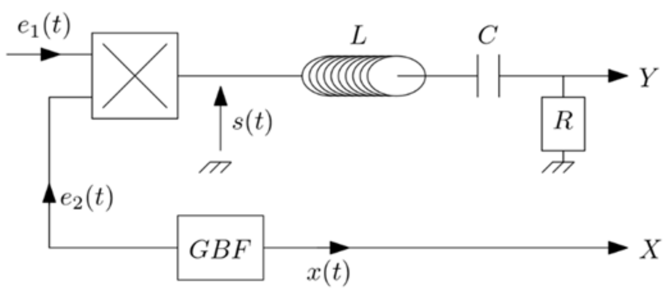
Données :

- H=20m ; R=5m ; m=10 tonnes
- $\rho_{mars} = 1.84 \times 10^{-2} kg.m^{-3}; M_{mars} = 42.6 g.mol^{-1}, \eta_{mars} = 1.1 \times 10^{-5} Pl$
- $\rho_{terre} = 1.3\ kg.m^{-3}; M_{terre} = 29 g.mol^{-1}, \eta_{terre} = 1.8 \times 10^{-5} Pl$



6. CCS1 (2022, DEBARGE – 11/20)

On considère le montage suivant :



Où :

- $e_1(t)$ est une fonction créneau de fréquence f_1 =1kHz
- $e_2(t) = A\sin(2\pi f(t)t)$ est une tension wobbulée
- $s(t) = Ke_1(t)e_2(t)$
- $x(t) = K' f(t)$
- $f(t) = f_{min} + \frac{(f_{max}-f_{min})t}{T_w}$

- La fréquence de résonance du filtre passe-bande est de 500 Hz
- L'oscilloscope est utilisé en mode XY

1. Si $T_w f_1 \gg 1$, qu'observe-t-on à l'oscilloscope ?
2. A quelle condition observe-t-on un dédoublement ?

[L'examinateur m'a fait retrouver la fonction de transfert du filtre passe-bande]

7. CCS2 (2022, Sorel – 13/20)

On étudie les phénomènes de diffusion/convection du CO_2 dans l'air. On note D la diffusivité du CO_2 dans l'air.

1. Donner l'équation différentielle vérifiée par la concentration particulaire $c(x,t)$ à 1D. Généraliser à 3D puis aux coordonnées sphériques.
   Pour la suite, on se placera en RS et on considère une source sphérique de CO_2 de centre O, de rayon a (CL : $c(r=a) = c_0$). On note α le nombre de molécule de CO_2 produit par unité de temps et de volume dans l'air. On suppose que loin de la source, la concentration en CO_2 est constante (c_∞).
2. Donner l'équation différentielle vérifiée par $c(r)$.
3. Dans le cas où l'air est au repos, on a : $D = cste$. En déduire $c(r)$.
4. Dans le cas où il y a de la turbulence , on admet que : $D = u^* r$
   a. Quelle est la signification de u^* ?
   b. Déterminer $c(r)$.

8. CCS1(2022, Muraille – 12/20)

Un physicien constate qu'en régime stationnaire, la température de l'eau de sa douche est directement fonction du débit. Il étudie alors la conduite reliant la chaudière à la douche (de longueur L, de rayon R et de conductivité thermique par unité de longueur g_{th}. On note T_e la température ambiante et T_0 la température de l'eau à la sortie de la chaudière.

Lorsqu'il fait fonctionner sa douche à débit maximal, il constate une baisse de température ΔT en sortie de tuyau. Quelle est la chute de température à débit moitié ?

Données : $\rho = 10^3 kg/m^3$; $\lambda = 0.571 W.m^{-1}.K^{-1}$; $c_p = 4.18\ kJ.Kg^{-1}.K^{-1}$; $\eta = 1.39 . 10^{-3}\ Pa.s$

Il manque des informations pour traiter le sujet, je propose un petit complément :

- **Le nombre de Reynolds** $R_e = \frac{\rho \bar{v} D}{\eta}$ qui caractérise l'écoulement et que l'on a déjà rencontré en mécanique des fluides [3] .
- **Le nombre de Prandtl** $P_r = \frac{\eta c_p}{\lambda}$. Plus le nombre de Prandtl est élevé, plus la diffusion de masse domine devant la diffusion de chaleur.
- **Le nombre de Nusselt** $N_u = \frac{hD}{\lambda}$. Plus le nombre de Nusselt est important plus le transfert par convection domine devant le transfert par conduction.

D'après le théorème Π, on a

$$\boxed{N_u = f(R_e, P_r) \quad \Longrightarrow \quad h = \frac{\lambda}{D} f(R_e, P_r)} \tag{5}$$

La fonction f peut être déterminée de façon empirique ou numérique. Par exemple, pour les fluides usuels et lorsque le régime turbulent est établi, on obtient

$$N_u = 0,023\, R_e^{0,8}\, P_r^{1/3} \quad \text{si } P_r \geq 0,5 \tag{6}$$

9. CCS1(2022, Barut-6/20, Bellier – 11/20)

On étudie un quantum de masse m dans un espace 1D de potentiel $V(x)$. On cherche les fonctions d'onde des états stationnaires sous la forme :

$$\phi(x) = \exp i\left(\frac{S(x)}{\hbar}\right) \, avec \, S(x) = \sum_k \sigma_k(x)$$

Soit à l'ordre 1 :

$$S(x) = \sigma_0(x) + \frac{\hbar}{i}\sigma_1(x)$$

1. Donner la relation entre $E, V(x)$ et p.
2. A partir de l'équation de Schrödinger en RS, établir que :
$$2\sigma_0'(x)\sigma_1(x) + \sigma_0''(x)$$
$$\sigma_0'(x) = \pm p(x)$$
[long et pénible]
3. Retrouver alors :
$$\phi(x) = A(E - C_1)\exp i\left[\int_0^x p(u)du\right] + B(E - C_2)\exp(-i)\left[\int_0^x p(u)du\right]$$
[Je n'y arrive pas]
4. Application à la marche de potentiel.

10. CCS2(2022, Barut - 5/20)

Document 1 sur le chouette Harfang, les points essentiels :

- Masse d'une chouette adulte entre 1 et 2.5 kg ; masse d'une chouette enfant de 45 g à la naissance.
- Une chouette mange 1300 lemmings par an
- Conductivité thermique du plumage : $\lambda = 3.3 \times 10^{-2} W/m/K$

Document 2 : Modélisation de la chouette : on la modélise par une sphère de rayon R, de température uniforme $T_i = 38°C$, de masse volumique μ, de chaleur massique c, entourée par une couche de plume, toujours à symétrie sphérique d'épaisseur $e = 3\ cm$ et de conductivité thermique λ.

1. Donner l'équation de diffusion thermique 1D. Généraliser à 3D. Application à la chouette (les opérateurs sphériques étaient donnés).
2. Dans le document 1, les dimensions caractéristiques des chouettes adultes et enfants étaient données, en assimilant μ à la masse volumique de l'eau, il fallait proposer un rayon caractéristique dans les deux cas.
3. Calculer le flux thermique de la chouette, la température de l'air à l'extérieur étant de -50°C.
4. Reprendre le calcul en prenant en compte le rayonnement thermique et le flux conducto-convectif.

11. CCS1(2022, Escande – 13/20)

Un bouchon de champagne peut décoller à 100 km/h : vérifier cette affirmation.

Données :

- Rayon et hauteur du bouchon
- Coefficient de frottement dynamique entre le liège et le verre
- Graphe donnant $f(t) = \cosh(\alpha t) - 1$

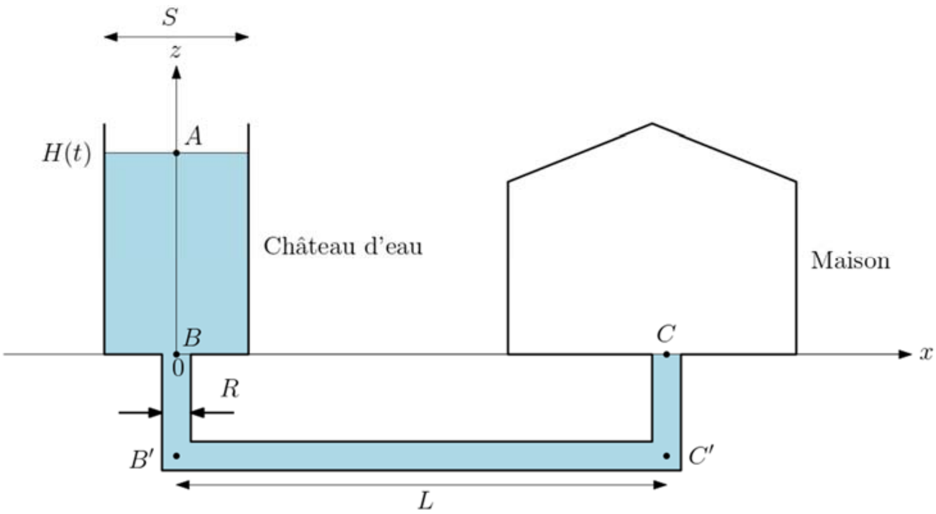
Indications :

- On introduit z l'altitude du bas du bouchon (à $t = 0, z = 0$).

- Décomposer la surface du bouchon en méso-surface dS, de hauteur $H - z$, de longueur d'arc élémentaire $Rd\theta$
- La composante normale des forces de contact agissant sur dS est due à l'action réciproque du bouchon qui est comprimé et est donc proportionnelle à dS.

12. CCS1(2022, DELHAIE -)

On considère un château d'eau qui alimente des maisons en eau :

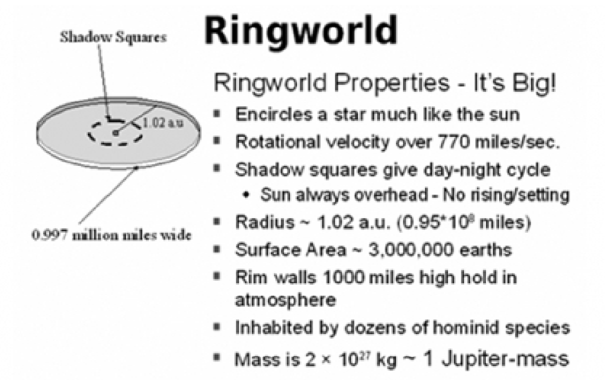


1. Avec un modèle simple, calculer P_B.
2. On considère l'écoulement dans la conduite. Montrer que : $D_v \propto \Delta P = P_B - P_c$.
3. Quelle est la distance entre le château d'eau et la maison la plus éloignée ?
4. Déterminer $H(t)$ en considérant que seule une maison est alimentée en eau.

13. CCS1(2022, BELLIER - 11/20)

L'**Anneau-Monde** (titre original : Ringworld) est un roman de science-fiction de l'auteur américain Larry Niven, paru aux États-Unis en 1970 .

1. Déterminer la période de rotation de l'anneau pour que la gravité sur l'anneau soit identique à celle sur terre. Commenter. Il fallait redémontrer la troisième loi de Kepler.
2. L'anneau d'ombre, immobile dans le référentiel de l'étoile, est une succession de carrés créant le jour et la nuit. Combien faut-il de carrés pour que la durée d'un jour entier soit de 24h ?
3. Quelle est la force exercée par l'étoile sur l'anneau ? Commenter.

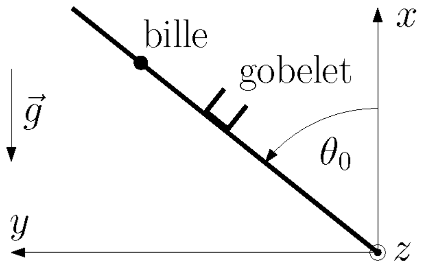


14. CCS1 – CCS2 (2022, FENOLL 9/20 ; 2021 TATON 7/20 ; 2021 LAZAROO 10/20 ; 2017 LESBRE 13/20)

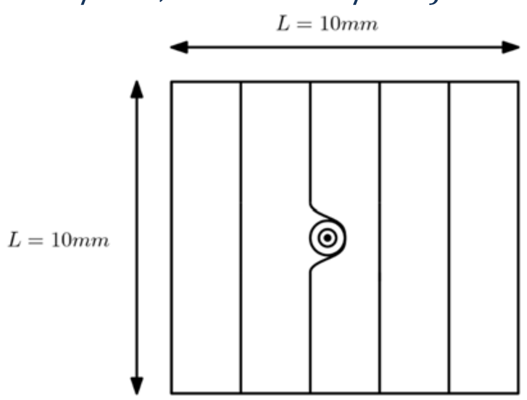
Une barre de masse M, de longueur L est libre de rotation autour de l'axe (Oz). Une bille, de masse $m \ll M$, est logée dans une petite cavité à une distance αL de l'axe de rotation. Un gobelet, dont on néglige la masse, est fixé sur la barre à une distance $\alpha L \sin\theta_0$ de l'axe de rotation. A $t = 0$, on lâche la barre. A quelle condition la bille tombe-t-elle dans le gobelet ?

[Taton : Je m'étais d'abord placé en coordonnées cartésiennes mais l'examinateur m'a conseillé de me placer en coordonnées cylindriques ce qui m'a un peu perdue. J'avais commencé par un PFD et on est resté dans cette lancée, mais je n'ai pas compris comment annuler la réaction du support. L'examinateur était sec et ne parlait pas beaucoup.]

[Lesbre : Examinateur correct mais assez sec, laisse 2-3 minutes pour lire le sujet (pas le droit d'écrire). J'ai fait une approche qualitative, mais j'ai un peu bloqué sur la simplification du PFD (r constant car on se place au début de la chute) : je ne comprenais pas s'il voulait que je détermine l'équation à t quelconque ou bien simplement au début de la chute.]



15. CCS1 (2022, Benart - 12/20 ; Wang -15/20)



On observe la figure d'interférences ci-dessus à l'aide d'un Michelson réglé en coin d'air.

1. On donne $\lambda = 589\ nm$; $f' = 25\ cm$. Sachant que la lentille est placée à 35 cm, déterminer la position de la lentille par rapport à l'interféromètre ; α et le grandissement γ.
2. Caractériser au maximum le défaut.

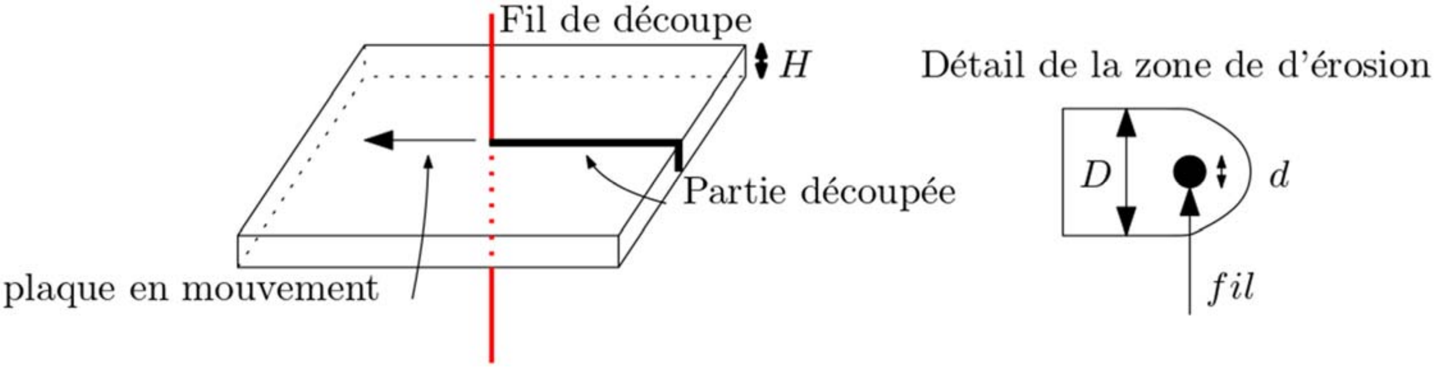
16. CCS2 (2022, Wang -13/20)

On s'intéresse au grille-pain et au frigo.

