

PC★

Préparation Oral 2021



Rapports

Dans un premier temps la lecture des rapports de concours précédents semble essentielle pour avoir une idée assez pertinente des attentes des jurys à l'oral (rappel : pas d'épreuves orales en 2020 sauf pour l'X) Ces rapports sont tous disponibles en ligne aux adresses suivantes :

- *X-ESPCI* :

<https://gargantua.polytechnique.fr/siatel-web/app/explorer/GK1YYYYY6>

D'ailleurs sur cette page vous trouverez, des sujets d'oraux, les rapports des épreuves (écrites et oral) et des vidéos des épreuves orales ! Ce site est très complet car il archive ces documents depuis parfois une vingtaine d'années

En arrivant sur cette page d'accueil vous pouvez choisir(dans la partie gauche de la fenêtre) les dossiers :

Annales du concours par filière → PC → Physique → Épreuves orales

Annales du concours par filière → PC → Physique → Travaux pratiques

Vous avez alors accès aux rapports du concours 2019 mais aussi à ceux des années précédentes.

L'école polytechnique a aussi mis en ligne un grand nombre de sujets d'oral accessibles à tous en choisissant depuis la page d'accueil :

Sujets d'oraux → Physique → Oral Physique PC

- *Concours ENS* :

<https://banques-ecoles.fr/cms/session-2019-4/>

Les rapports pour les épreuves Ulm (U) et Lyon, Paris-Saclay (LC)

- *Centrale* :

<https://www.concours-centrale-supelec.fr/CentraleSupelec/2019/PC/rapCS2019PC.pdf>

C'est le rapport de tout le concours PC (écrit et oral, pour toutes les matières, 149 pages !). La partie concernant l'oral de Physique commence page 95 du fichier pdf (ou page O-24). On trouve aussi le rapport de l'épreuve de Travaux Pratiques de Physique à partir de la page 108 du fichier pdf (ou page O-37).

- *Mines-Ponts* :

<https://www.concoursminesponts.fr/resources/Rapport-Final-ORAL-2019-05-12-2019.pdf>

Sur cette page un mot du directeur général du concours et le rapport (écrit et oral, toutes filières, toutes matières).

- *CCINP* :

<http://www.concours-commun-inp.fr/fr/epreuves/annales/annales-pc.html>

Sur cette page tous les rapports sont disponibles (écrit et oral, toutes filières, toutes matières).

Formats des épreuves

Selon les concours, les épreuves orales de physique ne sont pas toutes de même nature ou en même nombre. Reportez vous aux notices d'inscription au concours pour plus de renseignements.

- *X-ESPCI* : un seul oral de physique, sans préparation, d'une durée de 50 mn.

• *ENS Ulm* : un oral de physique spécifique à cette école (durée 1h) sous forme d'une question ouverte le plus souvent.

• *ENS Lyon et Paris-Saclay* : un oral commun, avec préparation (1h) qui a la spécificité de commencer par une courte leçon (environ 15 mn) sur un thème imposé suivie d'un petit problème de physique à résoudre (sans préparation). Ces oraux d'ENS sont souvent l'occasion de « parler physique » avec les examinateurs.

• *Centrale* : deux épreuves de physique à l'oral, la première (durée 30 mn) se fait sans préparation, la seconde (durée 30 mn) avec 30 mn de préparation. Au cours de cette seconde épreuve, une utilisation du logiciel Python est souvent demandée.

• *Mines-Ponts* : un oral en deux parties. Seule la première partie est préparée pendant 15 mn par la candidat.

• *CCP* : Un oral qui peut être de physique ou de chimie. Si l'oral est un oral de chimie, le TP sera de physique et réciproquement. L'oral de physique dure 1h, précédé d'une préparation de 30mn. Il se compose d'un premier exercice de type classique noté sur 14 points puis d'un exercice plus ouvert noté sur 6 points.

Oral 1 (Mines-Ponts)Exercice 1 (avec préparation)

Pour vivre une bactérie a besoin de consommer le dioxygène dissous dans l'eau au voisinage de sa surface. La bactérie est modélisée par une sphère fixe, de rayon R , et sa masse volumique μ est assimilée à celle de l'eau. Le régime est considéré comme stationnaire et on note $n(r)$ la densité de dioxygène dissous à la distance r du centre de la bactérie. La diffusion du dioxygène dans l'eau obéit à la loi de Fick avec un coefficient de diffusion D . À grande distance de la bactérie, la densité de dioxygène dissous est notée n_0 et est supposé constante.

On admet que la consommation en dioxygène de la bactérie est proportionnelle à sa masse et on introduit $\mathcal{A}$ le taux horaire de consommation de dioxygène par unité de masse mesuré en $\text{mol.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$.

1. On néglige ici les phénomènes de convection. Définir ce terme ainsi que celui de diffusion.
2. Exprimer $\vec{j}(r) = j(r)\vec{e}_r$, le vecteur densité de flux de molécules de dioxygène diffusées en fonction de D , $n(r)$, le vecteur $\vec{e}_r$ étant le vecteur unitaire radial.
3. Exprimer le nombre $\Phi(r)$ de molécules de dioxygène rentrant par unité de temps dans une sphère de rayon $r > R$ en fonction de $j(r)$. Que dire de ce flux en régime stationnaire.
4. Exprimer Φ en fonction de R , μ , $\mathcal{A}$ et du nombre d'Avogadro $\mathcal{N}_A$.
5. En déduire l'expression de n_s . Quelle inégalité doit être vérifiée afin que la bactérie ne suffoque pas ? En déduire le rayon critique d'une bactérie aérobie.

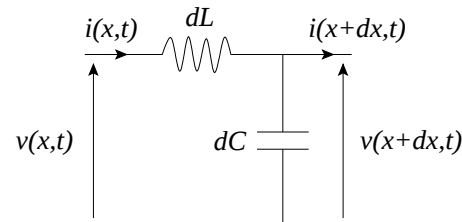
Exercice 2 (sans préparation)

Un chariot de masse M est tiré avec une force constante de norme F selon les x croissants sur une route horizontale. Dans ce chariot se déversent en plus des gravats avec un débit massique constant q_m .

1. Établir la loi de vitesse $v(t)$ du chariot.
2. Par un bilan de puissance, établir la puissance des actions intérieures au chariot.

Oral 2 (Mines-Télécom)Exercice 1 (sans préparation)

Une tranche infinitésimale d'épaisseur dx d'un câble coaxial peut être modélisée par le schéma de la figure comportant une inductance élémentaire $dL = \Lambda dx$ et une capacité élémentaire $dC = \Gamma dx$.



1. Rappeler la condition pour se placer dans le cadre de l'ARQS dans le câble.
2. Établir l'équation de propagation pour la tension $v(x,t)$ en faisant apparaître une vitesse de propagation c .
3. On écrit $i(x,t) = f(t - x/c)$, en déduire $v(x,t)$. Définir et calculer alors l'impédance du câble. Quelle serait l'impédance pour une onde se propageant selon les x décroissants ?

Exercice 2 (sans préparation)

On considère un appareil photo dont l'objectif est assimilé à une lentille mine de distance focale $f' = 38 \text{ cm}$. Le capteur de l'appareil photo est constitué d'une multitude de pixels carrés de côté $a = 30 \mu\text{m}$.

Un sprinteur courant dans une direction perpendiculaire à l'axe optique passe à la distance $d = 30 \text{ m}$ de l'objectif (on suppose que la mise au point de l'appareil photo est correctement effectuée) à une vitesse $v = 36 \text{ km.h}^{-1}$. Quel doit être le temps de pose de l'appareil pour que la photo soit nette ?

Oral 3 (X)Exercice 1 (sans préparation)

On considère un cycle moteur constitué de deux isochores et de deux isothermes. Le fluide parcourant le cycle est de l'air considéré comme gaz parfait. Déterminer le rendement du moteur et discuter de l'irréversibilité de son fonctionnement.

Exercice 2 (sans préparation)

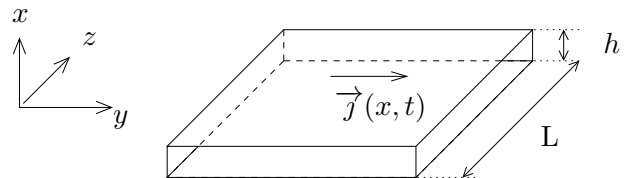
On considère un objet astronomique éloigné de tout, constitué d'un liquide de masse volumique $\rho(x)$ coincé entre deux plans perpendiculaires à Ox espacés de $2h$ (en $x = \pm h$). Sans faire aucune hypothèse sur l'état du fluide, exprimer la pression en $x = 0$ à l'aide de $\sigma = \int_0^h \rho(x) dx$ et de la constante de gravitation universelle $\mathcal{G}$.

Oral 4 (Centrale)Exercice 1

On considère une plaque de métal conducteur (conductivité $\gamma = 7 \times 10^7 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$) de largeur L (selon Oz), de hauteur $h \ll L$ (selon Ox) et de longueur considérée infinie selon Oy . Dans ces conditions, cette plaque est parcourue par un courant de densité volumique $\vec{j}(x, t) = j(x, t) \vec{u}_y$ en régime sinusoïdal de fréquence $f = 100 \text{ kHz}$.

La plaque conductrice est comprise entre les plans $x =$

$-h/2$ et $x = h/2$ et on suppose la fonction $j(x, t)$ paire en x . Calculer le rapport $\frac{j_m(h/2)}{j_m(0)}$ où $j_m(x)$ est l'amplitude de $j(x, t)$ en régime sinusoïdal.

Exercice 2 (sans préparation)

Une étudiante, à la recherche de sensations fortes saute depuis un pont surplombant une rivière à $H = 80 \text{ m}$ au dessus du niveau de celle-ci. Cette étudiante est attachée au pont par une corde élastique qui lui permet d'avoir une vitesse tout juste nulle lorsque sa tête vient raser la rivière. Après plusieurs allers et retours, elle finit par s'immobiliser à $d = 20 \text{ m}$ au dessus du niveau de l'eau. Quelle est la vitesse maximale atteinte par cette étudiante ?