1. On considère une tranche de pain carrée (a), d'épaisseur $e \ll a$.
   a. On introduit le flux conducto-convectif et la loi de Stefan (avec l'émissivité d'un fil du grille-pain $\varepsilon = 0.3$). Moyennant quelques approximations, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la température T de la tranche de pain est de la forme :
   $$\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_\infty}{\tau}$$
   b. Résoudre cette équation différentielle en tenant compte des CI.
   c. A partir du document donner les odg de T_∞ et τ.
   d. En combien de temps la tartine est-elle complètement grillée ? (à partir des données du document).
   e. Quel est le principal défaut du modèle ?
2. On s'intéresse au frigo.
   a. On donne $P_{moy} = 350\ kWh/an$ du frigo en mode turbo. Définir et calculer l'efficacité maximale du frigo pour $T_c = 20°C$ et $T_f = -18°C$.
   b. Calculer l'odg de R_{th} du frigo à partir des données.

17. CCS1 (2022, Hennebert – 8/20)

On considère le dispositif suivant :



1. Déterminer le champ $\vec{E}$ dans la zone d'érosion.
2. Pour que l'arc électrique perce la plaque, le champ doit avoir une valeur supérieure à $E_{arc} = 100\ kV/cm$. Déterminer la tension minimale à appliquer au fil ($D = 10\ \mu m$; $d = 5\ \mu m$).

18. CCS2 (2022, hennebert - 4/20)

Document avec un historique sur Newton, Kepler…

1. Enoncer les trois lois de Newton et définir la force d'interaction gravitationnelle.
2. Enoncer la première loi de Kepler ;
3. On considère le soleil S et une planète P et un repère cartésien de centre le soleil. Projeter cette force dans le repère cartésien.
4. On donne les conditions initiales suivante : $x(0) = 0.5$; $y(0) = 0$; $v_x(0) = 0$; $v_y(0) = 0.165$ (en SI avec GM=1 SI). Déterminer a_x et a_y à l'instant initial.
5. Compléter le code python permettant de tracer la trajectoire en précisant les CI et les listes donnant a_x et a_y à l'instant initial.
6. Enoncer la troisième loi de Kepler et compléter le code ci-dessus pour déterminer a à l'aide des fonctions min et max et déterminer T. Cela valide-t-il la troisième loi de Kepler ?

19. CCS1(2022, Laillier – 11/20)

On étudie un ballon d'Hélium dans l'atmosphère ($\rho_{air} = 1.3\ kg/m^3$; $\rho_{He} = 0.18\ kg/m^3$; épaisseur du ballon : $e = 0.01cm$)

1. La masse de l'enveloppe du ballon est $m = 2g$. Quel doit être le rayon minimal du ballon pour qu'il flotte ?
2. Un ballon de rayon $R = 23\ cm$ arrête de flotter au bout de 4heures. Evaluer le coefficient de diffusion de l'hélium à travers la membrane.
   [J'ai proposé un modèle sphérique puis 1D car la membrane était très fine. Je voulais faire un bilan de particules en RS mais il voulait que je fasse autre chose… qui était exactement la démo du SVF et exactement ce que je voulais faire, bref : je n'ai pas compris pourquoi il m'a arrêtée au début.
3. Comparer les résultats du modèle développé précédemment aux données internet.

20. CCS2 (2022, Laillier – 15/20)

On cherche à déterminer la vitesse du son dans l'argon (Z=18) à $T = 0°C$.

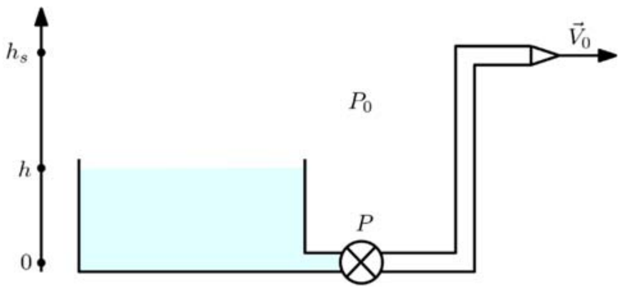
Données :

- Tableau avec isotopes de l'argon (abondance isotopique et masse molaire),
- Masse molaire moyenne de l'argon : $M = 39{,}948\ g/mol$,
- A l'&équilibre (pas d'onde), on a P_0, T_0, ρ_0

1. Définir l'approximation acoustique.
   [J'ai oublié de parler de la vitesse avant/après et donc il m'a fait revenir dessus]
2. Démontrer l'équation de d'Alembert
   [Je suis passée par Euler et j'ai passé vite le fait que l'on négligeait les termes supérieurs à 1 : il m'a fait redémontrer que $\chi_0 = \frac{\mu_1}{\mu_0 P_1}$]
3. On suppose que l'argon est un GPM, exprimer la célérité de l'onde.
   [J'ai perdu du temps avec $\chi_0 = \frac{1}{\gamma P_0}$]
4. On se place dans une cavité acoustique de longueur L dont les extrémités sont liées à des impédances infinies.
   a. Déterminer les fréquences de résonance f_n.
   b. Calculer f_1
5. On considère une cavité sphérique (sphère pulsante de rayon r_c). On cherche les solutions à symétrie sphérique :
   $$\rho(M,t) = \rho(r,t)$$
   Et on pose :
   $$p(r,t) = \frac{1}{r} f(r,t)$$
   Déterminer l' équation vérifiée par $f(r,t)$
   [On trouve l'équation de d'Alembert 1D]
6. En déduire le champ des vitesses.

[D'autres questions Python non abordées. Examinateur très cool qui met en confiance et souriant, grand, pas très vieux, voix aigüe]

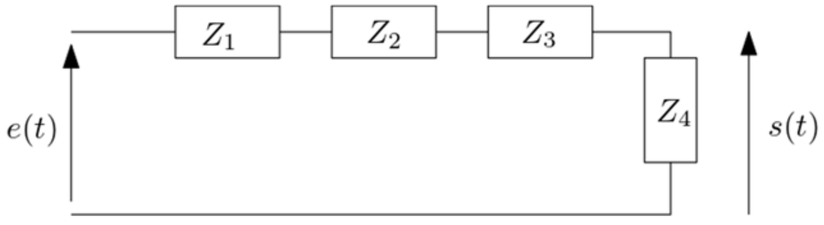
21. CCS1(2022, Ben – 14/20)



1. Déterminer la puissance de la pompe P en fonction notamment de V_0.
2. Déterminer la force exercée par l'eau sur l'embout.

22. CCS2(2022, Ben – 16/20)

On dispose d'un circuit comprenant 4 dipôles inconnus, alimenté par un générateur de tension idéal : $e(t) = E\cos\omega t$.

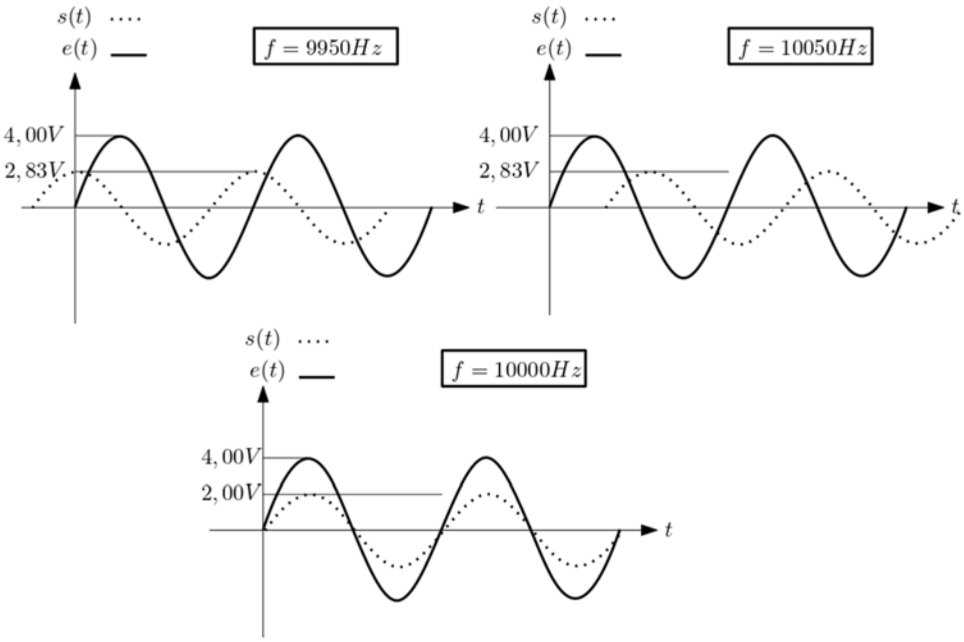


On sait que parmi les dipôles, on a 2 résistances, une capacité et une inductance.

On relève les chronogrammes suivants (voir page suivante).

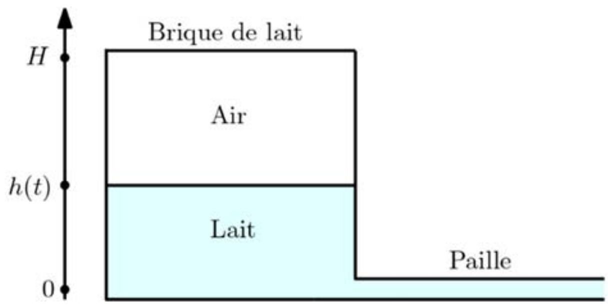
1. Quelle est la nature du filtre ?
2. Montrer que $R_1 = R_2$
3. Etablir la fonction de transfert du filtre, la mettre sous forme canonique, expliciter Q et ω_0 .
4. Donner l'équation différentielle reliant la sortie et l'entrée.

5. Tracer le diagramme de Bode et gain et en phase, déterminer les pulsations de coupure.
   [D'autres questions que je n'ai pas traitées]

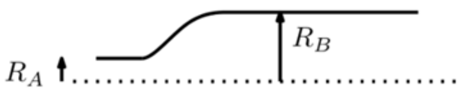


23. CCS1 (2022, Martinaggi 13/20)

On considère une brique de lait :



1. Montrer que la brique de lait peut se vider.
2. On donne le « vrai » profil de la paille sur le schéma ci-dessous. Déterminer la force exercée par l'eau sur la paille.
3. Reprendre le calcul de la question 1. en tenant compte de cette force.

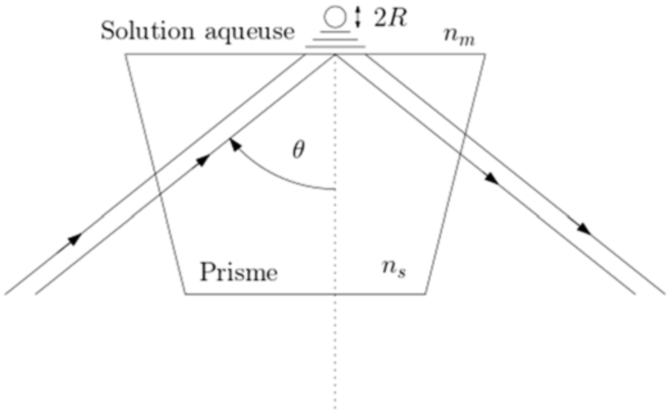


Profil de la paille

24. CCS2 (2022, Martinaggi 11/20)

On donne :

- $n_s = 1.5$ = indice du prisme
- $n_m = 1.33$ = indice de la solution
- R = rayon de la bille de polystyrène



-

1. A quoi sert le prisme ? Calculer l'angle θ_c de réfraction limite.
2. On mobilise le Laser par une OPPM, proposer une forme pour les champs électriques incidents, réfléchis et transmis.
3. En utilisant la continuité de $\vec{B}$, montrer que :

$$k_{tx} = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_s \sin i$$

4. Déterminer k_{tz}, conclure.
5. Calculer $\langle E_t^2 \rangle$. Ecrire un script python pour tracer $\langle E_t^2 \rangle$. Est-ce cohérent avec le texte introductif ?

25. CCS1 (2021, WANG 9/20)

On considère un grêlon, dont la température reste inférieure à la température de fusion de l'eau, en chute libre dans une atmosphère isotherme. Déterminer l'évolution du rayon du grêlon au cours de sa chute.

26. CCS2 (2021, WANG 10/20)

1. Soit un interféromètre de Michelson : préciser le principe de cet appareil et les réglages à effectuer pour une utilisation en lame d'air.
2. Définir et caractériser la résolution de vernier.
3. On utilise une lampe à incandescence : quelles sont les caractéristiques de cette source de lumière ? Qu'observe-t-on au contact optique ?
4. L'épaisseur du coin d'air de de 5 µm. Déterminer le nombre N de longueurs d'ondes éteintes (les longueurs d'onde extrêmes du spectre de la lumière blanche étant 400 nm et 700 nm),
5. On disposait d'un code python permettant de remonter à l'épaisseur e connaissant le nombre N et de différents graphes représentants différents spectres cannelés Il fallait à chaque fois remonter à l'épaisseur en déterminant N pour chaque graphe.

Question supplémentaire : en fonction de l'allure des différents spectres cannelés, prévoir si l'on était plus ou moins proche du contact optique.

6. Au contact optique, on insère une lame de verre d'indice n et d'épaisseur e. On obtient à nouveau un spectre cannelé. Déduire l'épaisseur de la lame de verre.

27. CCS1 (2021 DE TADDEO 12/20)

On considère un saxophone (pavillon acoustique de section $S(x)$) est fermé en O et ouvert en L.

1. Etablir l'équation de propagation

2. La forme du saxophone est un cône de sommet O et de demi-angle au sommet α. Simplifier l'équation de propagation

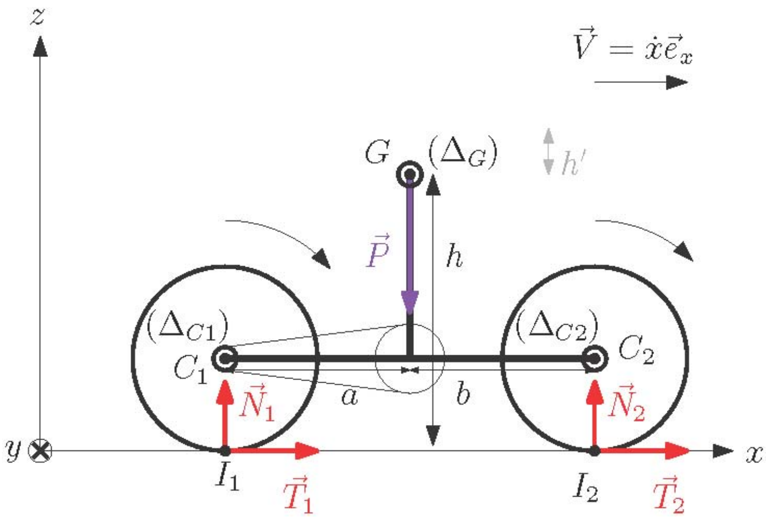
3. Proposer des solutions pour cette équation.