Oral 5 (CCINP)Exercice 1 (avec préparation)

Un coureur de marathon perd par évaporation 2 litres d'eau en $\tau = 4$ heures de course, soit environ une masse $m = 2 \text{ kg}$. Pour courir, il porte une combinaison de surface totale $S = 1,5 \text{ m}^2$ constituée de N trous cylindriques de rayon $r = 1 \text{ mm}$ et de hauteur $e = 2 \text{ mm}$ qui est aussi l'épaisseur de la combinaison. On note D le coefficient de diffusion de la vapeur d'eau dans l'air. On fait les hypothèses simplificatrices suivantes :

- La vapeur d'eau est considérée comme un gaz parfait.
- La densité particulaire de molécules d'eau est négligeable à l'interface air extérieur/combinaison.
- L'équilibre liquide vapeur est satisfait à l'interface peau/combinaison.
- On se place en régime stationnaire.
- On adopte un modèle plan pour la combinaison.

On note P_{sat} la pression de vapeur saturante de l'eau à la température de 37°C qui est supposée être celle du coureur, M la masse molaire de l'eau, R la constante des gaz parfaits et N_A la constante d'Avogadro.

1. Rappeler la loi de Fick et donner l'unité de chaque grandeur qui y intervient. Établir l'équation de diffusion vérifiée par la densité particulaire de vapeur d'eau $n(z)$ dans un cylindre de la combinaison ($z = 0$ sur la peau, $z = e$ à l'interface air extérieur/combinaison).
2. Calculer n_0 la densité particulaire de vapeur d'eau en $z = 0$.
3. Déterminer $n(z)$ et Φ_e le flux de molécules d'eau sur toute la surface de la combinaison.
4. En effectuant une analogie électrique ou thermique exprimer une « résistance de diffusion » R_{diff} et fonction de D et r notamment.

5. Exprimer et calculer le nombre N de trous nécessaires sur la combinaison. On donne $P_{\text{sat}} = 6000 \text{ Pa}$ à $T = 310 \text{ K}$, $M = 18 \text{ g.mol}^{-1}$ et $D = 10^{-5} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$.

Exercice 2 (sans préparation)

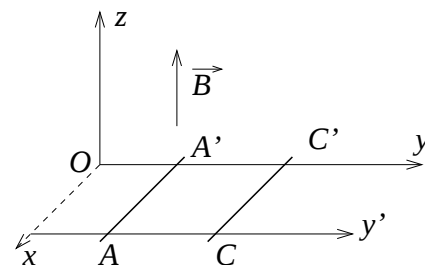
On considère une corde de guitare de longueur L fixée à ses deux extrémités.

1. Quelles sont les longueurs d'onde des ondes stationnaires observables ? Quelles sont les fréquences associées ?
2. On donne la tension de la corde $T_0 = 32 \text{ N}$ et la masse linéique de la corde $\mu = 0,104 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$. Retrouver la vitesse des ondes par analyse dimensionnelle. On suppose que le mode dominant est le fondamental. Avec $L = 63 \text{ cm}$ quelle note entend-on ?
3. On place le doigt sur la corde au milieu de la corde, quelle note entend-on ?

Oral 6 (Centrale)

Exercice 1 (sans préparation)

Sur deux rails horizontaux de résistance négligeable et distants de $a = AA' = 10 \text{ cm}$ sont placées deux tiges AA' et CC' perpendiculairement à ces deux rails parallèles et conducteurs. Ces tiges ont chacune une masse $m = 10 \text{ g}$, une résistance $r = 1 \Omega$. On suppose qu'elles glissent sans frottement sur les rails et qu'elles restent toujours parallèles entre elles et perpendiculaires aux rails. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme vertical $\vec{B} = B\vec{e}_z$ avec $B = 1 \text{ Tesla}$. On déplace la barre CC' avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_y$ constante à partir de l'instant $t = 0$.



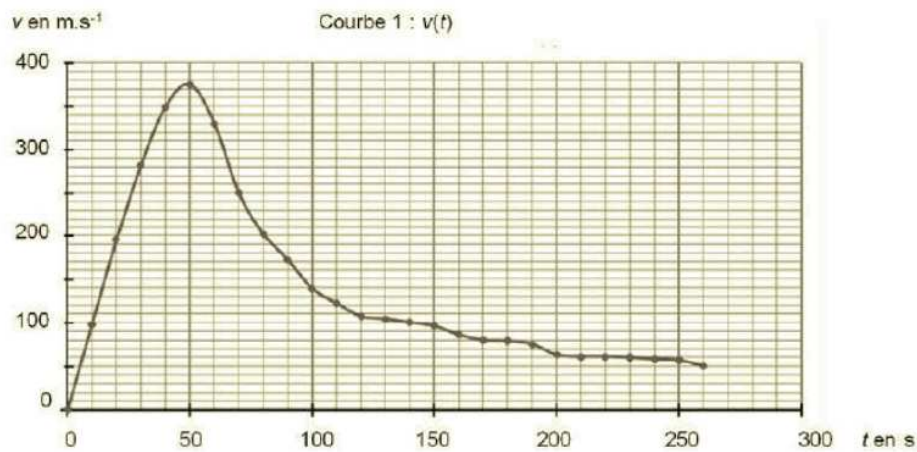
1. Prévoir le sens de déplacement de la barre AA' et le sens du courant induit dans le circuit constitué des deux barres et des rails.
2. Étudier le mouvement de la barre AA' en calculant son vecteur vitesse $\vec{v}_2(t)$. Au bout de combien de temps cette vitesse aura-t-elle atteint 99,9% de sa valeur limite.
3. Estimer la force que l'opérateur doit appliquer la barre AA' pour diviser par 2 la vitesse limite atteignable.

Exercice 2 (avec préparation)

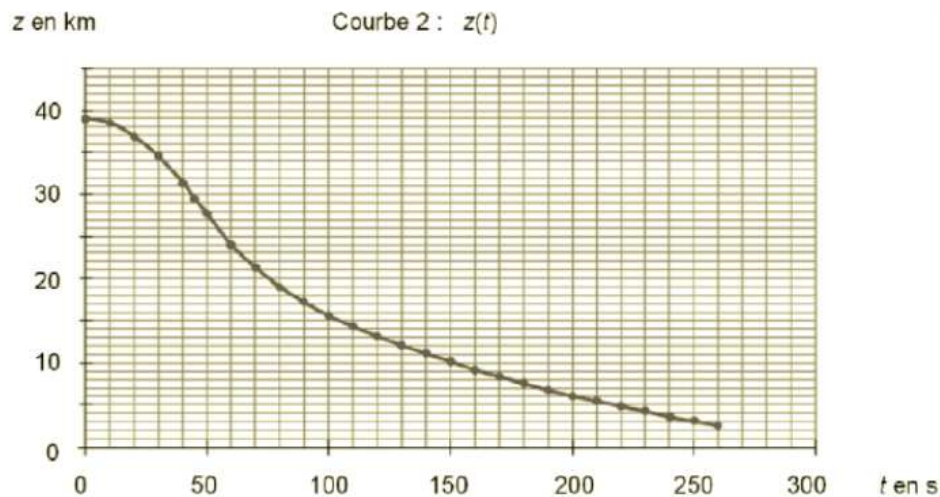
Le 14 octobre 2012, Félix Baumgartner a réalisé un saut historique en inscrivant trois records à son tableau de chasse : celui de la plus haute altitude atteinte par un homme en ballon soit $39\,045 \text{ m}$ d'altitude, le record du plus haut saut en chute libre, et le record de vitesse en chute libre soit $1341,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Après une ascension dans un ballon gonflé à l'hélium, il a sauté vers la Terre, vêtu d'une combinaison spécifique en ouvrant son parachute au bout de 4 min et 20 s. Le saut a duré en totalité 9 min et 3 s.

On donne quelques courbes ci-dessous :

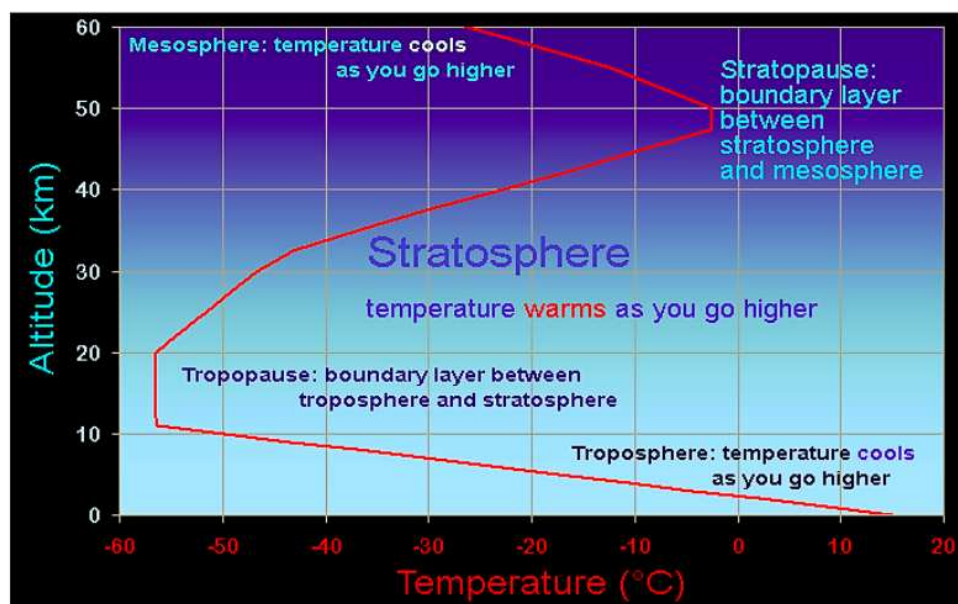
- Courbe 1 : évolution temporelle de la vitesse v de Félix Baumgartner, dans le référentiel terrestre, jusqu'à l'ouverture du parachute.



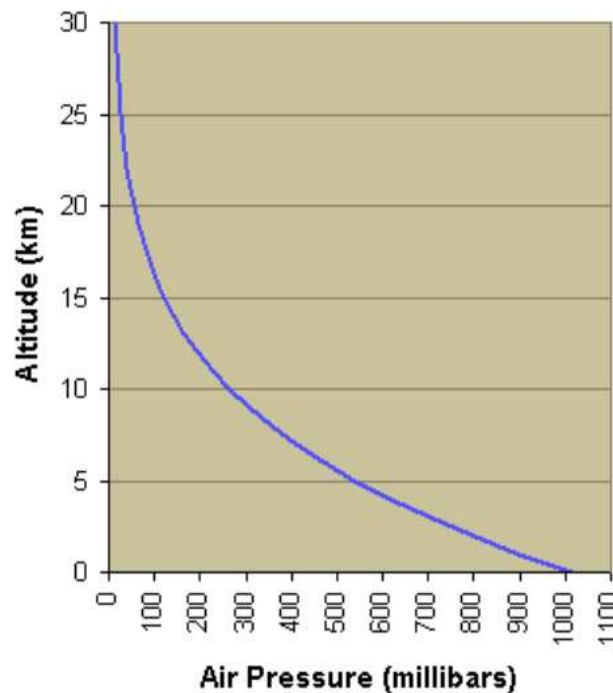
- Courbe 2 : évolution temporelle de l'altitude z par rapport au sol de Félix Baumgartner, jusqu'à l'ouverture du parachute.



- Courbe 3 : évolution de la température dans la stratosphère.



- Courbe 4 : évolution de la pression dans la stratosphère.



• Données numériques : masse de la Terre : $M_T = 6.10^{24} \text{ kg}$; rayon moyen de la Terre : $R_T = 6400 \text{ km}$; constante de gravitation universelle $\mathcal{G} = 6,67.10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Tracer l'allure de la courbe d'accélération de Félix Baumgartner au cours du temps. Est-il en chute libre au début du saut ?
2. Lors de son saut, Félix Baumgartner a-t-il atteint une vitesse supersonique ?

Oral 7 (Mines-Ponts)

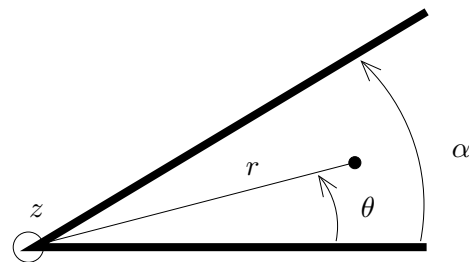
Exercice 1

Une fente source de lumière blanche (longueur d'onde $\lambda \in [400 \text{ nm}; 700 \text{ nm}]$) éclaire deux fentes (la fente source est dans le plan médian de ces deux fentes, les 3 fentes étant parallèles). Les deux fentes secondaires sont espacées de $a = 0,1 \text{ mm}$. Un écran est placé parallèlement au plan de ces fentes secondaires à une distance $D = 2,0 \text{ m}$ du plan de ces fentes.

1. Décrire la figure d'interférences en justifiant.
2. Dans l'écran on perce une fente très fine (parallèle aux précédentes) à la distance $d = 3,0 \text{ cm}$ de la frange centrale. On place ensuite derrière cet écran une lentille de distance focale f'_1 de sorte que l'écran se trouve dans son plan focal objet. On place aussi derrière cette lentille un réseau de pas h comportant 500 traits par mm. Enfin derrière le réseau on place un système optique composé d'un objectif de distance focale f'_2 et d'une plaque CCD de largeur $L = 10 \text{ mm}$ et de hauteur $\ell = 7,5 \text{ mm}$ et comportant 10 millions de pixels qu'on suppose carrés. On ne s'intéresse qu'à l'observation des ordres de diffraction 1 et -1 par le réseau.
 - a. Expliquer l'observation d'un spectre cannelé par le réseau. Calculer les longueurs d'onde qui sont absentes du spectre.
 - b. Comment placer la lentille derrière le réseau (orientation) et quelle doit être la distance focale f'_2 maximale pour observer sur le capteur la totalité du spectre dans les ordres 1 et -1 ?
 - c. Quelle doit être la distance focale f'_2 minimale pour distinguer sur le capteur l'espace entre deux franges sombres du spectre ?

Exercice 2

On considère l'écoulement d'un fluide homogène de masse volumique μ entre deux plans fixes en $\theta = 0$ et $\theta = \alpha$. On utilisera les coordonnées cylindriques d'axe Oz orthogonal au plan de la figure ci-contre. L'écoulement est supposé permanent, irrotationnel et incompressible.



- Justifier qu'on puisse écrire la vitesse du fluide sous la forme $\vec{v} = \text{grad } \Phi(r, \theta, z)$.
- Déterminer une équation différentielle vérifiée par Φ . En considérant le problème invariant selon z , on pose $\Phi(r, \theta, z) = f(r)g(\theta)$.
- Donner l'équation différentielle vérifiée par $g(\theta)$ en fonction d'une constante K .
- Donner l'équation différentielle vérifiée par $f(r)$ en fonction de la même constante K .
- Quelles sont les conditions aux limites vérifiées par $\vec{v}$? Qu'en déduire pour $g(\theta)$?
- Déterminer $g(\theta)$ en fonction de K et d'une constante multiplicative. On exprimera K en fonction de α et d'un nombre entier n .
- On considère maintenant $\alpha = \frac{\pi}{2}$ et $n = 1$
 - Donner la nouvelle expression de $g(\theta)$.
 - On cherche $f(r)$ sous la forme $f(r) = r^m$. Déterminer m .
 - Tracer les lignes de courant de $\vec{v}$.

On rappelle l'expression de laplacien scalaire en coordonnées cylindriques

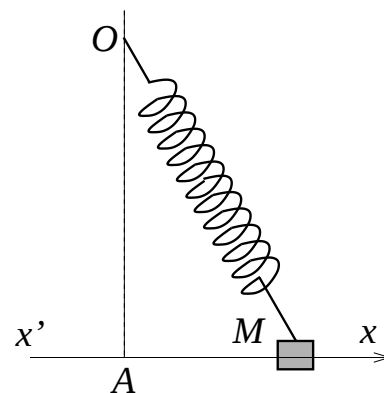
$$\Delta U = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \left(\frac{\partial U}{\partial r} \right) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$$

Oral 8 (Mines-Telecom)Exercice 1

On dispose d'un Michelson réglé en coin d'air et éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$. On place parallèlement au miroir M_1 une lame d'indice $n = 1,520$ et d'épaisseur e . On observe un déplacement de 36 franges. Que vaut e ? Évaluer la précision de la mesure.

Exercice 2

Le point M , de masse m , est attaché à un ressort de longueur à vide l_0 , de raideur k et peut se déplacer sans frottement le long de l'axe Ax . Le point O est fixe. On note $AO = a$.

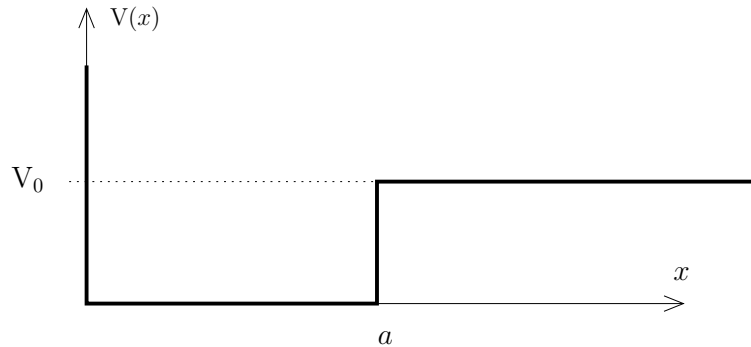


- Que dire de l'énergie potentielle de pesanteur de M au cours du mouvement?
- Que vaut l'énergie potentielle totale de M ? (à une constante près)
- Étudier les positions d'équilibre possibles pour M et leur stabilité en distinguant les cas $a > l_0$ et $a < l_0$. On pourra pour cela tracer dans ces deux cas la courbe $E_p(x)$.

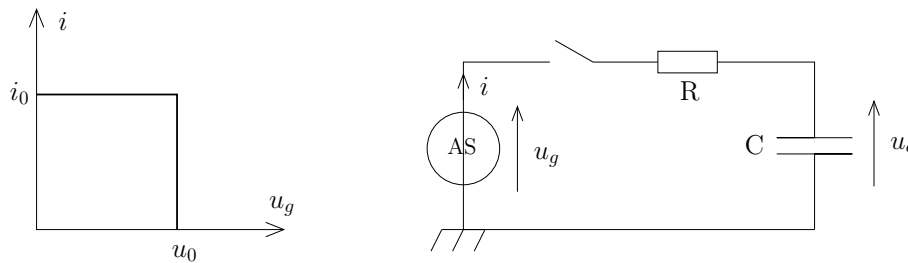
Oral 9 (Mines-Ponts)Exercice 1

- Une particule quantique, de masse m , est plongée dans un puits de potentiel unidimensionnel et infini de largeur a et pour lequel $V(x) = 0$ pour $x \in [0; a]$. On considère un état stationnaire de fonction d'onde $\Psi(x, t) = \varphi(x)e^{-i\omega t}$. Quelles sont les solutions possibles pour $\varphi(x)$ et les énergies correspondantes.

2. Mêmes questions pour un puits de potentiel semi-infini comme celui décrit ci-dessous où on demande de décrire les états stationnaires d'une particule quantique liée.



Exercice 2



On utilise une alimentation stabilisée « AS » qui délivre un courant i_0 continu tant que la tension à ses bornes soit telle que $u_g < u_0$ (caractéristique fournie ci-dessus). Cette alimentation est utilisée dans un circuit RC série dont on ferme l'interrupteur à $t=0$, le condensateur étant alors déchargé. On donne $u_0 = 20\text{ V}$, $i_0 = 100\text{ mA}$, $R = 100\ \Omega$ et $C = 100\text{ nF}$. Combien de temps après la fermeture de l'interrupteur la tension u_c atteint-elle la valeur $u_c = 19\text{ V}$?

Oral 10 (X)

Exercice 1

Un pulsar est un objet cosmologique émettant des impulsions électromagnétiques. Sur Terre on mesure la différences de temps d'arrivée entre deux impulsions de fréquences différentes supposées émises simultanément par le pulsar. L'indice de réfraction du milieu entre la Terre et le pulsar dépend de la pulsation de l'onde selon la loi

$$n(\omega) = \sqrt{1 - \frac{Ne^2}{\omega^2 m \epsilon_0}}$$

où m est la masse de l'électron, e la charge élémentaire, N la densité volumique.