28. CCS2 (2021 De Taddeo 8/20)

On considère le système {vélo, cycliste}. Le cycliste pédale avec une puissance P et à une fréquence ν. Le pédalier comporte 51 dents et le pignon 14 dents. Soit f le coefficient de frottement dynamique au niveau des roues. Les autres frottements sont négligés.

1. Soit Γ le couple fourni par le cycliste au pédalier. Sachant que toute la puissance est transmise au pignon, donner la relation entre P, Γ et ω la vitesse angulaire de rotation du pédalier, puis entre Γ_r le couple fourni à la roue, Γ et n (le rapport entre le nombre de dents du pédalier et du pignon). On précise que les rayons du pédalier et du pignon sont proportionnels à leur nombre de dents.
2. Appliquer le TMC à la roue avant et arrière sachant que les roues sont des disques de même rayon et de masse négligeable.
3. Appliquer le TRC et le TMC (Au centre d'inertie du système) et déterminer le rapport N_2/T_2.

[Sujet très détaillé avec beaucoup de documentation à lire + une vidéo. Examinateur très sympathique près à aider]



29. CCS1 (2021 : Broussoux 9/20)

1. Donner la définition d'un référentiel galiléen. Qu'est-ce qu'une force d'inertie ? Définir le poids d'un objet. Dépend-il du référentiel ?

2. Dans toute la suite, le référentiel terrestre est supposé galiléen. Un avion roule sur le «runway» (piste de décollage), avec une accélération constante. Il parcourt une distance L=1200m avant de décoller, à la vitesse V_d=280km/h. Exprimer le poids d'une personne de masse m=75kg dans cet avion. Commenter.

3. Toujours dans le même avion, un enfant tient un ballon à hélium -exceptionnellement autorisé à bord de l'avion- au bout d'un fil de masse négligeable. Comment le fil est-il orienté une fois le ballon à l'équilibre dans l'avion ?

4. On suppose que l'air atteint une situation d'équilibre presque instantanément à la mise en mouvement de l'avion. Le fil du ballon étant initialement vertical, sur la base d'ordre de grandeurs raisonnables, estimer si le ballon a le temps d'arriver à l'équilibre avant le décollage de l'avion.

   On adoptera la formule de Stokes pour modéliser la force de frottement exercée par l'air sur le ballon : $\vec{F} = -6\pi\eta R\vec{v}$ où R est le rayon du ballon, $\vec{v}$ sa vitesse dans le référentiel lié à l'avion et η=1,6.10^{-5} N.m^{-2}.s, le coefficient de viscosité dynamique de l'air.

30. CCS2 (2021 Broussoux 10/20, 2021 Martinaggi 5.5/20)

On étudie le mouvement d'une particule quantique dans le potentiel V(x) (marche de potentiel défini par :
$V(x) = 0$ si $x < 0$
$V(x) = V_o$ si $x > 0$
Une source envoie depuis $-\infty$ un faisceau de particules quantiques, constitué d'un mélange de deux isotopes. On souhaite utiliser le phénomène de réflexion sur la marche de potentiel pour modifier la composition isotopique du mélange.

1) Expliquer pourquoi il est nécessaire que l'énergie E des particules quantiques soit supérieure à la hauteur de la marche de potentiel V_o si l'on veut modifier la composition isotopique du mélange. Prévoir qualitativement si le faisceau réfléchi est plus riche ou plus pauvre en isotope de plus grande masse.

2) Les particules ont une masse m_i ($i = 1$ ou 2) et une énergie $E_i > V_o$. Déterminer la probabilité de réflexion R_i d'une particule quantique par la marche de potentiel.

3) Toutes les particules quantiques sont envoyées à la même vitesse. Exprimer le rapport $\frac{R_1}{R_2}$ en fonction du rapport des masses $\frac{m_1}{m_2}$. On se placera dans le cas $E_i \gg V_o$.

31. CCS1 (2021 Boistel 16/20)

On plonge un morceau de fer dans cuve de dioxyde de carbone. Après l'avoir adsorbé totalement en surface, la concentration de CO_2 à la surface du fer est C_0. Le CO_2 diffuse ensuite dans le métal jusqu'à atteindre la concentration C_s en régime permanent ($C_s > C_0$).Pour simplifier, on suppose un problème unidimensionnel.

1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $C(x,t)$.
2.

a) On note $u = \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$. Vérifier que erf (u) vérifie cette équation.

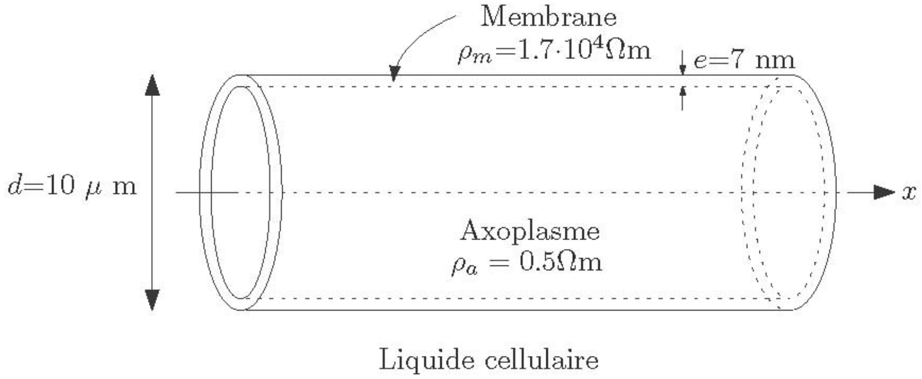
b) On pose $C(x,t) = A + B\,\text{erf}(u)$. Déterminer A et B.

3. Déterminer le temps pour que $C = \frac{C_0}{2}$ à 1 mm de la surface à 900°C.

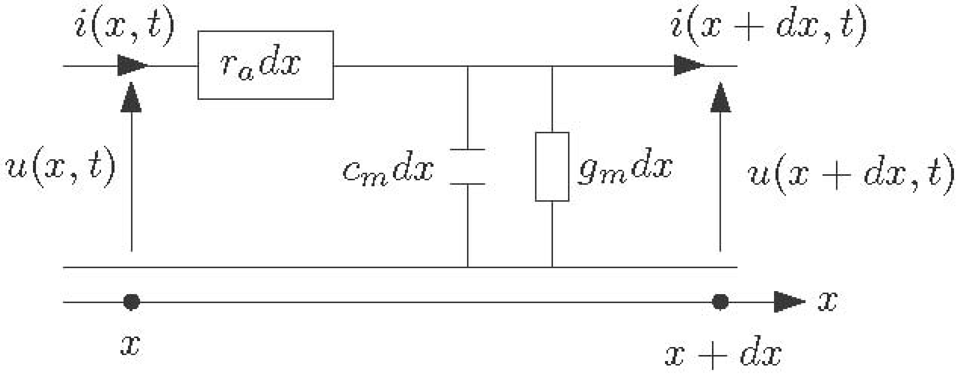
On donne : $D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$; $\text{erf}(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^x \exp(-t^2)\,dt$

32. CCS2 (2021 Boistel 16/20)

On modélise les axones par des membranes remplies d'un fluide appelé axoplasme qui baignent dans un liquide cellulaire :



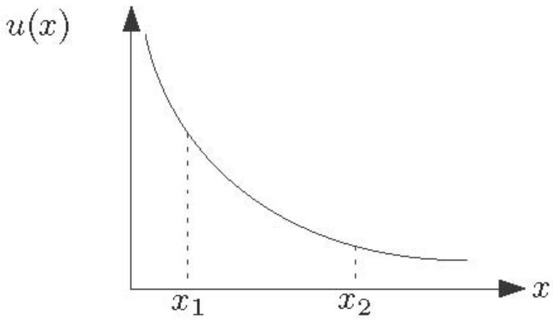
On a une différence de potentiel de -70 mV entre le liquide cellulaire et l'axoplasme. On modélise alors le système de la manière suivante :



On note :

- $dR_a = r_a dx$: résistance de l'axoplasme de longueur dx au passage du courant
- $dC_m = c_m dx$: la capacité entre l'axoplasme et la membrane
- $dG_m = g_m dx$: la conductance de fuite entre l'axoplasme et la membrane

1. Donner l'expression de r_a et effectuer l'AN
2. Même chose pour c_m et g_m.
3. On se place en régime stationnaire. Déterminer les équations différentielles vérifiées par $u(x)$ et $i(x)$ puis par $u(x)$ uniquement. Introduire une constante d'esapce λ, homogène à une longueur, dont on donnera l'expression et la valeur numérique. Donner une interprétation pjysique de λ.
4. On mesure la tension au niveau de la membrane (sachant qu'il y a un isolant autour de la membrane), on obtient :
   On note g'_m la nouvelle valeur de la conductance linéique. Donner sa valeur à partir du graphe.



5. Il y avait des autres questions faisant intervenir d'autres graphes sur Python que je n'ai pas eu le temps de traiter.

[Examinateur vraiment très froid qui n'a pas prononcé un mot pendant le temps où j'ai présenté ce que j'avais préparé, si ce n'est « vous vous rendez compte que vous portez mal votre masque là ». Ensuite quelques questions sur l'allure de l'équation différentielle en $u(x,t)$ et sur le terme de perte (analogie avec la diffusion thermique]

33. CCS1 (2021 Meric, 15/20)

On considère un câble coaxial d'axe (zz') dont le conducteur interne (l'âme), de rayon R_1, est parcourue par un courant $I(z,t)$ et dont le conducteur externe (tresse métallique), de rayon R_2 , est parcourue par un courant $-I(z,t)$. Entre les deux conducteurs, est disposé un diélectrique de permittivité relative ε_r. On admet que l'on peut utiliser les résultats dans le vide en remplaçant ε_0 par $\varepsilon_0\varepsilon_r$. Le câble est parcouru par un courant sinusoïdal :

$$I(z,t) = I_m(z) \exp j\omega t$$

On considère une onde le long du câble, dont le champ électrique (en tout point du diélectrique) s'exprime comme suit :

$$\vec{E}(z,t) = E_0(r,z) \exp(j\omega t)\, \vec{u}_r$$

1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $I(z,t)$.
2. Déterminer le vecteur dans le câble.

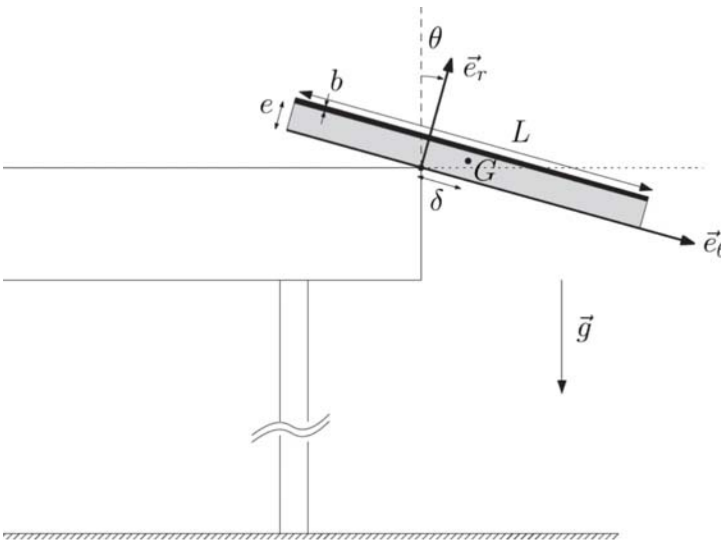
Formulaire donnant les différents opérateurs en coordonnées cylindriques.

34. CCS2 (2021 MERIC, 12.5/20)

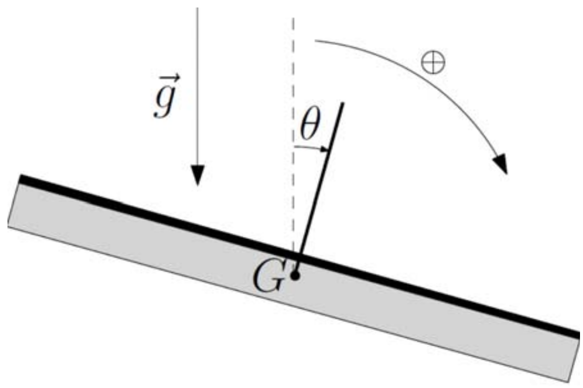
(vidéo montrant la chute d'une tartine beurrée)

1. Analyse qualitative : pourquoi la tartine tombe-t-elle toujours du côté beurré ?
2. Déterminer l'évolution de θ en fonction du temps avant la chute et pendant la chute.

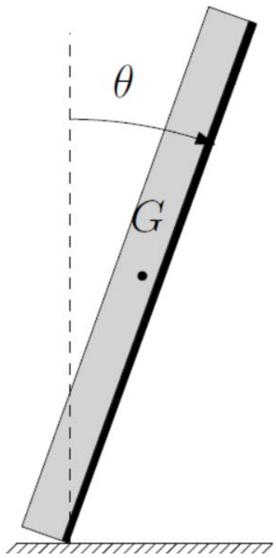
Avant la chute



Pendant la chute

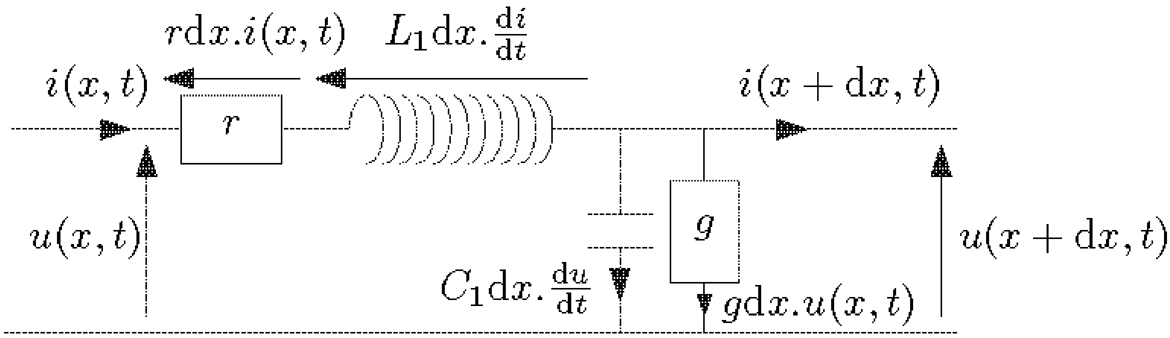


3. Dernière phase de la chute : identique à la chute d'un arbre (ou d'une tour). Déterminer $\theta(t)$.



35. CCS1 (2021 Lazaroo 13/20)

On modélise deux fils de haute tension par deux cylindres. Un élément de longueur dx est modélisé par le circuit suivant :



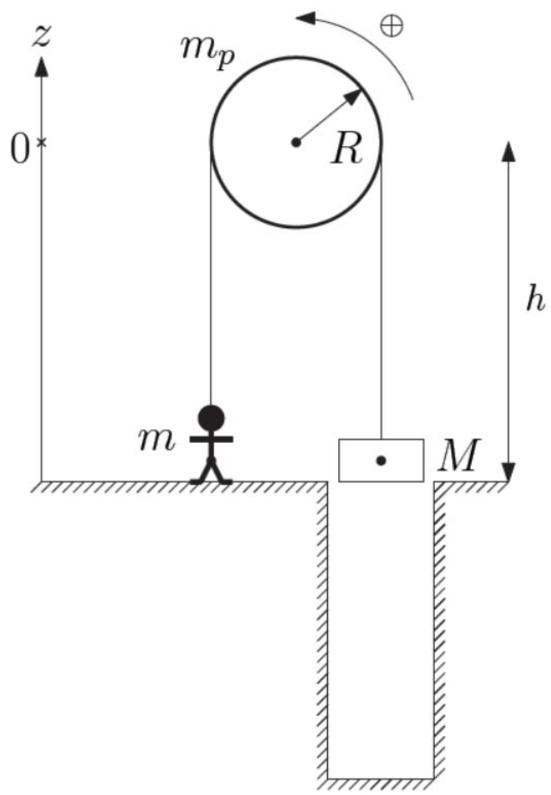
On souhaite justifier pourquoi ces fils ne font pas mal aux oiseaux posés dessus.