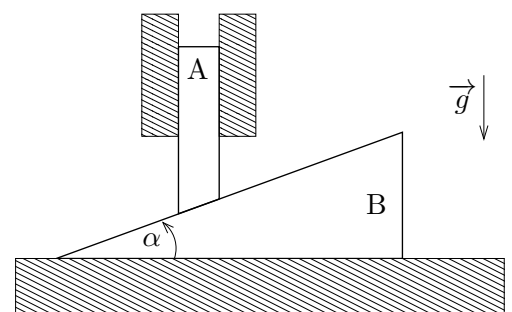
Exprimer la distance entre le pulsar et la Terre en fonction des fréquences f_1 et f_2 , de la différence de temps Δt entre les arrivées des deux impulsions et des constantes apparaissant dans l'expression de l'indice.

Quels commentaires pouvez-vous faire sur l'expression de l'indice $n(\omega)$?

Exercice 2

On considère les deux solides A et B en contact comme représenté ci-contre. Du fait du guidage par des parties fixes le solide A a un mouvement uniquement vertical et le solide B uniquement horizontal. On note m_A et m_B les masses respectives des solides A et B.

1. Dans un premier temps on néglige tout frottement. Exprimer les accélérations des solides A et B en fonction de g , α et du rapport m_A/m_B .



2. On suppose qu'il existe un faible frottement entre le solide B et la surface guidante horizontale, on note μ le coefficient de frottement solide correspondant. Comment les accélérations précédentes sont-elles modifiées ?

Oral 11 (Mines-Ponts)

Exercice 1

Dans tout le problème, on utilise des coordonnées cylindriques (r, θ, z) d'axe polaire Oz, dirigé suivant la verticale ascendante. Le champ de pesanteur terrestre est uniforme. On étudie le mouvement d'un solide, assimilé à un point matériel M de masse m . Ce solide se déplace sur la surface intérieure d'un paraboloides de révolution d'axe Oz et d'équation $r^2 - az = 0$ ($a > 0$). Le solide est soumis à la réaction du support mais on néglige tous les frottements.

1. Montrer qu'il existe une constante C telle que $C = f(r, \dot{\theta})$.
2. Donner l'expression de l'énergie mécanique sous la forme : $E_m = \frac{1}{2}G(r)\dot{r}^2 + E_{p,eff}(r)$.
3. Faire une étude graphique appropriée. Commenter.
4. Question supplémentaire rajoutée : quelle est la période propre d'oscillation autour de l'équilibre (c'est-à-dire le r qui minimise $E_{p,eff}(r)$) ?

Exercice 2

On branche un générateur de tension idéal aux bornes d'une tige conductrice. En régime stationnaire, la température de la tige est de 22°C ; celle de l'air ambiant est de 20°C . On débranche le générateur ; on coupe un tiers de la tige, et on rebranche le générateur aux bornes des deux tiers restants. On suppose que les échanges entre la tige et l'air sont du type conducto-convectifs.

Quelle est la nouvelle température de la tige en régime stationnaire ?

Quel résultat obtiendrait-on avec un modèle de transfert entre la tige et l'air de type rayonnement de corps noir ?

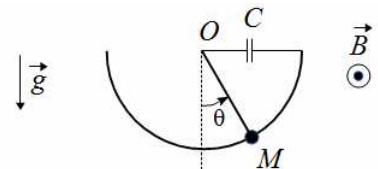
Oral 12 (Mines-Ponts)

Exercice 1

Un pendule est formé de la barre OM, homogène, de masse m , de longueur R, pourvue d'une liaison pivot parfaite en O, ce qui fait qu'elle peut osciller dans le plan de figure ci-contre (qui est vertical).

Cette barre est conductrice de l'électricité, de même que le rail semi-circulaire fixe, de rayon R et de centre O, avec lequel elle est en permanence en contact au point M, on néglige leur résistance. Un condensateur de capacité C (voir figure) relie l'extrémité O de la barre à une extrémité du rail. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique stationnaire et uniforme, d'origine extérieure, de direction horizontale, $\vec{B} = B\vec{e}_x$. On donne le moment d'inertie de la barre par rapport à son axe de rotation Ox : $J = \frac{1}{3}ml^2$.

Déterminer la période des petites oscillations du pendule.



Exercice 2

Un jetlev est un dispositif fixé au dos d'un pilote lui permettant de s'élever au-dessus d'un lac. Une poussée suffisante est permise par l'expulsion d'eau à grande vitesse par deux tuyères orientées vers le bas et alimentées par un tuyau flexible d'une dizaine de mètres de long. Pour limiter le poids de l'engin, la pompe et le carburant sont disposés dans un bateau annexe.

À l'aide de différents bilans, estimer la puissance que doit fournir la pompe pour permettre au pilote de rester à une hauteur d'une dizaine de mètres au-dessus de la surface de l'eau ?



Oral 13 (CCINP)Exercice 1

Un tuyau cylindrique très long d'axe Ox et de section constante S contient de l'air ($c = 340 \text{ m.s}^{-1}$ et $\rho_0 = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$).

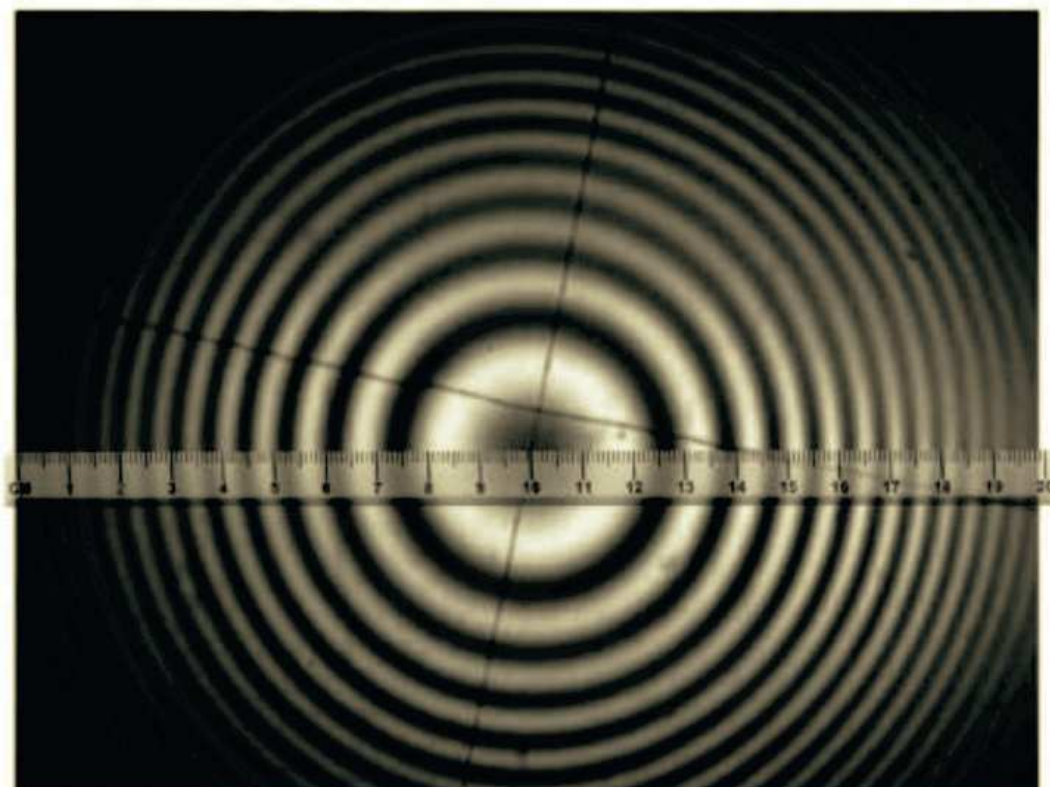
En $x = 0$ est placé un plateau très mince de masse surfacique uniforme σ , susceptible de vibrer sous l'effet des ondes acoustiques qui peuvent s'établir dans la tuyau.

Une OPPS de pulsation ω se propage dans la région (1) dans le sens positif. Elle donne naissance à une onde réfléchie et une onde transmise. Le plateau acquiert un mouvement de translation $\eta(0, t) = a_0 \cos \omega t$.

1. En écrivant les conditions de passage pour les trois ondes acoustiques en $x = 0$, déterminer les amplitudes complexes a_t de l'onde transmise $\eta_t(x, t)$ et a_r de l'onde réfléchie en fonction de l'amplitude a_i de l'onde incidente $\eta_i(x, t)$.
2. La membrane joue le rôle de filtre de fréquences. Quelle est la nature de ce filtre et quelle est sa pulsation de coupure ω_0 à -3 dB ?
3. Quels sont les particularités des différentes ondes lorsque ω est dans la bande passante ? Lorsque ω n'est pas dans la bande passante ?
4. Exprimer la longueur d'onde de coupure λ_0 en fonction de ρ_0 , de l'épaisseur d et de la masse volumique du plateau ρ_p .
5. Le plateau est en béton ($\rho_p = 2300 \text{ kg.m}^{-3}$). Calculer l'épaisseur d du plateau pour obtenir un affaiblissement de 50 dB à 300 Hz. En déduire f_0 et λ_0 .
6. Conclure quant à l'atténuation du son entre deux logements voisins. Dans quelle mesure peut-on utiliser le modèle de masse surfacique pour le plateau ?

Exercice 2

La figure suivante a été obtenue à l'aide d'un interféromètre de Michelson éclairé par une source étendue de longueur d'onde dominante $\lambda = 589 \text{ nm}$.



1. Proposer un montage permettant d'obtenir cette figure avec tout le matériel usuellement disponible en salle de TP.
2. Dédurre de la figure l'épaisseur de la lame d'air équivalente, sachant que l'image est observée sur un écran à l'aide d'une lentille de distance focale image $f' = 100$ cm. Évaluer l'incertitude associée.

Oral 14 (X-ESPCI)Exercice 1

On donne l'équation d'état d'un fluide : $P(V - nV_1) = nRT$ où P est sa pression, V son volume, T sa température, n le nombre de moles, R la constante des gaz parfaits et V_1 une constante. Son entropie s'écrit alors

$$S(T, V) = nR + \frac{5}{2}nR \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) + nR \ln\left(\frac{V - nV_1}{n(V_0 - V_1)}\right)$$

1. Pourquoi n est-il placé là où on l'écrit dans les expressions ci-dessus. Comment le justifier ?
2. Donner l'équation de propagation d'une onde sonore dans ce fluide (approximation acoustique) et sa vitesse de propagation.

Exercice 2

Dans un fluide infini, et qui, dans le référentiel d'étude, est immobile « au loin », une balle sphérique de rayon R se déplace avec une vitesse constante $\vec{v}_0$. Le fluide est parfait et incompressible, l'écoulement provoqué par le mouvement de la balle est irrotationnel.

1. Montrer que le champ des vitesses du fluide est donné par $\vec{v} = \overrightarrow{\text{grad}} \left(\frac{\vec{A} \cdot \vec{r}}{r^3} \right)$ où l'on a noté $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$, avec O le centre de la balle, $\vec{A}$ est un vecteur uniforme et constant, et M est un point quelconque dans le fluide. On déterminera totalement (norme, direction, sens) le vecteur $\vec{A}$.
2. Déterminer l'énergie cinétique totale du système (fluide et balle). On donne m , la masse de la balle et μ la masse volumique du fluide.

Oral 15 (CCINP)Exercice 1

1. On dispose d'un réseau de N fentes, séparées d'une longueur $a = 0,1$ mm. On envoie un rayon incident de longueur d'onde λ sous l'incidence θ_0 par rapport à la normale du réseau. Trouver l'angle θ_p , angle de sortie des rayons du réseau qui interfèrent de façon constructive.
2. On s'intéresse à une lampe spectrale possédant un doublet de longueurs d'onde $\lambda_1 = 576,96$ nm et $\lambda_2 = 579,07$ nm. Trouver l'angle θ_0 sachant que le rayon correspondant à la longueur d'onde λ_2 , à l'ordre 1, sort en incidence normale.
3. On ajoute, après le réseau, une lentille de distance focale $f' = 20$ cm et un écran situé dans le plan focal de la lentille. Trouver x , impact sur l'axe vertical de l'écran des rayons lumineux ayant traversé le réseau, pour l'ordre 1 et 2, avec la longueur d'onde λ_1 puis pour la longueur d'onde λ_2 . Le doublet est identifiable si la distance séparant les deux impacts est supérieure à $d = 0,5$ mm. Trouver l'ordre p pour lequel la séparation est visible.
4. On envoie maintenant des macromolécules de masse molaire $M = 515$ g·mol⁻¹. Que se passe-t-il qualitativement ? Trouver la vitesse des macromolécules sachant que l'interfrange est le même qu'avec la longueur d'onde λ_1 .

Données : Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹ et constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.

Exercice 2

Un grand dauphin pèse en moyenne 150 kg et mesure en moyenne 2 mètres de long. Il vit dans une eau de température moyenne $T_e = 20^\circ\text{C}$ et mange en moyenne 5 kg de poisson par jour, dont l'apport énergétique moyen est de 100 kcal pour 100 g de poisson (1 kcal = 4,18 kJ). Sa température interne est de $T_i = 36^\circ\text{C}$.

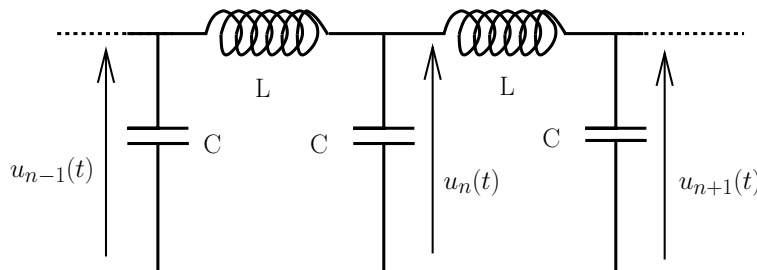
Il est isolé de l'eau par une couche de graisse de conductivité thermique $\gamma = 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ d'épaisseur moyenne e .

Estimer l'épaisseur de graisse du dauphin. Critique du modèle.

Oral 16 (Centrale)

Exercice 1

On considère le montage suivant étudié dans le cadre de l'ARQS :



1. Rappeler la définition de l'ARQS, quelles sont les conditions pour l'appliquer ? Conséquences ?
2. Donner une relation entre $u_{n-1}(t)$, $u_{n+1}(t)$, $u_n(t)$, L et C .
3. Tous les condensateurs sont séparés de la distance a . Ainsi $u_n(t) = u(x = na, t)$ et on se place dans l'approximation des milieux continus. Trouver l'équation différentielle vérifiée par $u(x, t)$.
4. On donne $L = 0,1 \text{ H}$ et $C = 1 \mu\text{F}$, $a = 1 \text{ cm}$. Calculer la vitesse v de propagation de $u(x, t)$.
5. On sort du modèle continu et on étudie la propagation d'une onde du type

$$u_n(t) = \underline{U}_0 \exp j(\omega t - kna)$$

- a. Montrer qu'il existe une fréquence limite au delà de laquelle, il n'y a pas de propagation dans le circuit.
- b. Exprimer la vitesse de groupe en fonction de ω , montrer que pour ka petit, on retrouve le résultat du 4.
- c. Soit N , un entier naturel tel que $u_0 = u_{N+1} = 0$ à tout instant. Montrer que la pulsation est quantifiée et donner le nombre de modes propres accessibles.

Exercice 2

Dans Star Wars (épisode IV) Dark Vador détruit la planète Alderande en 1 seconde à l'aide d'un puissant rayon laser vert.

1. En considérant que pour détruire la planète il faut seulement que le laser fournisse l'énergie de gravitation de la planète, déterminer la puissance du laser en fonction de la masse M de la planète et de son rayon R . Faire l'application numérique pour une planète similaire à la Terre.
2. Calculer le nombre de photons émis par le laser.
3. Quelles énergies ont été négligées dans la question 1. ?

Oral 17 (Mines-Ponts)

Exercice 1 (Avec préparation)

Un vaisseau spatial de masse m orbite circulairement autour d'un astre sphérique de masse M et de rayon R . Le rayon de l'orbite est noté r_0 , la norme de la vitesse du vaisseau est v_0 . Le pilote cherche à échapper à l'attraction gravitationnelle de l'astre.

1. Les moteurs du vaisseau fournissent une poussée très brève : la distance à l'astre n'a pas le temps de varier pendant cette phase. Quelle est la vitesse minimale v' que doit atteindre le vaisseau pour se libérer ? On l'exprimera en fonction de v_0 .
2. Les réserves en carburant du vaisseau permettent une variation de vitesse, en une ou plusieurs poussées, égale en valeur absolue à $\Delta v = 4v_0$.

- Alors que l'orbite est encore circulaire, le vaisseau exerce une poussée et atteint une vitesse égale à $5v_0$. Quelle est la vitesse v'' du vaisseau « à l'infini » ?
- On procède à présent différemment. Le vaisseau commence par décélérer pour atteindre la vitesse $v_0/2$. Ensuite, lorsqu'il atteint le point le plus proche de l'astre, le pilote accélère, vidant les réserves de carburant. Quelle est la trajectoire du vaisseau après la décélération ? À l'issue de la manœuvre, quelle est sa vitesse v''' « à l'infini » ?

Exercice 2 (Sans préparation)

Un pendule est constitué d'un fil de 4 m de longueur $L = 4\text{ m}$ au bout duquel est fixé une boule chargée de masse $m = 2\text{ g}$. L'ensemble est placé entre les armatures (notées A et B) d'un condensateur plan (effets de bords négligés). En appliquant une tension U de 2 kV entre les armatures, on constate que la boule se rapproche de l'armature A, se déplaçant de $d = 25\text{ mm}$ sur un axe normal aux armatures. Les armatures sont distantes de $D = 18\text{ cm}$, et on suppose que la présence de la charge ne modifie pas le champ électrique du condensateur.

- Calculer la charge de la boule.
- On augmente la tension entre les armatures : désormais, $d = 30\text{ mm}$. Calculer la nouvelle tension U' .
- La tension aux bornes du condensateur valant à nouveau U , on charge la boule de masse m avec la charge $q' = 0,5\text{ }\mu\text{C}$. Le pendule pivote de 30 degrés par rapport à la verticale. Calculer la charge surfacique des armatures. On rappelle la valeur de la permittivité diélectrique du vide $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{12}\text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$.

Oral 18 (Mines-Ponts)

Exercice 1

On s'intéresse à un fluide incompressible situé dans le demi-espace $z \geq 0$. On considère le problème invariant selon x et y . On cherche l'expression de la vitesse du fluide sous la forme $\vec{v} = v(z, t)\vec{e}_x$. On note μ la masse volumique du fluide et η sa viscosité dynamique. En $z = 0$ est située une plaque horizontale qui ferme le récipient.

- À l'aide de l'équation de Navier-Stokes rappelée ci-dessous

$$\mu \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} \right) = -\text{grad } p + \eta \Delta \vec{v}$$

donner l'équation différentielle vérifiée par $v(z, t)$.

- On impose une vitesse à la plaque située en $z = 0$ de la forme $v_0 \cos(\omega t)$. On cherche l'expression complexe de la vitesse dans le fluide sous la forme $\underline{v} = \underline{v}_1 \exp(j(\omega t - \underline{k}z))$ avec $\underline{k} = k' - jk''$
 - Pourquoi k' et k'' sont-ils positifs ?
 - Déterminer $\underline{v}_1$ ainsi que la relation de dispersion.
 - Déterminer k' et k'' .
 - Déterminer une hauteur H à partir de laquelle l'amplitude de vitesse est divisée par un facteur e .

Exercice 2

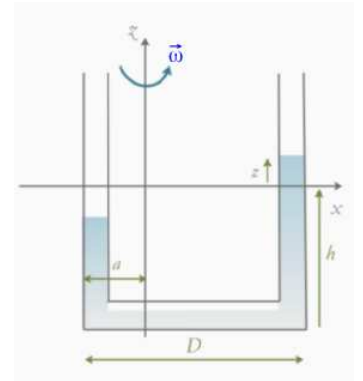
On considère une machine thermique fonctionnant réversiblement avec deux sources de capacités calorifiques C_1 et C_2 , initialement à des températures T_{10} et T_{20} .

Données : $C_1 = C_2 = 4,18\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}$, $T_{10} = 360\text{ K}$ et $T_{20} = 280\text{ K}$.