1. Après avoir identifié les éléments physiques correspondant aux éléments du circuit, déterminer l'équation de propagation vérifiée par $u(x,t)$.
2. Déterminer la relation de dispersion. Commenter.
3. Déterminer la différence entre les pieds de l'oiseau et conclure

Pour les valeurs numériques, on prendra :

$u(0,t) = U_0 \cos \omega\, t$; $r = 60\frac{m\Omega}{\mathrm{km}}$; $g = 10\frac{mS}{km}$; $L_1 = 25.\frac{mH}{km}$; $C_1 = 8.7\, nF/km$ avec $U_0 = 230\, kV$.

36. CCS1 (2021 Benart 12/20)



Un enfant veut monter à l'aide d'une poulie d'une hauteur h.

Le contact de la corde avec la poulie se fait sans glissement et le moment d'inertie de la poulie vaut :

$$J_\Delta = \frac{1}{2} m_p R^2$$

On se place dans les deux hypothèses suivantes :

1. On néglige la masse de la corde.
2. On tient compte de la masse de la corde. On note μ la masse linéique de la corde.

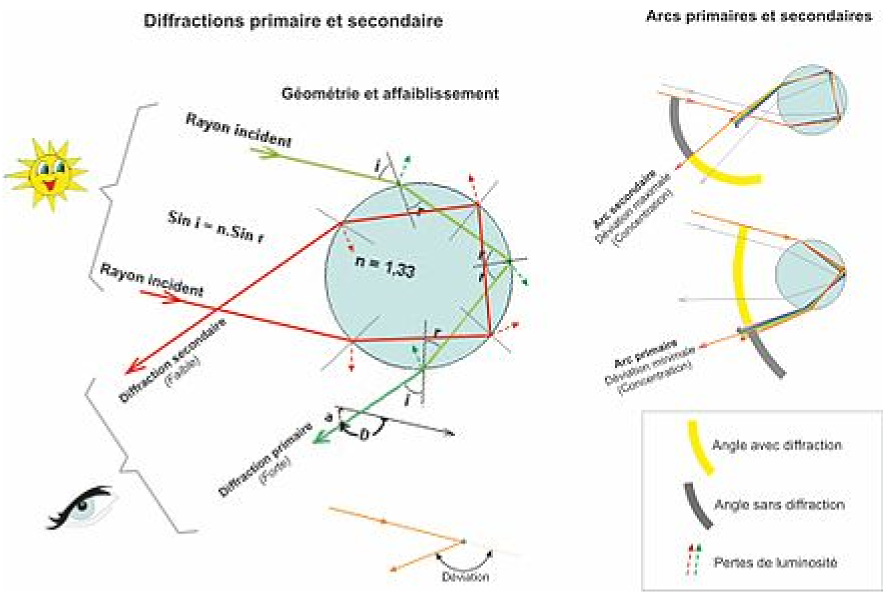
Question : En combien de temps, l'enfant atteint-il la poulie ? On se placera successivement dans les deux hypothèses.

37. CCS2 (2021 BENART 10/20)

Arc-en-ciel

1. Déterminer la déviation D en fonction de i et de n
2. Montrer qu'il existe un minimum de déviation. Déterminer la valeur de i_m correspondante.
3. Dans le cas d'une lumière polychromatique, déterminer la déviation en fonction de la longueur d'onde.
4. Justifier la formation d'un « arc en ciel principal » et la formation d'un « arc en ciel secondaire ».

Schéma (non fourni pendant l'oral)



38. CCS2 (2021,TATON 12/20)

On considère une photo de la tour Eiffel.

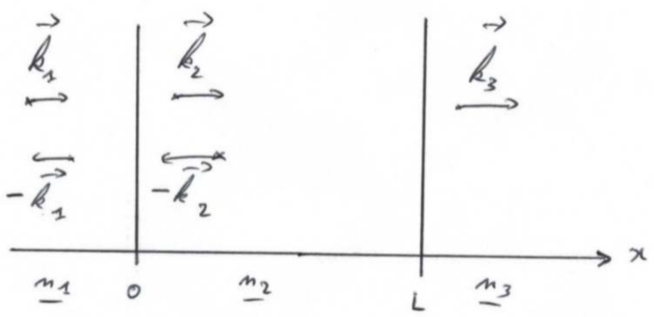
Le photographe se situe à 4.8 km de la tour. L'appareil photo est constitué d'une lentille mince de distance focale f ' et d'un récepteur de largeur l= 24 mm et de longueur L= 36 mm. Le capteur est constitué de 1.2×10^7 pixels assimilables à des carrés de côté δ

1. Quelle distance D' doit séparer le capteur et la lentille pour que l'image soit nette? Montrer par le calcul que cette distance est assimilable à f' sachant que normalement, la distance focale f' n'excède pas 300 mm.
2. Quelle est la taille de la tour Eiffel sur le capteur ?
3. Calculer le côté δ d'un pixel du capteur utilisé.
4. Quelle est la taille ρ du plus petit détail de la tour Eiffel que l'on peut théoriquement distinguer ? On prendra f' = 70 mm. Peut-on reconnaître une personne marchant sur le champ de Mars, devant la tour Eiffel ?
5. Rappeler la définition de la résolution α de l'œil. Proposer une expérience simple pour la mesurer. Quelle est la résolution d'un œil normal ?
6. On imprime la photo de côté : $l' \times L'$ = 10 cm x 15 cm. Quelle est la taille ρ' du plus petit détail que l'on peut observer sur l'image si on l'observe d'une distance d_m = 25 cm. Peut-on distinguer les pixels ?
7. Quelle est la taille ρ'' du plus petit détail de la tour Eiffel que l'on peut observer sur l'image à une distance d_m = 25 cm ?

39. CCS (CCS1 2021, GUY 9/20; 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 $\vec{u}_z$.
b) Donnez l'expression du champ $\vec{B}$ 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.]

40. CCS1 (Paloc 16/20)

On considère le potentiel crée par un trou noir dans l'approximation de la mécanique newtonienne :

$$\Phi(r) = -\frac{GM}{r - R_s}$$

Où $R_s$est le rayon tel que la vitesse de libération est égale à la célérité de la lumière dans le vide.

1. Exprimer R_s. AN pour $M = 4.10^6 M_s$
2. Exprimer la troisième loi de Kepler dans le cas du potentiel donné.
3. Pour quelles valeurs de r les trajectoires sont-elles stables ?

41. CCS2 (2021, Martinaggi 5.5/20)

Soit un fil métallique, de longueur L très grande et d'axe (Oz) et de conductivité thermique λ_c
On dispose autour du fil une gaine thermique, de conductivité \lambda et d'épaisseur e

1, On considère que λ_c est « très grande », : qu'est-ce que cela signifie, que peut-on conclure ?
2, Quelle épaisseur limite de la gaine peut-on prendre afin que l'on ne se brûle pas en touchant la gaine , sachant que nos doigts peuvent supporter une température max de 55°C ?

Questions :

- rappeler la loi de Newton,
- Démontrer la résistance thermique en cartésiennes et en cylindrique
- Rappeler la loi de Fourier
- Analogies en l'électrocinétique et la thermique

42. CCS1 (2018, Gaidet 12/20)

On considère un atome d'hydrogène et on modélise l'électron par une charge volumique $\rho_e(r)$. Le potentiel crée en tout point de l'espace par cette distribution de charge est :

$$V(r) = \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r} e^{-\frac{r}{a}}$$

1. Déterminer $\rho_e(r)$. Vérifier la cohérence de votre résultat.
2. Faire le parallèle avec la mécanique quantique et trouver a_0
3. Trouver l'énergie de l'atome.

[Examinateur assez froid mais plutôt bienveillant]

43. CCS2 (2018, Gaidet 11/20)

On considère un camion en mouvement horizontal selon l'axe (Ox).

1. On considère que la seule action s'exerçant sur le camion est le couple moteur dont on donne la puissance P. Déterminer $x(t)$ et $v(t)$. Où se trouve le camion quand sa vitesse est de 90 km/h ?
2. On ajoute la force due à la résistance de l'air : $F = -kv^2$.
   a. Donner l'équation différentielle vérifiée par v.
   b. Montrer qu'il existe une vitesse limite v_l.
   c. Calculer numériquement k à partir de la donnée de v_l.
3. Programme python : à compléter (méthode d'Euler) + Tracer $v(t)$ + vérifier la cohérence avec les questions précédentes.
4. On pose un objet à l'arrière du camion. Le camion roule à la vitesse V_0 et décélère brusquement à accélération constante a_e.
   a. Calculer la distance parcourue par le camion jusqu'à l'arrêt.
   b. En supposant que l'objet ne glisse pas. Déterminer la valeur de a_e au-delà de laquelle l'objet bascule.
   c. On suppose que l'objet ne bascule pas. Déterminer la valeur de a_e au-delà de laquelle l'objet glisse.

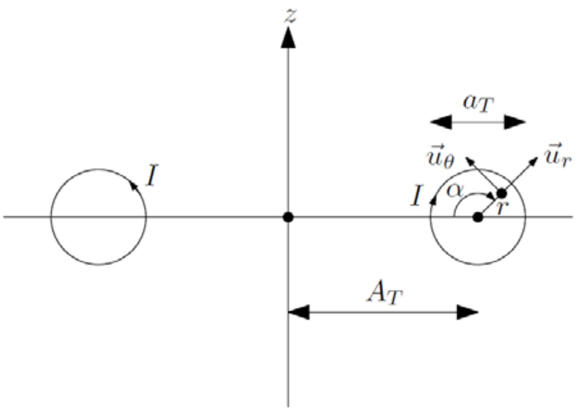
44. CCS1 (2018, Ramadier 11/20)

On considère un fluide initialement à la pression P_0, de masse volumique au repos ρ_0 en écoulement, à la vitesse $\vec{V}_0$ uniforme et constante dans le temps. Un haut-parleur génère une onde sonore. On se place dans le cadre de l'approximation acoustique. On note $p(x,t)$ la surpression acoustique associée à cette onde.

1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par les dérivées partielles de $p(x,t)$.
2. Etablir la relation de dispersion.
3. Expliquer le terme : « le vent porte le son » .
4. Expliquer le principe de fonctionnement du haut-parleur.

45. CCS1 (2018, Yous 18/20)

On considère une bobine torique de rayon moyen A_T, de section circulaire de diamètre a_T



1. Calculer le champ magnétique crée en tout point de l'espace par la bobine (on utilisera r et α).
2. Calculer l'énergie magnétique de la bobine.
3. Déterminer l'inductance propre de la bobine.
4. Exprimer la force exercée sur une portion de la bobine

46. CCS1 (2018, Le Rohellec 12/20)

Un homme est assis sur une bielle toujours horizontale entre deux roues de locomotive à vapeur. La locomotive se déplace à vitesse constante V.

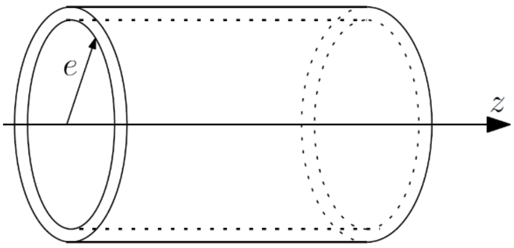
- à partir de quelle vitesse V, l'homme décolle-t-il de la bielle ?
- à partir de quelle vitesse V, l'homme glisse-t-il sur la bielle ?

47. CCS2 (2018, Le Rohellec 15/20)

On considère une corde verticale de masse linéique constante, suspendu en z=L et de point le plus bas z=0. L'extrémité z=L est agitée transversalement selon un mouvement $y = a \cdot \cos(\omega t)$

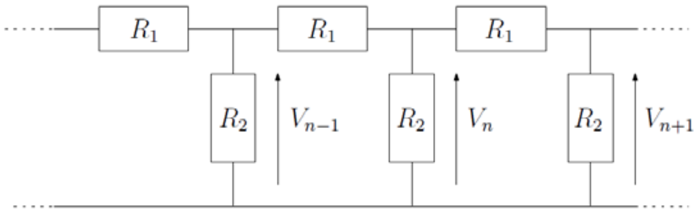
1. Comment évolue la tension le long de la corde au repos ?
2. Montrer que l'équation différentielle pour de petites oscillations est : $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = gz\frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + g\frac{\partial^2 y}{\partial z}$
3. On se place à proximité de z=L, quelle est la relation de dispersion ? Discuter de l'augmentation de l'amplitude.
4. On cherche une solution à membres séparées sous la forme $y(z,t) = a(z) \cdot \cos(\omega t)$. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par a.
5. On pose $Z = z\frac{\omega^2}{g}$. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par a(Z). Quel est l'intérêt de ce changement de variable ?

48. CCS1 (2018, Dompnier 12/20)



On modélise une fibre nerveuse comme un cylindre de rayon e de l'ordre du micromètre (axone) recouvert d'une couche de myéline supposée infiniment fine (membrane). On note R_1 la résistance longitudinale d'une longueur Δl d'axone et R_2 la résistance de fuite de la membrane pour une longueur Δl de fibre. On donne $r_0$la résistivité de l'axone et $R_m$la résistance spécifique de la membrane (en $\Omega . m^2$).

1. Déterminer R_1 et R_2 .
2. On suppose la fibre infiniment longue et on utilise le modèle suivant :



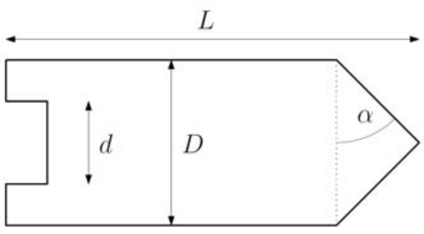
Exprimer V_n

[J'ai voulu utiliser une méthode par récurrence, mais l'examinateur n'a pas voulu (trop long). Il fallait définir la résistance R_n équivalente à tout ce qui est à droite de V_n et utiliser $R_2 \gg R_1$]

49. CCS2 (2018, Dompnier 9/20)

Une vidéo montre un petit bateau en carton dans une piscine, on met une goutte de savon à l'arrière et le bateau se met alors à avancer et semble ne plus s'arrêter (je lui ai dit que oui, et il m'a dit non)

1. Un code informatique est fourni contenant deux listes des abscisses et des ordonnées du bateau pris tous les 0.1 s pendant 20 s. Modifier le code pour afficher le graphe de la vitesse, en déduire la vitesse limite. [Je n'ai pas compris ce qu'il fallait modifier. En fait l'examinateur m'a pris pour un con à ce moment-là. On a passé 15 mn].
2. On donne la forme du bateau :

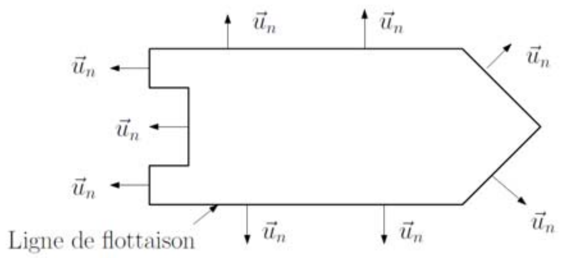


Expliquer qualitativement ce qui se passe.

3. On considère la ligne de flottaison à l'interface eau-air-bateau. On définit $\overrightarrow{dl}$ suivant cette ligne de flottaison et $\vec{u}_n$ normale à celle-ci et dirigée vers l'eau. Alors la force exercée sur la longueur dl correspondante sur le bateau est de la forme :

$$\overrightarrow{dF} = \gamma dl\, \vec{u}\_n$$

Ce n'était vraiment pas clair… ce qu'il fallait comprendre c'est ça :



Expliquer par le calcul que sans savon le bateau ne peut pas avancer et donner la force de traction en fonction de :

$$\Delta\gamma = \gamma_{eau} - \gamma_{savon}$$

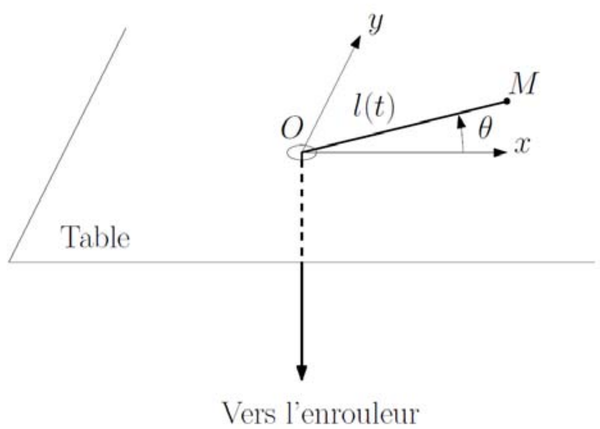
4. Dans quel régime d'écoulement est l'eau ici ? (On connaissait les dimensions du bateau et l'ordre de grandeur de la vitesse du bateau grâce à la simulation).
5. Quelle est l'allure de la couche limite ? Montrer que $\delta = \frac{L}{\sqrt{Re}}$.

[Oral complètement raté, heureusement qu'il y avait les dernières questions]

50. CCS1 (2018, Bruguier 6/20)

On considère un enrouleur de fil qui enroule un fil de masse négligeable au bout duquel est fixée une masse M. Le point M a une vitesse V_0 et l'enrouleur exerce une force $\vec{T}(t)$ sur le fil.

1. Déterminer $l(t) = \left\|\overrightarrow{OM}\right\|$
2. Déterminer $\omega(t)$
3. Déterminer l'équation de la trajectoire : $l(\theta)$
4. Déterminer le travail fournit par l'enrouleur entre $t = 0$ $(l(0) = l_0)$ et un instant t quelconque.



51. CCS1 (2018, Bezert 18/20)

Les gens disent que pour faire du patin sur un lac, il faut qu'il fasse $-30°C$ pendant plusieurs jours.

Justifier cette affirmation physiquement.

52. CCS2 (2018, Bezert 19/20 ; 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.

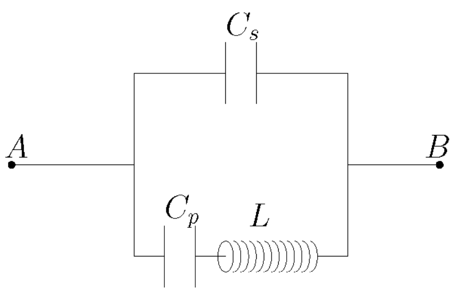
5- Conclure.

53. CCS1(2017, MAHOU 16/20)

1. Champ des pressions dans l'atmosphère, hauteur de l'atmosphère
2. Modèle affine pour la température dans la troposphère et recalcul du champ des pressions.
3. A partir d'une formule de la pression en vapeur saturante en fonction de la température, déterminer pour quelle altitude le taux d'humidité est maximum à l'aide d'un tableau des températures et des températures de rosée en fonction de l'altitude.

54. CCS2 (2018, Mahou 17/20)

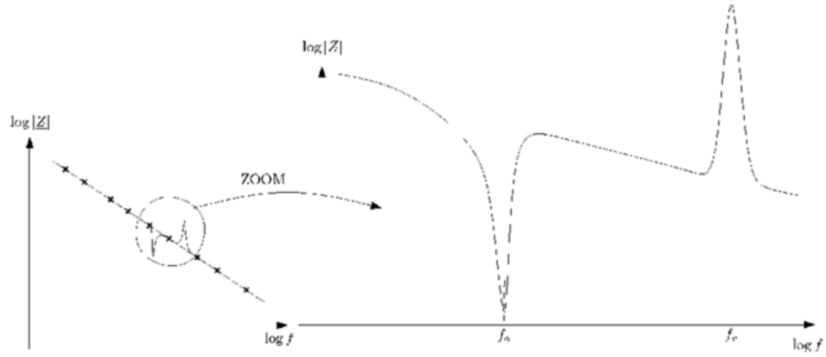
On modélise l'impédance d'entrée d'un cristal de quartz par le schéma ci-dessous :



L'étude fréquentielle de cette impédance d'entrée est représentée figure ci-dessous.

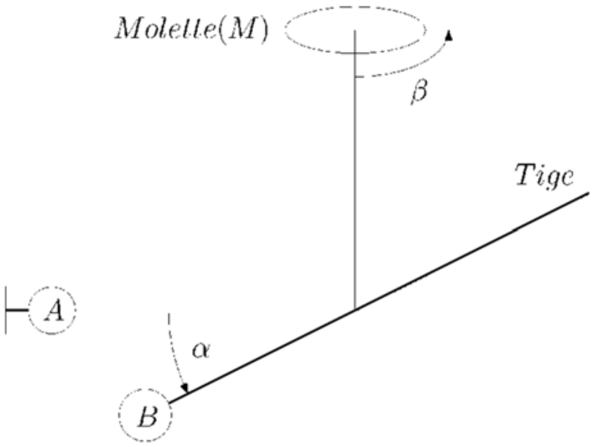
On considère que R est négligeable.

1. Donner l'équivalent HF et BF et montrer la cohérence avec le graphique. Montrer à l'aide du graphique que $C_s \gg C_p$. En déduire la valeur de C_s.
2. Exprimer f_a et f_r en fonction de L, C_s et C_p en déduire les expressions de L et C_p.



55. CCS1 (2017, Rossignol 12/20)

On considère le pendule de torsion représenté ci-dessous. On peut faire tourner la molette M d'un angle β et on repère la boule A avec l'angle α. Tout est isolant sauf A et B. On donne la constante de torsion C et la longueur de la barre a.



1. On charge la boule B avec une charge Q, A étant neutre. On rapproche la boule A jusqu'au contact avec B. On attend puis on tourne la molette d'un angle $\beta = 90°$. A l'équilibre, on mesure $\alpha = 60°$. En déduire la valeur de Q.
2. On charge A et B avec deux charges opposées $-Q$ et Q. On amène A au contact de B et on tourne la molette d'un angle $\beta = 120°$. Déterminer la nouvelle position d'équilibre pour $Q = 9nC$. Cette position est-elle stable ou instable ?

Données : graphe donnant $\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin^2\frac{\alpha}{2}}$ en fonction de $\frac{\alpha}{\pi}$

[Examinatrice très sympathique qui cherche privilégie l'approche physique à l'approche mathématique.]

56. CCS2 (2017, Roussignol 14/20)

On a une vidéo qui montre la chute de dominos.

1. Déterminer la vitesse de chute des dominos et le nombre de dominos qui tombent par secondes.
2. Déterminer l'angle α_f que fait un domino avec la verticale lorsqu'il vient frapper le suivant.
3. Déterminer la vitesse de rotation ω_f du domino lorsqu'il vient frapper le suivant.
4. Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'angle $\alpha(t)$ (angle entre le domino et la verticale).
   La mettre sous la forme :
   $$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{1}{\tau_0^2}\sin\alpha \qquad (1)$$
   Préciser l'expression de α.
5. Se placer dans une certaine approximation et montrer que :

$$\alpha(t) = \alpha_f \, sh \frac{\left(\frac{t}{\tau_0}\right)}{sh} \left(\frac{t_f}{\tau_0}\right) \qquad (2)$$

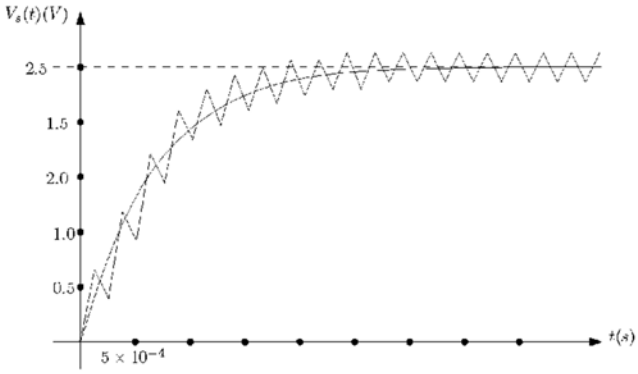
6. A l'aide de python, tracer l'allure de $\alpha(t)$ donné par la formule (2), puis utiliser la méthode d'Euler pour résoudre l'équation (1). Comparer.

57. CCS1 (2017, BONIL 10/20)

On étudie un filtre RC avec $R = 1{,}0\ k\Omega$. On impose en entrée un signal $V_e(t)$ créneau, variant de E_0 à 0 V, de période $T = 20$ ms et de rapport cyclique ½ .

Déterminer la nature du filtre. Donner une estimation grossière de C.

Déterminer E_0 et donner une valeur précise de C.



Questions : écrire la décomposition en série de Fourier du signal d'entrée, quelle est la réponse à un échelon de tension du filtre ? peut-on considérer que le signal est intégré ? Comment trouver τ ?

[Examinateur sympathique, souriant, qui discute]

58. CCS2 (2017, BONIL 15/20)

Le sujet est composé d'une annexe relatant l'histoire de la comète de Halley qui est détériorée à cause du rayonnement solaire.

Données :

- ✓ Aphélie, vitesse à l'aphélie,
- ✓ Périhélie, vitesse au périhélie,
- ✓ Le demi-grand axe,
- ✓ La période de révolution,
- ✓ La masse de la comète,
- ✓ La masse volumique de la comète,
- ✓ L'unité astronomique,
- ✓ La masse molaire de l'eau
- ✓ L'enthalpie de sublimation de l'eau,
- ✓ La puissance totale rayonnée par le soleil,
- ✓ Les dimensions de la comète.

1. En remarquant que la puissance ressentie par nos yeux fermés cédée par le soleil est à peu près la même que celle ressentie par nos yeux fermés à 10cm d'une ampoule, estimer P_{sol}. Comparer à la valeur fournie.
2. On considère un élément de surface de la comète, qu'on suppose toujours orthogonal aux rayons. Trouver la puissance surfacique moyenne dans le temps cédé par le soleil à la comète à l'aide d'une intégrale temporelle donnée. On trouve :

$$P_s = \frac{P_{sol}}{2CT}$$

Où C est la constante des aires et T la période de révolution. Faire l'AN.

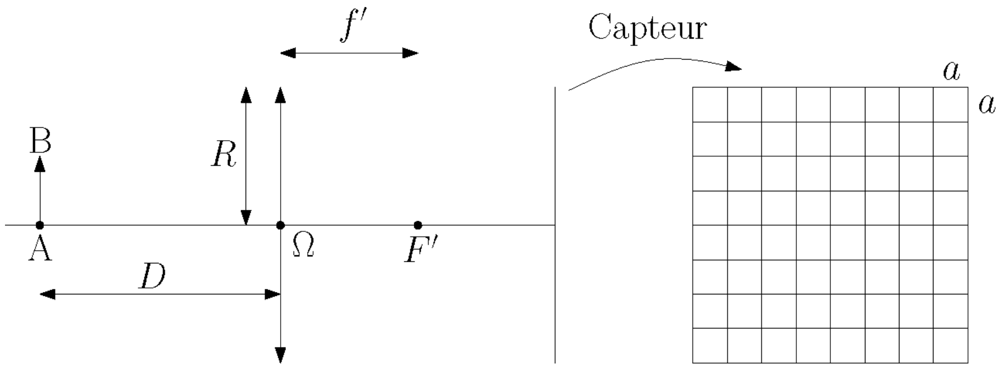
3. Estimer la durée de vie de la comète, Commenter.
4. A l'aide d'une équation différentielle à résoudre, déterminer $R(t)$ où R est le rayon de la comète.

[Examinateur gentil, voix douce mais quasi muet]

59. CCS2 (2017, Lesbre 11/20)

On étudie le dispositif optique représenté ci-dessous. La lentille (L) est une lentille convergente de distance focale f', de rayon d'ouverture R. Le détecteur est un détecteur composé de pixels carrés de coté a.

1. Donner un exemple de système optique pouvant être modélisé ainsi.
2. Soit A un point de l'axe optique. On a une image nette si $\overline{A\Omega} \in]+\infty, \Delta]$. Sachant que le capteur peut être translaté de δ, exprimer la relation entre f', Δ et δ.
3. Soit (AB) un objet transverse. On note α l'angle $(AB, A\Omega)$. Quelle est la condition sur α pour distinguer A et B ?
4. Quel et l'autre facteur de limitation ? en déduire une autre condition. Et comparer ces limitations.
5. Soit A appartenant à l'axe optique et situé à une distance D de la lentille. La mise au point est faite sur A. Montrer qu'il existe $D_{\{min\}}$ et $D_{\{max\}}$ tels que pour $D \in [D_{\{min\}}, D_{\{max\}}]$, l'image soit toujours nette.