- Quand la machine s'arrête-t-elle de fonctionner ? Quelles sont les températures finales des deux sources ?
- Calculer les différents échanges (thermiques et travail).
- Calculer le rendement du dispositif.
- Modifications dans le cas d'une machine réelle.

Oral 19 (Centrale)Exercice 1 (Sans préparation)

On considère un tube en U, de section uniforme, en rotation autour de l'axe vertical Oz à la vitesse angulaire $\vec{\omega} = \omega \vec{e}_z$. Le niveau $z = 0$ dans les deux branches du tube correspond au niveau de la surface à l'équilibre en l'absence de rotation. Ce niveau se situe à la hauteur h au dessus du fond du tube. On note μ la masse volumique du liquide dans le tube.



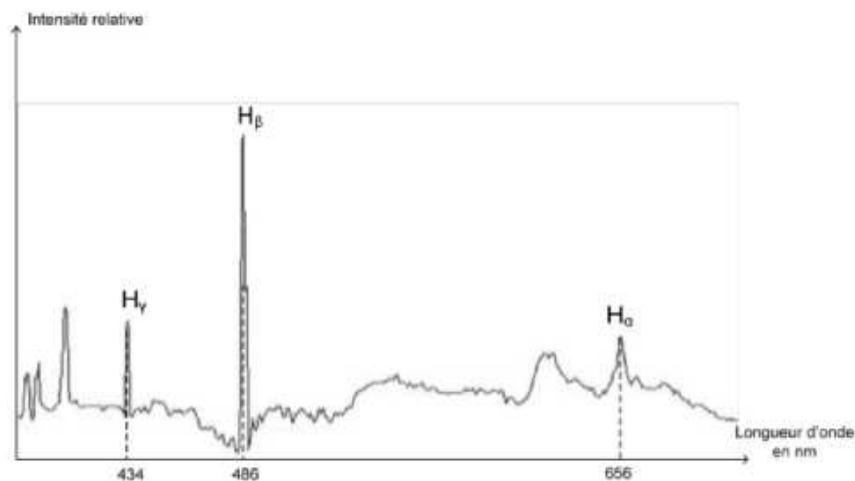
1. Déterminer la différence de hauteur dans les deux branches du tube en U de section constante lorsqu'il tourne à la vitesse angulaire constante ω .
2. Montrer que ω doit être inférieure à une vitesse de rotation maximale $\omega_{\max}$ à déterminer pour que le liquide reste dans chacun des deux tubes.
3. Étudier, à l'aide d'arguments énergétiques, la stabilité de l'équilibre lorsque $\omega < \omega_{\max}$.

Exercice 2 (Avec préparation)

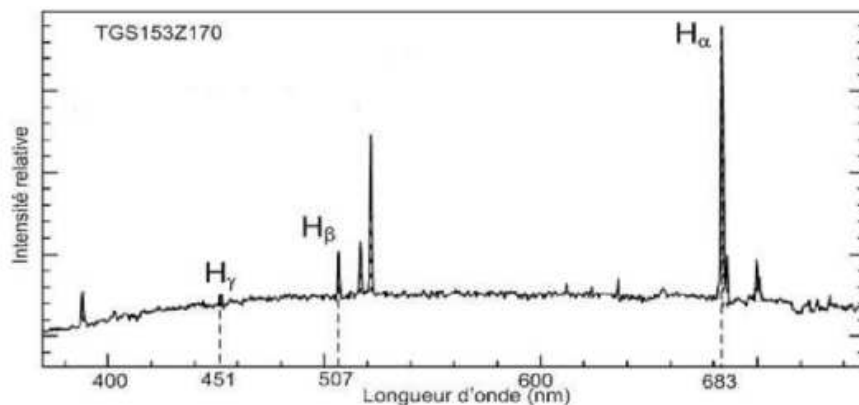
Lorsqu'un émetteur se déplace par rapport à un récepteur fixe, la fréquence f_r perçue par le récepteur est différente de la fréquence f_e de l'onde émise par l'émetteur. Dans un modèle non relativiste, on montre que :

$$f_r = \frac{f_e}{1 \pm \frac{v}{c}} \quad (1)$$

1. À quoi correspondent v , c , et les signes $+$ ou $-$ dans la relation (1) ? Justifier sans calcul votre réponse.
2. Démontrer la relation (1) dans le cas où l'émetteur mobile se rapproche du récepteur fixe à la vitesse v . On suppose que l'émetteur émet des bips à intervalle de temps régulier $t_i = iT_e$ où i est un entier.
3. Sur les spectres donnés observe-t-on un « red shift » ou un « blue shift » ? Exploiter les données et les documents qui suivent pour déterminer la vitesse d'éloignement de la galaxie TGS153Z170 par rapport à un observateur terrestre. On rappelle la vitesse de propagation la lumière dans le vide : $c = 3.10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Spectre d'émission de l'hydrogène obtenu pour une source en laboratoire



Spectre de la galaxie TGS153Z170 avec indexage des raies (Source M. Colless et al. *The 2dF Galaxy Redshift Survey : spectra and redshifts*, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328, 1039-1063 (2001))

Oral 20 (Mines-Ponts)

Exercice 1

On considère la propagation d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement. Cette propagation a lieu selon les z croissants et l'angle que fait le vecteur $\vec{E}$ avec l'axe Ox est noté α . Cette onde arrive sur une lame quart d'onde disposé perpendiculairement à l'axe Oz et dont les lignes neutres correspondent aux directions Ox et Oy , Ox correspondant en plus à l'axe rapide.

1. Pour quelle(s) valeur(s) de α obtient-on une polarisation circulaire en sortie de la lame quart d'onde ?
2. On souhaite obtenir en sortie une polarisation elliptique dont le grand axe est dirigé selon Ox et dont le demi grand axe est égal au double du demi petit axe. Quelle doit être la valeur de α ? Quel est alors sens de parcours de l'ellipse ?

Exercice 2

On considère un solide matérialisé par un chaîne d'oscillateurs de masse m reliés par des ressorts de raideur k . Soit $u_n(t)$ le déplacement du $n^{\text{ième}}$ atome par rapport à sa position d'équilibre.

1. Déterminer l'équation différentielle reliant $u_n(t)$, $u_{n-1}(t)$ et $u_{n+1}(t)$.
2. L'écart entre deux atomes, à l'équilibre, vaut a . Donner un ordre de grandeur pour a . Dans quelle mesure peut-on se placer dans le cadre de l'approximation des milieux continus ?
3. Dans le cadre de cette approximation, on écrit $u_n(t) = u(x, t)$. Montrer que u vérifie l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \omega_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

avec ω_0 à définir.

4. Exprimer le module d'Young E du matériau en fonction de sa longueur L , de son allongement ΔL , de la force de traction F exercée à l'extrémité du matériau et de sa section S .
5. Exprimer alors la célérité d'une onde progressive dans le milieu en fonction de E et de la masse volumique du matériau. On pourra pour cela se contenter d'un modèle 1D.
6. Deux ondes de même amplitude se propagent en sens inverse, prouver que l'on obtient une onde stationnaire dans le milieu.

Oral 21 (CCINP)

Exercice 1

1. On considère un tuyau d'axe Ox de longueur L ouvert à ses extrémités (surpression nulle aux extrémités)

le but étant de déterminer l'expression de la surpression $p(x, t)$ dans le tuyau. Montrer que la longueur d'onde de l'onde est de la forme $\lambda_n = 2L/n$ (n entier) (on cherchera les solutions sous forme d'ondes stationnaires)

2. On considère à présent que le tuyau est délimité par deux plans d'équation $y = 0$ et $y = a$ (infini selon Oz et Ox). On suppose que la surpression est de la forme $p(x, y, t) = p_0 f(y) \cos(\omega t - kx)$.
 - a. Donner l'équation vérifiée par $p(x, y, t)$ en fonction de c (la célérité de l'onde).
 - b. Donner les conditions aux limites vérifiées par la vitesse en $y = 0$ et $y = a$.
 - c. En déduire l'expression de $f(y)$ (on utilisera l'équation d'Euler dans le cadre de l'approximation acoustique).
 - d. On pose un entier m . Montrer que $k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{m^2\pi^2}{a^2}$.

Exercice 2

On suppose qu'une onde électromagnétique de champ électrique $\vec{E} = E_0 \exp(i(\omega t - kx))\vec{e}_y$ et de fréquence $f = 1 \text{ MHz}$ se propage dans un conducteur électrique de conductivité σ et de même permittivité diélectrique et perméabilité magnétique que le vide.

1. Déterminer la relation de dispersion de l'onde. En déduire un indice du milieu conducteur.
2. Simplifier ces expressions compte tenu de la valeur de f .
3. Donner l'expression réelle de $\vec{E}$ et interpréter.

Oral 22 (X-ESPCI)

Exercice 1

On étudie un élastique circulaire de rayon initial ρ_0 , de raideur k , et de masse m . Initialement l'élastique n'est ni tendu, ni comprimé. On le met en rotation autour d'un axe fixe passant par le centre du cercle formé par l'élastique avec la vitesse angulaire ω . Déterminer le nouveau rayon ρ de l'élastique. on fera la résolution par deux méthodes dont l'une sera énergétique.

Exercice 2

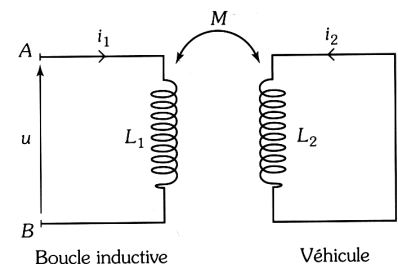
Une voiture de masse $m = 10^3 \text{ kg}$ est équipée d'un moteur d'une puissance maximale $P = 50 \text{ kW}$. Avec cette puissance, la voiture atteint une vitesse maximale $v_m = 144 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. En supposant que les forces de frottement que subit la voiture sont essentiellement dues à l'air, et de la forme $\vec{f} = -kv\vec{v}$ où $\vec{v}$ est la vitesse de la voiture, calculer le temps τ nécessaire pour que, en roue libre, la voiture ralentisse de sa vitesse maximale jusqu'à la moitié de cette valeur.

1. Quelle est la distance d parcourue pendant ce temps ?
2. Quelle distance d' la voiture parcourra-t-elle avant de s'arrêter ? Que pensez-vous de ce résultat ?

Oral 23 (CCINP)

Exercice 1

En milieu urbain, la détection par boucle inductive est très souvent utilisée par exemple pour la gestion des temps d'attente aux feux tricolores. Le capteur est une boucle conductrice d'inductance propre L_1 implantée dans la chaussée, formée de spires de la taille de l'ordre du mètre (dipôle AB parcouru par un courant $i_1(t)$ de la figure ci-contre). Lorsqu'un véhicule passe sur cette boucle, des courants de Foucault sont induits dans ses parties métalliques. On modélise alors le véhicule par un circuit d'inductance L_2 parcouru par le courant $i_2(t)$. On note M le coefficient de mutuelle inductance. On négligera la résistance des circuits.



1. Écrire les deux équations différentielles couplées vérifiées par les courants i_1 et i_2 .

2. Éliminer i_2 entre ces deux équations et donner l'équation différentielle liant u et i_1 . En déduire, qu'en présence du véhicule, le dipôle AB est équivalent à une inductance propre L' qu'on exprimera en fonction de L_1 , L_2 et M .
3. Cette boucle fait partie d'un circuit électronique oscillant dont la fréquence est fonction de son inductance. Ce circuit est composé d'un condensateur en série avec le dipôle AB. Quelle est sa pulsation de résonance ? Calculer sa variation relative en fonction de la variation relative d'inductance du circuit et proposer un dispositif de détection du véhicule.

Exercice 2

Un liquide réfrigérant dans un réfrigérateur effectuant des cycles dithermes réversibles, reçoit des transferts thermiques Q_c d'une source chaude à la température T_c , Q_f d'une source froide à la température T_f et un travail W d'un moteur de puissance P . Pour les applications numériques, on donne l'enthalpie massique de fusion de l'eau $L_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$, $T_c = 308 \text{ K}$, $T_f = 263 \text{ K}$ et $P = 200 \text{ W}$

1. Faire un schéma de principe du système. Donner les signes de Q_c , Q_f et W .
2. Définir l'efficacité e .
3. Expliciter e en fonction de T_c et T_f . Calculer e
4. On place une masse m d'eau liquide à 0°C dans le réfrigérateur. Quelle est la masse m_g de glace formée en 1 s ? Calculer m_g .

Oral 24 (Centrale)

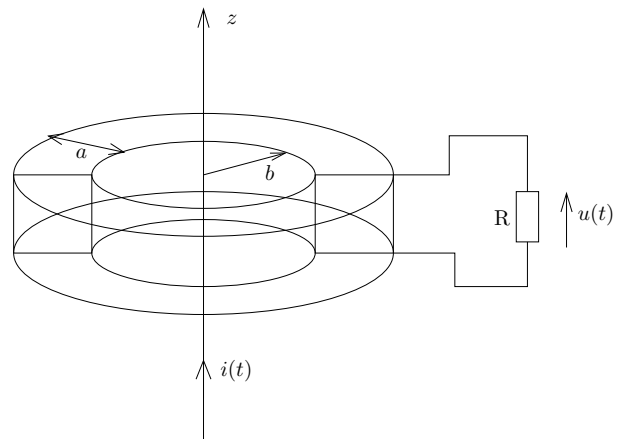
Exercice 1 (sans préparation)

On considère un fil infini placé sur l'axe d'une bobine torique de section carrée (côté a) comportant N spires. Le circuit des N spires est fermé par une résistance R . Le fil est parcouru par le courant $i(t)$. Donner l'évolution de la tension $u(t)$ aux bornes de la résistance R en fonction de la forme de $i(t)$:

1. $i(t) = I = \text{cte}$
2. $i(t)$ est sinusoïdal
3. $i(t)$ est un échelon de tension.

On négligera la résistance des fils de la bobine mais on tiendra compte de son inductance propre.

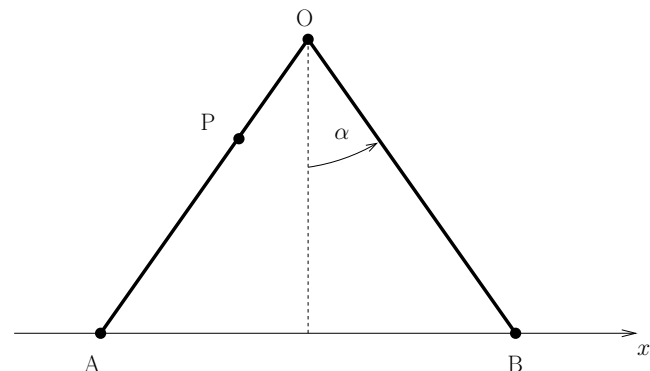
Quel pourrait être l'utilité d'un tel dispositif ?



Exercice 2

Une personne P de masse m , se trouve sur une échelle en forme de triangle isocèle AOB de demi-angle au sommet α . Les deux pans de l'échelle AO et OB sont identiques, de masse $M/2$ et de longueur h . On note x la distance OP . Le coefficient de frottement entre A et B et le sol vaut f . On considère le problème plan.

1. Montrer que la condition de non glissement de l'échelle s'écrit



$$\tan \alpha \frac{\frac{1}{2} + \frac{m}{M} \left(1 - \frac{x}{h}\right)}{1 + \frac{m}{M} \left(1 - \frac{x}{h}\right)} \leq f$$

2. Tracer avec Python

$$g(X) = \tan \alpha \frac{\frac{1}{2} + \frac{m}{M}(1-X)}{1 + \frac{m}{M}(1-X)} \quad \text{pour } X \in [0; 1]$$

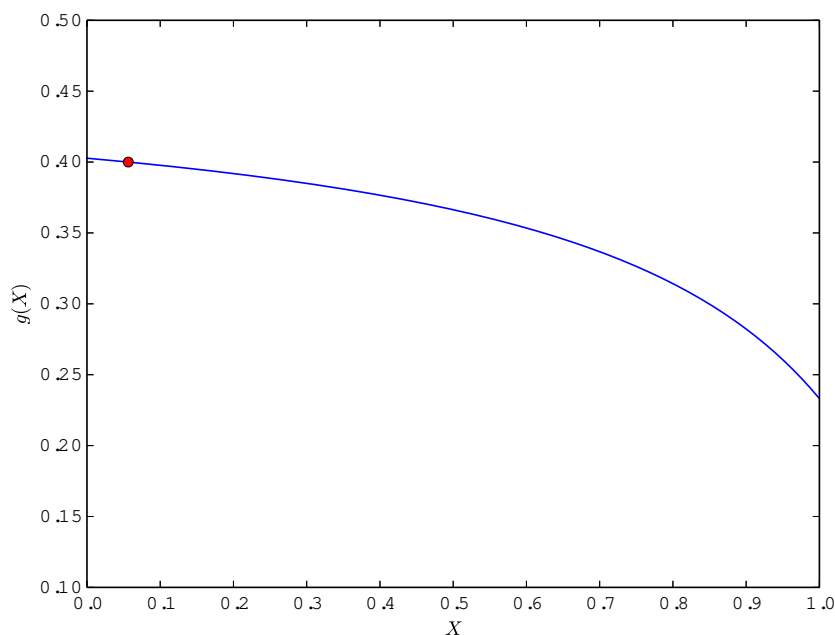
avec $\alpha = 25^\circ$, $M = 30 \text{ kg}$, $m = 80 \text{ kg}$.

Si $f = 0,4$, à partir de quel X y-a-t-il glissement ?

Est-il possible, en jouant sur certains paramètres, de ne jamais avoir glissement.

3. On suppose maintenant que l'échelle peut glisser. Dans ce cas les deux pieds de l'échelle commencent-ils à glisser en même temps. Si non, quel pied glisse le premier ?

Pour le tracé avec Python, on trouve :

**Oral 25** (CCINP)Exercice 1 (Avec préparation)

Un réservoir de pompier de longueur $L = 95 \text{ cm}$ selon Ox et de hauteur $H = 80 \text{ cm}$ selon Oz est rempli jusqu'à une hauteur $h = 65 \text{ cm}$. La pression à la surface est maintenue à $P_0 = 1 \text{ bar}$ et l'eau a une masse volumique supposée constante $\mu = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

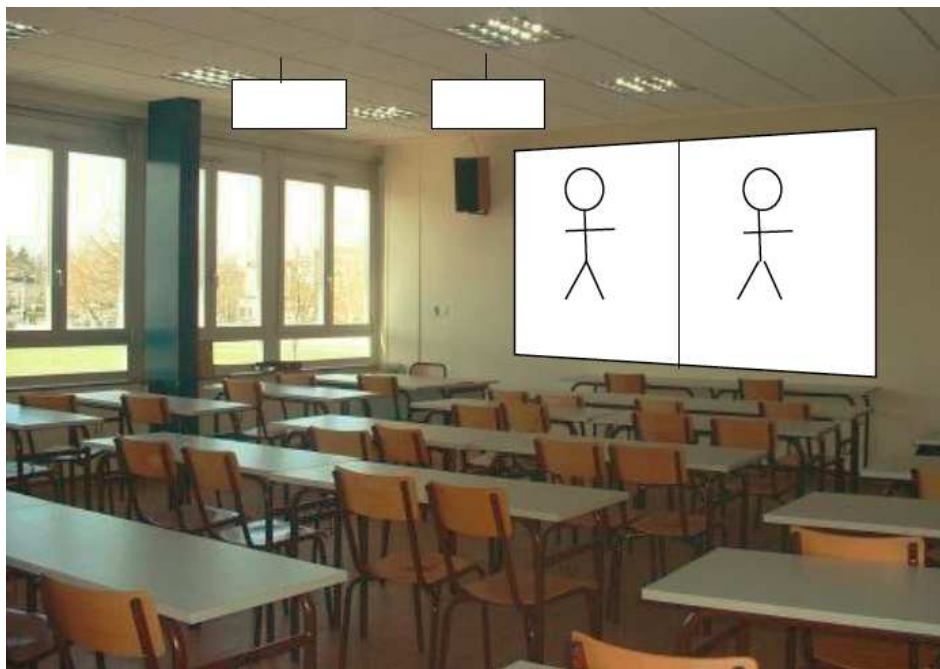
- Donner l'équivalent volumique des forces de pression. Retrouvez l'équation de la statique des fluides et en déduire $p(z)$.
- Calculer la force de pression s'exerçant sur une face latérale du réservoir parallèle au plan Oxz . Faire l'application numérique. Commenter.
- Le camion démarre avec une accélération $\vec{a} = a_0 \vec{e}_x$. Déterminer l'équation $z(x)$ de la surface libre.
- Le camion est arrêté, on le vide par une ouverture en $z = 0$ de diamètre $d_1 = 3,1 \text{ cm}$ sur laquelle on fixe la lance à incendie. Celle-ci se termine par un embout conique dont la sortie est de diamètre $d_2 = 1,9 \text{ cm}$. Une pompe fournissant une puissance $P = 1,3 \text{ kW}$ permet d'obtenir un débit de volume $D_v = 3 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ lorsque l'embout est à une altitude $Z > 0$. Calculer v_1 la vitesse du fluide à la sortie de la pompe et v_2 celle à la sortie de l'embout. Quelle est la hauteur maximale h_m (par rapport à l'altitude Z de l'embout), atteinte par l'eau ?