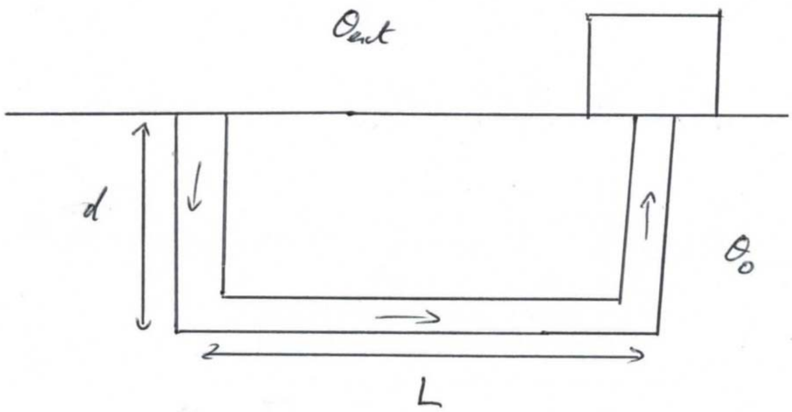
[Demande des calculs en ordre de grandeur sans calculatrice. Pour la Question 1 j'ai proposé l'appareil photo et j'ai raisonné sur la taille de l'écran et la résolution d'un appareil (~10Mpixels) pour donner un odg sur a ; puis j'ai proposé l'œil. Ça a eu l'air de lui plaire]

60. 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.

61. 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.

62. 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 ?

63. CCS1 (2017, Godin /20) (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]

64. 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.

65. 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.

66. 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?

67. 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.

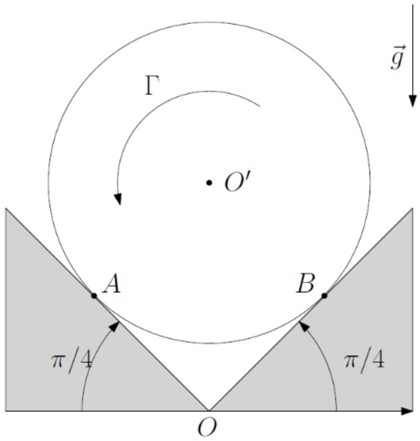
[J'ai trouvé une puissance gigantesque, il m'a demandé de comparer à des ordres de grandeurs connus, j'ai comparé à la puissance d'un laser classique, et à la puissance fournie par une centrale nucléaire (j'ai proposé une puissance de l'ordre du GW), ça faisait quand même très petit devant la puissance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

68. 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.

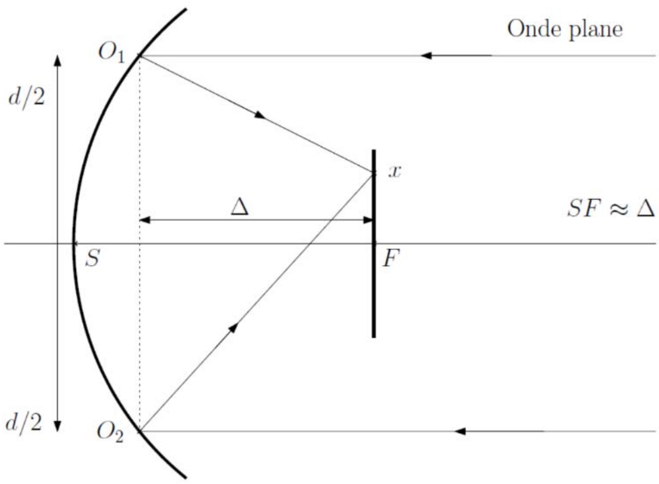
[Bien penser à la condition de glissement. Schéma clair avec point d'application exigé]

69. 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.



70. CCS1 (2015 Guibert 10/20)

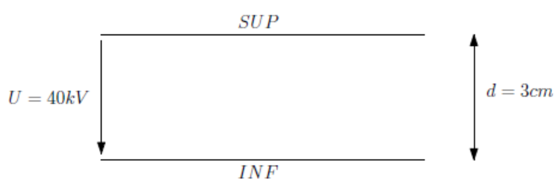
Mecanique quantique

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.

71. 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 $\vec{E}$?

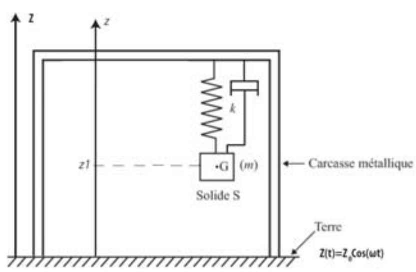


2. On insère des gouttelettes de glycérine par un trou de la plaque supérieure. On note R le rayon des gouttes ($2\mu m < R < 5\mu m$).
    a. Donner l'équation du mouvement des gouttes.
    b. On dispose d'un logiciel, permettant de tracer les courbes caractéristiques du mouvement. On ne peut changer 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).

72. 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.]

73. 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]

74. 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).

75. 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

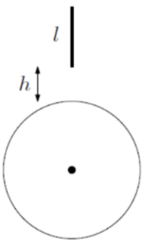
1. On modélise l'œuf comme uniforme (pas de différentiation jaune/blanc) et à une dimension. Montrer que :

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

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]

76. CCS1 (2015 Ollivier 8/20)

Dynamique terrestre

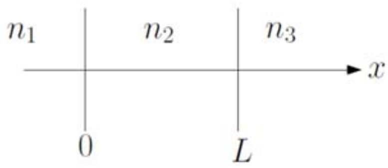


Un câble (de masse m, de masse linéique μ) est en orbite autour de la terre

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.

77. 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].

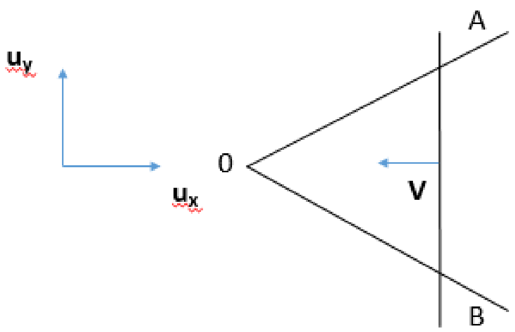
78. CCS1 (2015 Bouffier 9/20)

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.

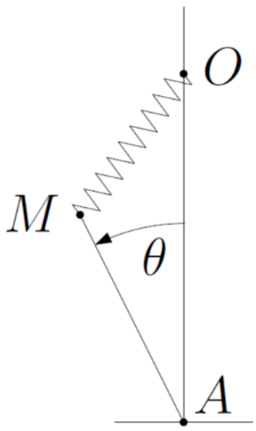
[L'examinateur était très agaçant (ne cherchait surtout pas à tirer le meilleur du candidat), j'étais assez lent ce qui devait encore plus l'agacer… Je pense que cette nouvelle épreuve de 30 minutes sans préparation nécessite un entraînement durant l'année. Il faut savoir rapidement se mettre en valeur 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…]



79. 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)]

80. 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 ?

81. 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]

82. CCS2 (2015 Moneuse 7/20)

Mecanique des fluides

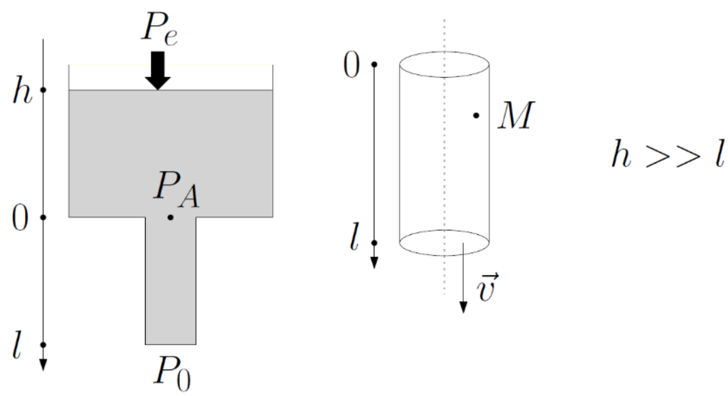
Soit un écoulement à 1D, suivant (Ox), tel que $\vec{V} = V(y)\vec{u}_x$. On définit le taux de cisaillement par la relation : $\tau = \frac{dF}{ds} = \eta\dot{\gamma}$, où $\gamma = \frac{\partial V_x(y)}{\partial y}$ et on étudie deux types de fluides non newtoniens :

- 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-épaississant ?
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-contre.
   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 $r + dr$).

83. 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...]

84. 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 ?

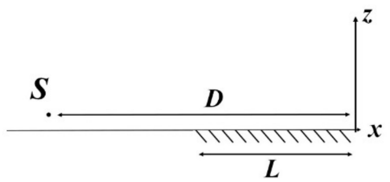
   [Dans cette question, j'ai à nouveau fait un schéma et tracé les rayons, pour montrer que le rayon est plus petit en sortie du montage afocal. Je n'ai pas eu le temps de faire des calculs et de toute façon, je n'avais pas la focale du système oculaire. Pour la 2ème question, j'ai dit que l'intensité 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.]

85. 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. **Déterminer le nombre de franges observées sur l'écran. La longueur d'onde de la source était donnée, environ 600nm.**
2. Si le coefficient de réflexion du miroir vaut 0,80, quelle est la conséquence sur la figure d'interférence ?
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 ?

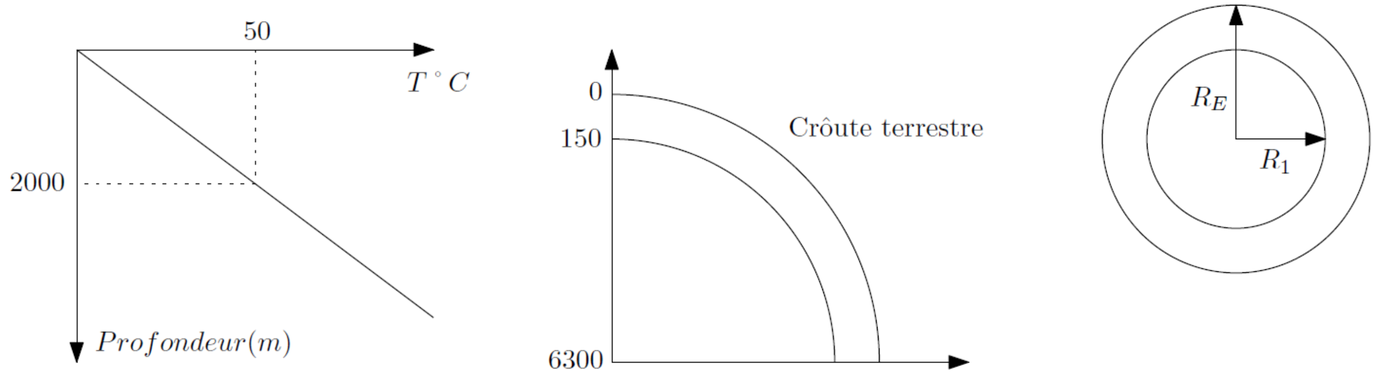


[Examinatrice souriante, mais avare de paroles. Elle m'a laissé redémontrer l'expression de la différence de marche au 1. Pour me demander à la fin si, de fait, je ne connaissais pas l'expression. A posé des questions très détournées (et assez incompréhensibles sur la fin du sujet].

86. 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 : $\Delta T=\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}(r^2\frac{\partial T}{\partial r})$. 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

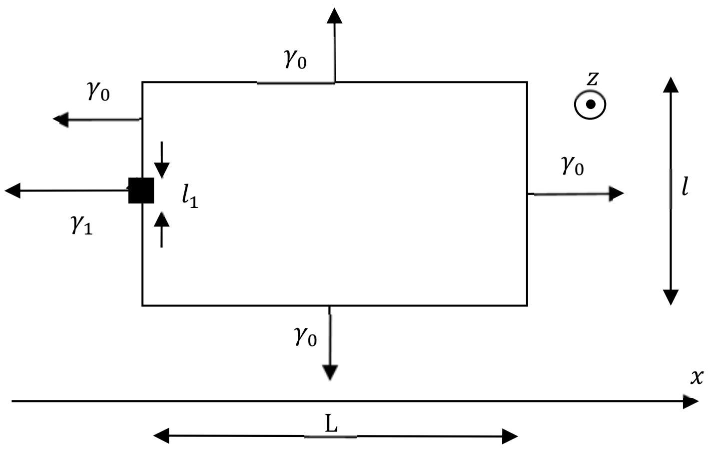
Est-ce que le champ $\vec{E}$ est présent dans la totalité du conducteur dans le cas du réseau domestique ? Et en courant continu ?

87. 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.

88. 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.

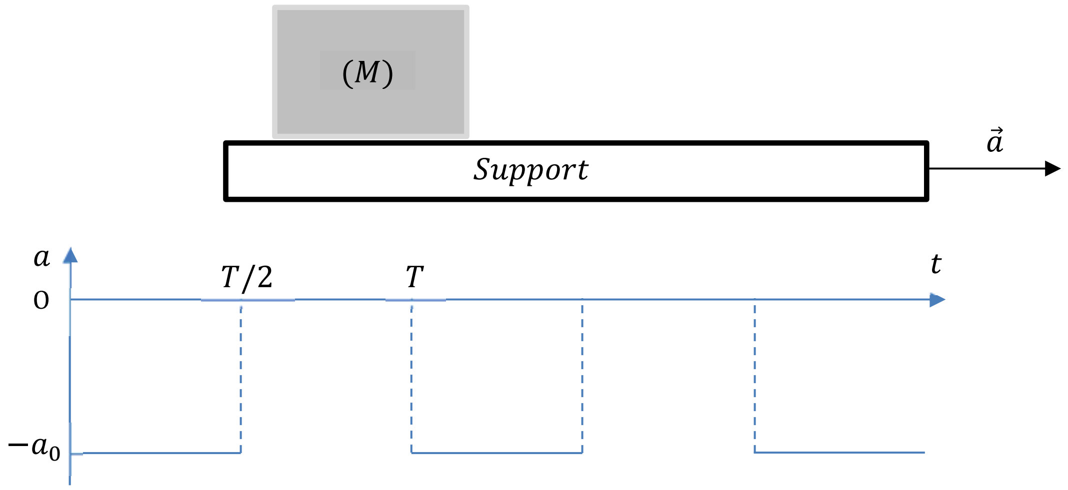
EXERCICE 2 : DIFFUSION THERMIQUE

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.

89. CCS2 (2014, LESAGE 5/20)

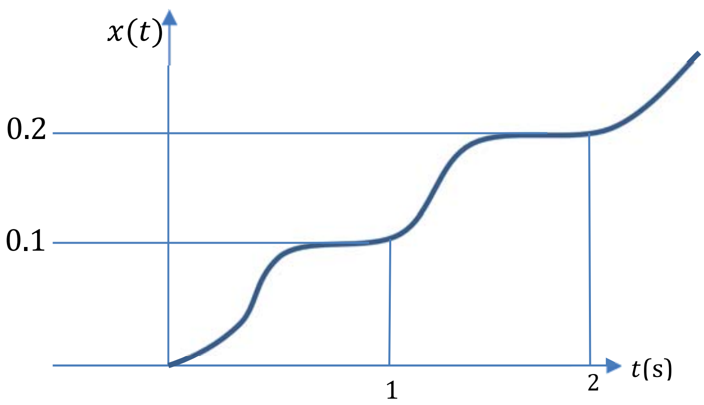
SLIP-STICK

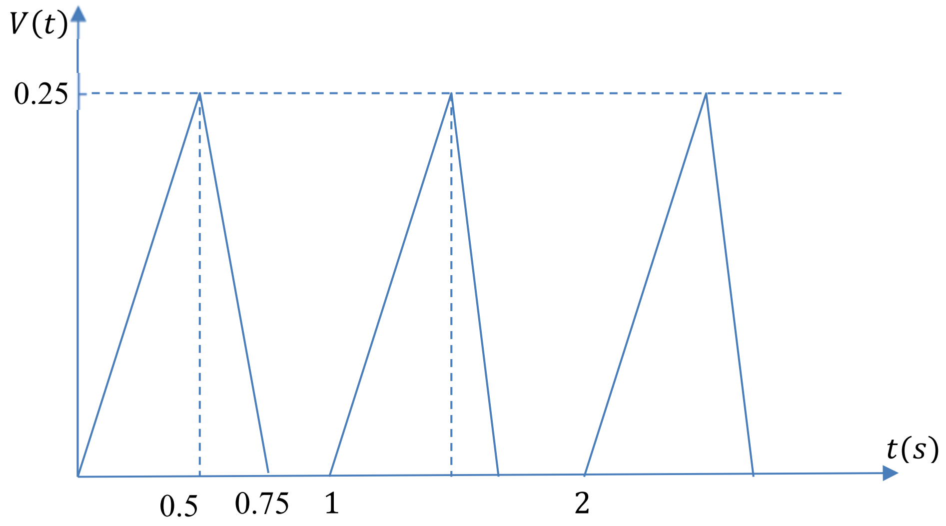
Un mobile (M) est posé sur un support qui a un mouvement de translation pur d'accélération $\vec{a} = a\vec{e}_x$



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 $1 < k < 2$, $g = 10 m.s^{-2}$ 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 $x(t)$.

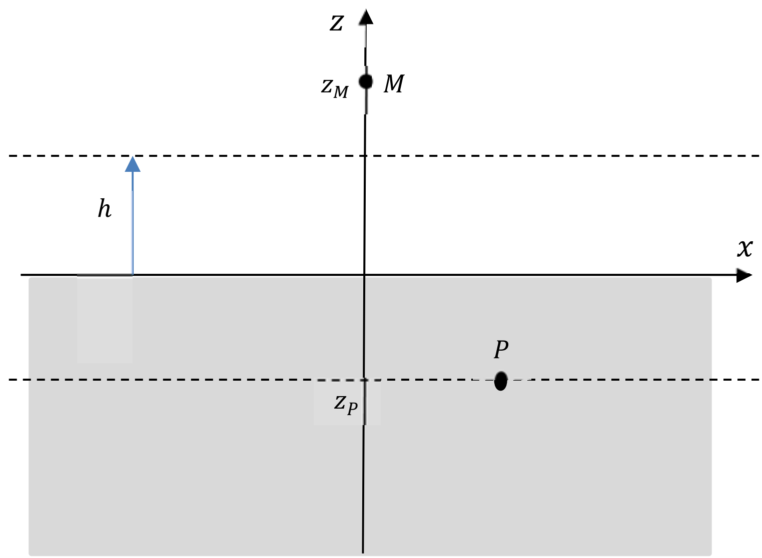




90. CCS1(2014, FLEURY S 12/20)

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 rayons 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.

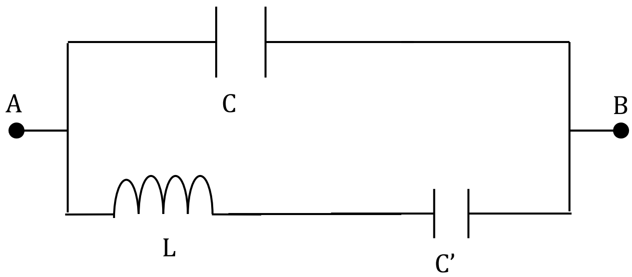
1. Déterminer l'intensité parcourant le cylindre.
2. Déterminer le vecteur densité de courant thermique pour $a < r < b$.

91. CCS2(2014, FLEURY S 10/20)

EXERCICE 1

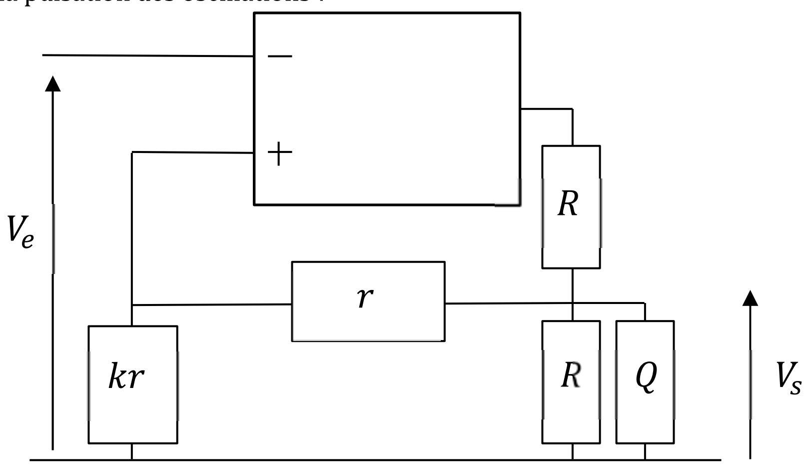
On modélise un quartz par le dipôle (AB) ci-dessous.

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 ?



92. CCS1(2014, FLEURY J 17/20)

EXERCICE 1 : THERMODYNAMIQUE

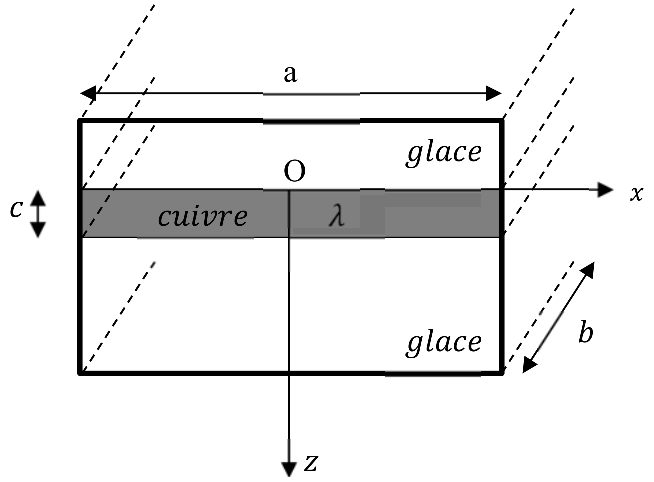
On pose une barre de cuivre sur un bloc de glace. Elle descend à une vitesse V car la glace fond et regèle par-dessus. Il s'établit alors deux équilibres solides/liquides :

- ✓ 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.

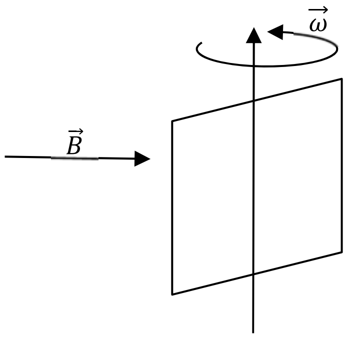
3. Exprimer le flux thermique à travers la barre en fonction de $L_f, \lambda, m, g, c, T_s, v_{liq}, v_{sol}$.
4. Par un bilan d'enthalpie sur un système bien choisi, exprimer V enfonction de $L_f \lambda, m, g, T_s, v_{liq}, v_{sol}, a\ et\ b$.

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 angualire 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 ?



93. CCS1(2014)

EXERCICE 1 : PLASMA

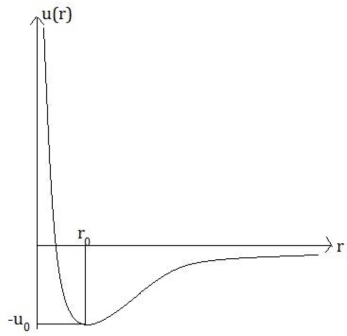
On s'intéresse au plasma interstellaire. Il est composé de nombreux électrons (densité n) de charge -e, de masse m qui se déplacent à la vitesse v. On suppose le plasma localement neutre et on suppose qu'il le reste au passage des ondes électromagnétiques. On cherche les solutions des équations de Maxwell 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 $K=sqrt(\mu_0.n.e^2/m)$.
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.

Donnée : 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.

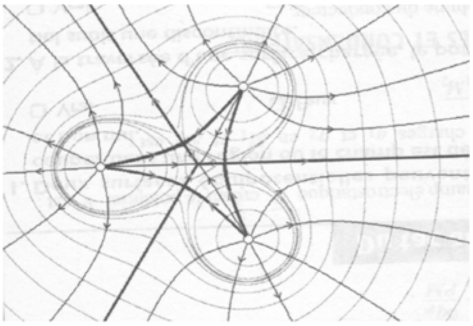


[- Je me suis servie de Maxwell-Ampère pour la première question et de la formule du double produit vectoriel pour la seconde.
- J'avais posé toutes les forces qu'on avait vues dans le cours pour le mouvement de l'électron mais l'examinateur m'a dit de considérer le plasma comme dilué et l'électron comme 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.]

94. 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.

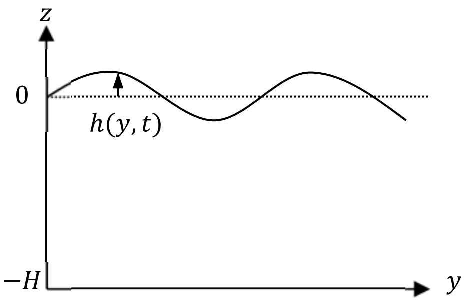
95. CCS1 (2013, Berthomieu 9/20)

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 ?

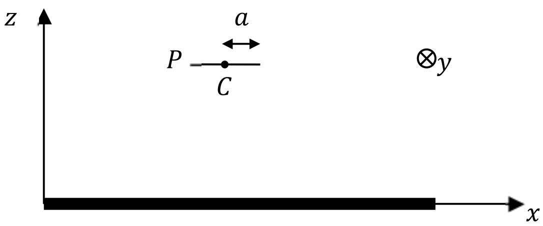
96. CCS2(2013, Berthomieu 13/20)

[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.

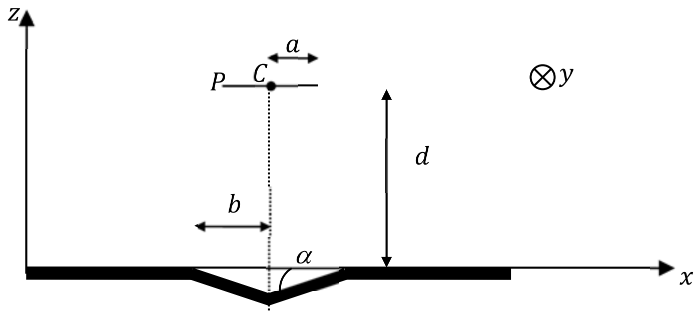
On étudie les anomalies sur miroirs plans. (C : émetteur)

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 ?

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

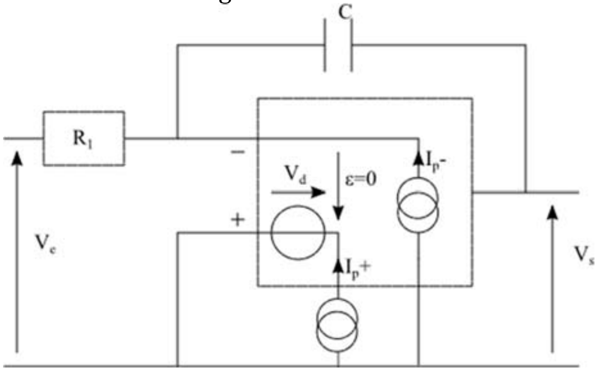
1. (Question orale) Qu'est-ce que l'effet Magnus? Donnez une application.
2. Déterminer les points de vitesse nulle en fonction de alpha
3. Dessiner les lignes de courant
4. Calculer la force par unité de longueur selon **êz Fl** exercée sur le cylindre.

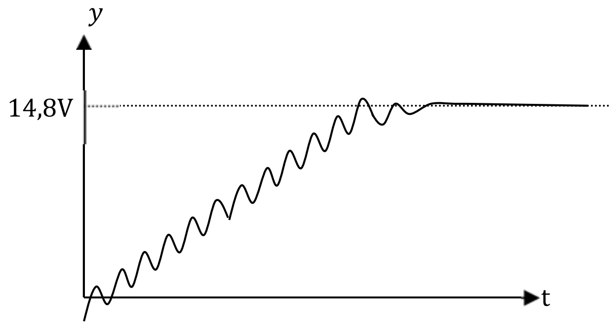
[Examinateur désagréable aux remarques désobligeantes qui ne manquaient jamais après chaque erreur ou hésitation de ma part. L'exercice était plus facile que garder son calme...]

98. 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 ?

99. 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.

$$P(\vec{r},t) = P_o(z) + P.\exp i\left(\omega t - \vec{k}.\vec{r}\right)$$

$$\mu(\vec{r},t) = \mu_0(z) + M.\exp i\left(\omega t - \vec{k}.\vec{r}\right)$$

$$\vec{V}(\vec{r},t) = V_x.\exp i\left(\omega t - \vec{k}.\vec{r}\right)\vec{u}_x + V_y.\exp i\left(\omega t - \vec{k}.\vec{r}\right)\vec{u}_y$$

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.

100. 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 η<<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 ?

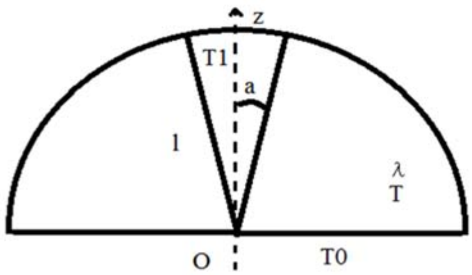
4. *Schéma d'une pupille diffractante de largeur a, de longueur infinie, frappée par une onde lumineuse en incidence normale. Un écran est dans le plan focal image de la lentille. On repère par x un point de l'écran.*
   a. Déterminer l'intensité sur l'écran si la pupille est en fait un trou.
   b. On 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. ?

101. 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 $\vec{g} = \vec{G} - \overrightarrow{ae}$, en supposant le référentiel géocentrique galiléen. Simplifiez l'équation précédente, on négligera l'accélération convective. Pourquoi cette dernière approximation ?

102. 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.

103. 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 :

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

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.

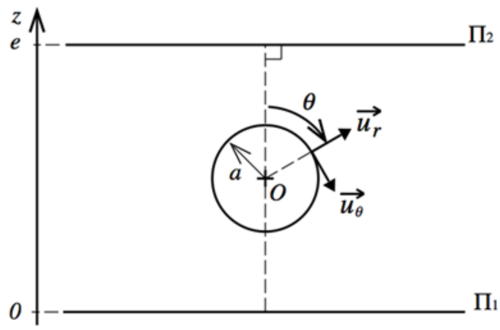
2- Calcul de ξ_{max}.

[Examinateur sympathique qui cherche à valoriser, c'est agréable.]

104. 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.

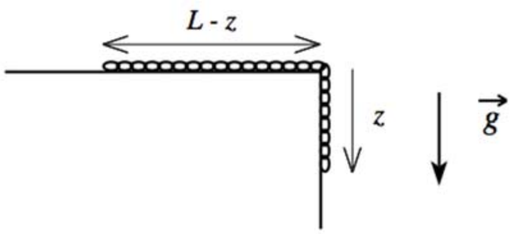


1.a) Soit deux sphères (S_1) et (S_2) concentriques et de rayons R_1 et R_2 ($R_1 < R_2$). On se place en régime permanent. Déterminer la résistance thermique R_{th} de cette coquille sphérique en fonction de des données. Faire une analogie avec l'électrocinétique en régime permanent.
1.b) On considère 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_{1_0} et T_{2_0} 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.

105. 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".



106. 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.]

107. CCS2.

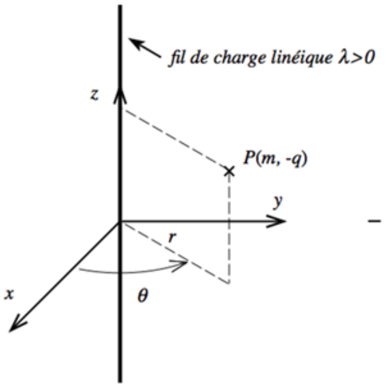
MECANIQUE – EQUADIFF

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 :

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

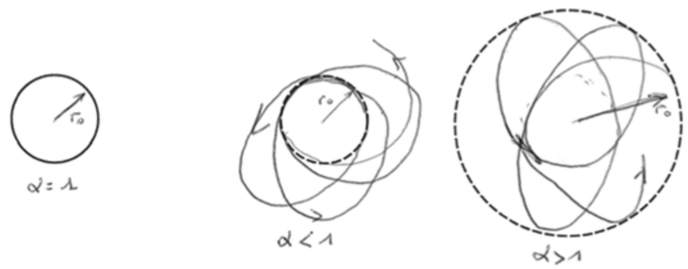
4 - A l'aide du théorème de l'énergie cinétique montrer qu'il existe une fonction $U(r)$ telle que :

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

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 $\varepsilon \ll r_0$?

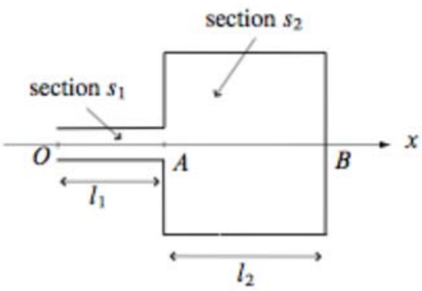
[Examinateur exécrable.]

108. 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 $V(r) = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\, r}(1 + kr)\, e^{-2kr}$

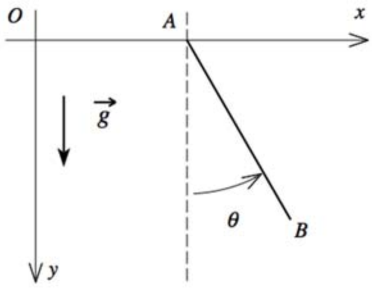
1 - Quelle est la dimension de k ?

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 $\rho(r)$.

109. 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 $\ell = 1$ 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 $J_G = \dfrac{m\ell^2}{3}$.

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

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

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.

110. 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 $\dfrac{\partial \varepsilon}{\partial t} = - H\left[\dfrac{\partial v_x}{\partial x} + \dfrac{\partial v_y}{\partial y}\right]$.

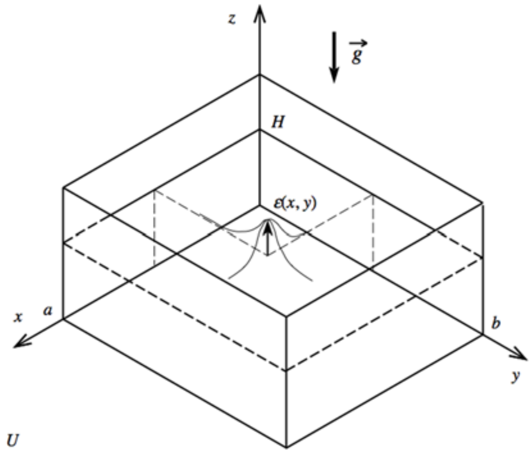
2 - Montrer que $\dfrac{\partial v_x}{\partial t} = - g\,\dfrac{\partial \varepsilon}{\partial x}$ et $\dfrac{\partial v_y}{\partial t} = - g\,\dfrac{\partial \varepsilon}{\partial y}$

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 $n(x, t)$.

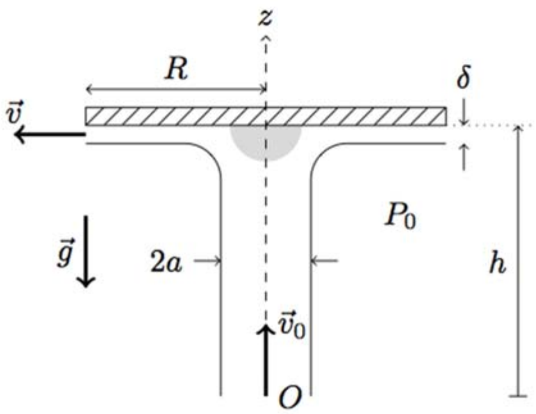
2 - La résoudre en régime permanent.

[L'examinateur est tout à fait correct.]

111. 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...

112. 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.

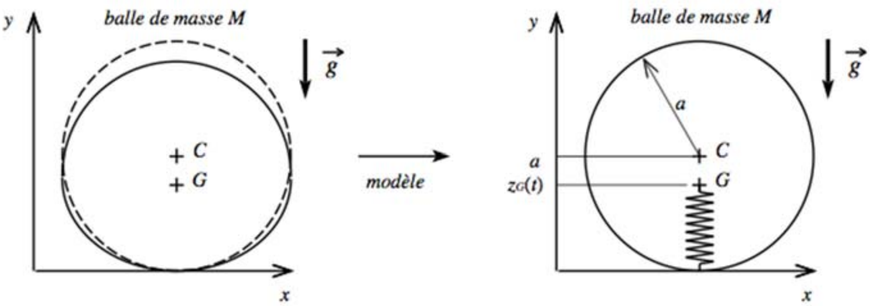
L'examinateur m'a dit qu'on pouvait aller jusqu'à prendre $k = 10^4$ N.m^{-1}.

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.]

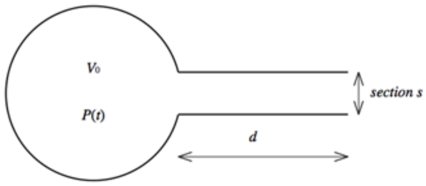
Quel est son impact sur le mouvement de la balle ?



113. 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 $|p(t)| \ll P_0$,
- ✓ Masse volumique $\rho(t) = \rho_0 + \mu(t)$ avec $|\mu(t)| \ll \rho_0$

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 $p(t)$

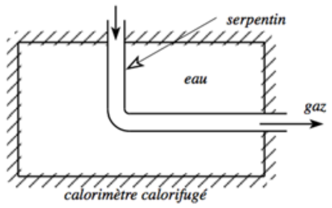
4 - Trouver les solutions $p(t)$ et déterminer la fréquence de résonance f_0 du système

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.



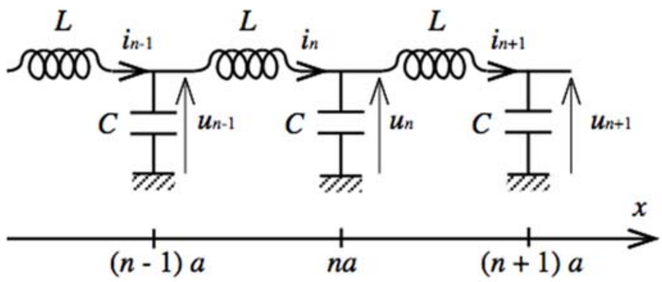
A l'entrée, la température du gaz est θ_1 = ? °C et à la sortie, elle vaut θ température du calorimètre.

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

2 - Calculer θ en déduire le c_p du gaz.

114. 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.

115. 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 : $\mathrm{div}(\vec{A} \wedge \vec{B}) = \vec{B}.\vec{\mathrm{rot}}\,\vec{A} - \vec{A}.\vec{\mathrm{rot}}\,\vec{B}$ 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 ?

116. 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.

117. 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 $\ddot{\theta} = \psi(\theta)$

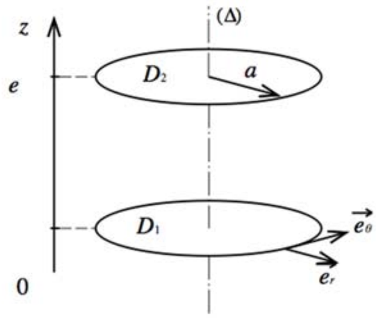
[Autre question non traitée : il s'agissait de résoudre par ordinateur l'équation, de tracer les courbes ⟨(t) et d'interpréter.

Examinateur pas très attentif et assez silencieux.]

118. 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 :

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

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.

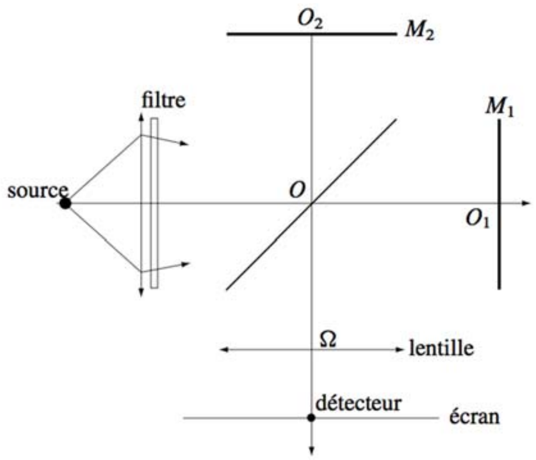
1 - Calculer ΔS, S_e, S_c pour la transformation $E_0 \to E_n$ en fonction de T_0, T_n et α.

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.

119. CCS2.

MICHELSON.



On considère un interféromètre de Michelson utilisé dans la configuration lame à faces parallèles. On pose $OO_2 = L_2$ = 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

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

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 !]

120. 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 $v_0\,\vec{u_x}$. 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 $0 < X < \dfrac{\sigma_0 v_0}{a}$.

2 - Même question avec le champ magnétique.

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

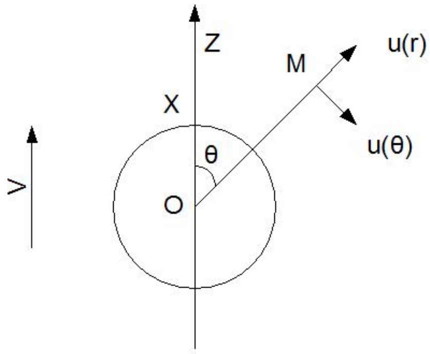
121. CCS1.

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 $\phi = B\left(r + \dfrac{A}{r}\right)\cos\theta$ (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 ?

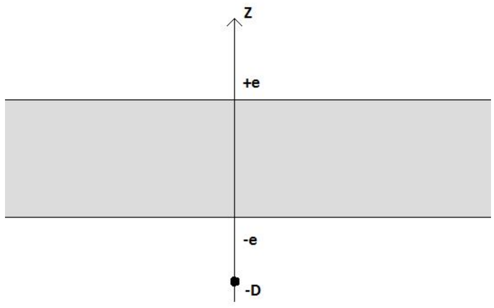
4 - On considère le point $X(r = R$ et $\theta = 0)$. Calculer $\vec{v}$ en X et $\dfrac{\partial \phi}{\partial t}$ en X, en fonction de R et $\dfrac{dV}{dt}$. On note P_X la pression en ce point.

5 - Déterminer P, pression en M(r, θ, φ) en fonction de θ, P_X, μ, $V(t)$ et $\dfrac{dV}{dt}$ (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.



122. CCS2

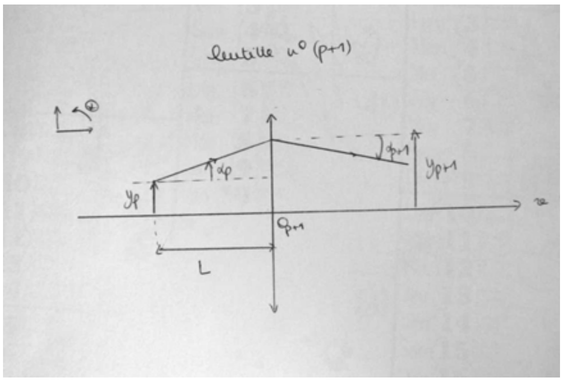
OPTIQUE GEOMETRIQUE – OPTIGEO.

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 μ_1^p et μ_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.]

123. CCS1.

EXERCICE 1 : FLUIDE CONDUCTEUR.

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

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.

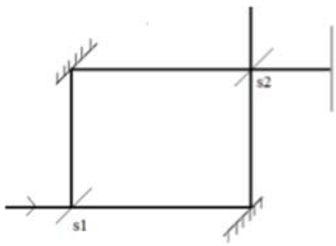
EXERCICE 2 : DIFFUSION MOLECULAIRE.

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.

124. 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 :

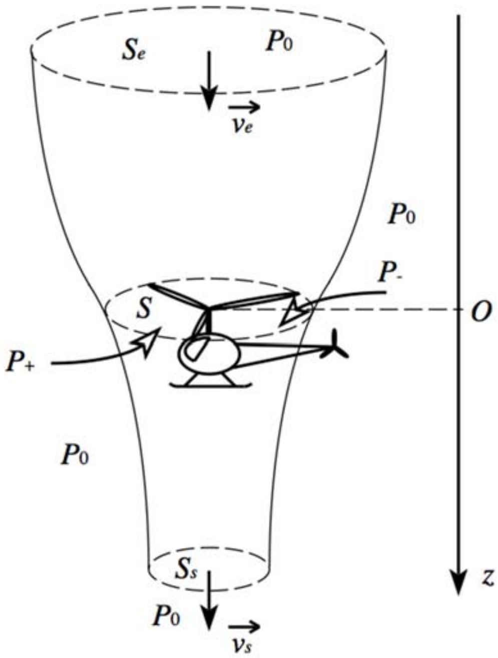


1. Quelle est la couleur de la source ?
2. Donner l'intensité observée sur l'écran.
3. On met une lame de verre d'épaisseur e et d'indice n = 1,5 perpendiculairement au rayon du bras 2. Quelle est la différence de marche ? Donner l'intensité observée sur l'écran.
4. On éclaire maintenant ce nouveau dispositif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

125. 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.]

126. 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