Exercice 2 (Sans préparation)

On donne la photo d'une salle dans laquelle il y a un vidéo projecteur au plafond et une image projetée au tableau. L'examineur fournit également une règle graduée.

Un vidéo projecteur peut être modélisé par un système optique composé d'une lentille mince. L'objet projeté par le vidéo projecteur est celui affiché sur une dalle LCD de 24 mm de hauteur.

Évaluer la distance focale du vidéoprojecteur.

Oral 26 (Centrale)Exercice 1

Un four est accolé à l'extrémité $x = 0$ d'un cylindre d'axe Ox , de rayon R , de conductivité thermique k , de capacité thermique massique c_p , masse volumique μ , qui dissipe de l'énergie thermique au contact de l'air à la température T_a , selon la formule de Newton :

$$d\Phi = h(T(x, t) - T_a)dS \quad (\text{flux thermique élémentaire à travers un élément de surface } dS)$$

On note $\theta(x, t) = T(x, t) - T_a$.

1. Établir l'équation $\frac{\partial \theta}{\partial t} - a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + b\theta = 0$. Déterminer a et b en fonction de R , c_p , μ , h et k et donner leur unité.
2. On cherche une solution de la forme $\theta = \theta_p + \theta_s$ (θ_p solution en régime permanent, θ_s solution particulière). En notant $\theta_s(x, t) = A(x) \exp(i\omega t)$ (notations complexes), trouver l'équation vérifiée par l'amplitude complexe $A(x)$.
3. On pose $u^2 = \frac{b}{a} + i\frac{\omega}{a}$ et on écrit u sous la forme $u = \pm(i\gamma + \Gamma)$. Retrouver la relation $\theta_s(x, t) = A \exp(i(\omega t - \gamma x)) \exp(-\Gamma x)$.
4. Proposer une solution pour $\theta_p(x)$
5. À quoi correspond θ_s physiquement ?

Exercice 2 (sans préparation)

Un densimètre de masse $m = 5 \text{ g}$ est constitué d'un bulbe de volume $V = 4 \text{ mL}$ surmonté d'une tige de diamètre $d = 5 \text{ mm}$. On plonge le densimètre dans l'eau, le bulbe est totalement immergé, puis dans un deuxième fluide,

dans lequel il s'enfonce de 1,5 cm de plus que dans l'eau. Déterminer la masse volumique du deuxième fluide.

Oral 27 (Centrale)

Exercice 1

On considère un matériau supraconducteur situé entre les plans $x = -a$ et $x = +a$. A l'extérieur du supraconducteur règne un champ magnétique $\vec{B} = B_{\text{ext}} \vec{e}_y$.

À l'intérieur du supraconducteur circule un courant de densité volumique :

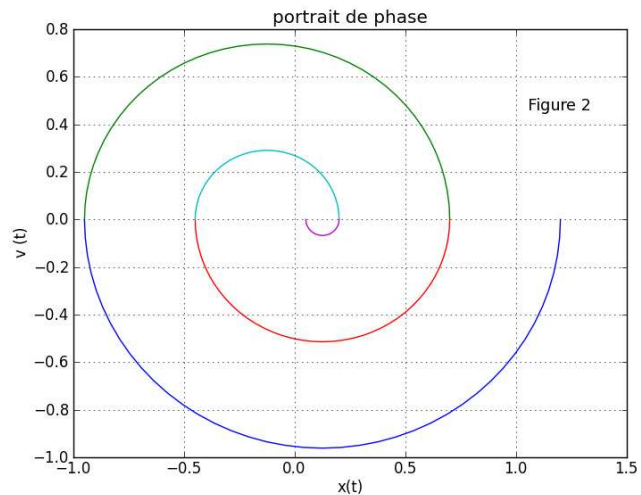
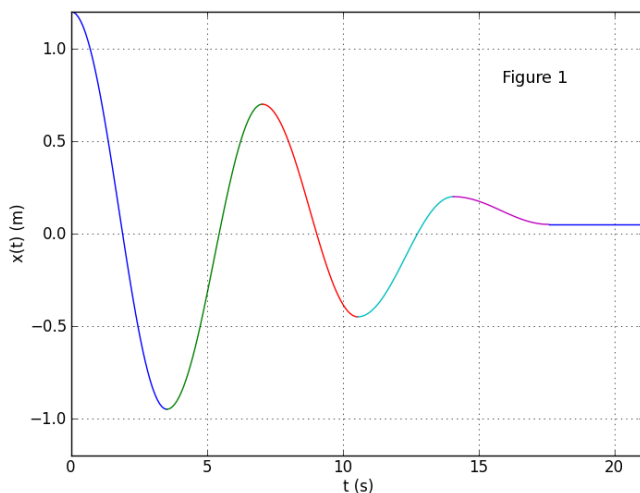
$$\begin{aligned} \diamond \vec{j} &= +j_c \vec{e}_z \text{ si } x \in [0; +a] \\ \diamond \vec{j} &= -j_c \vec{e}_z \text{ si } x \in [-a; 0] \end{aligned}$$

1. Déterminer $\vec{B}_{\text{tot}}$ dans le supraconducteur.
2. Une brève perturbation entre t et $t + dt$ fait varier les courants de δj_c . Montrer que
$$\vec{E} = \mu_0 \frac{\partial j_c}{\partial t} \left(\frac{x^2}{2} - ax \right) \vec{e}_z \text{ si } x \in [0; +a]$$
$$\vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial j_c}{\partial t} \left(\frac{x^2}{2} + ax \right) \vec{e}_z \text{ si } x \in [-a; 0]$$
3. Calculer l'énergie moyenne volumique reçue par effet Joule.
4. La perturbation, via l'effet Joule, entraîne une variation de température δT . Le matériau n'est supraconducteur qu'au dessous d'une température critique T_c . Montrer que le matériau ne peut être supraconducteur que si a est au dessous d'une valeur critique a_c . On notera c la capacité thermique volumique du matériau.

Exercice 2

On considère un cube de masse m pouvant se déplacer selon l'axe horizontal Ox . Il est attaché à un ressort de constante de raideur k , de longueur à vide l_0 dont l'autre extrémité est fixe. On choisit l'origine O de l'axe pour la position où le ressort est au repos et on note $l(t) = l_0 + x(t)$ sa longueur à un instant t . Le contact entre le cube et le plan se fait avec un coefficient de frottement f . On déplace le cube à une position repérée par l'abscisse x_0 et on le lâche sans vitesse initiale.

1. Montrer qu'il existe une plage d'équilibre, c'est-à-dire un intervalle pour x_0 dont chaque point est susceptible d'être une position d'équilibre. Donner les bornes de cet intervalle en fonction des données.
2. On suppose $x_0 > 0$ hors de la plage précédente, montrer qu'on observe une succession d'oscillations dont l'amplitude varie régulièrement. Montrer que le cube finit par s'arrêter. Cela est-il cohérent avec la figure 1 ?
3. La figure 2 représente le portrait de phase. Orienter la courbe. Montrer que c'est une succession d'arcs de courbes que l'on déterminera. Commenter.



Oral 28 (CCINP)Exercice 1

Soit le référentiel galiléen $\mathcal{R}$ de repère $(Oxyz)$. On définit le référentiel $\mathcal{R}'$ de repère $(Ox'y'z)$ en rotation à la vitesse angulaire $\vec{\Omega} = \Omega \vec{e}_z$ autour de Oz .

Une barre OA de longueur $2l$ et de masse m . La position de la barre dans le référentiel $\mathcal{R}'$ est paramétrée par l'angle θ entre la barre et Oz .

1. Quelles sont les forces conservatives s'exerçant sur la tige dans $\mathcal{R}'$? Donner leur expression.
2. Calculer l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} . Montrer que l'énergie potentielle de la force d'inertie d'entraînement dans $\mathcal{R}'$ est $E_{pie} = -\frac{2}{3}m\Omega^2(l \sin \theta)^2$, donner E_p totale.
3. Déterminer les positions d'équilibre relatif de la tige et discuter de leur stabilité.

Exercice 2

Un chariot de masse m possède une rampe demi-circulaire de rayon R sur laquelle on envoie un jet d'eau de section S et de vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$ par rapport au sol.

L'écoulement de l'eau est parfait, incompressible et homogène de masse volumique μ .

Le chariot à une vitesse initiale nulle susceptible de varier. Déterminer l'expression de la vitesse $v(t)$ du chariot en négligeant les frottements.

**Oral 29** (Centrale)Exercice 1

On étudie une population de molécules dipolaires. Chaque dipôle, de moment $\vec{p}$ ne peut occuper que deux positions opposées de la direction Oz : $\vec{p}_1 = p\vec{e}_z$ et $\vec{p}_2 = -p\vec{e}_z$.

En l'absence de champ extérieur, les probabilités de passage, par seconde, de la position (1) à la position (2) et de (2) à (1) sont égales, on notera $\pi_{1 \rightarrow 2} = \pi_{2 \rightarrow 1} = \frac{1}{2\tau}$ ces probabilités. En présence d'un champ électrique $\vec{E} = E\vec{e}_z$ ($E > 0$), la probabilité de passage du niveau i au niveau j est

$$\pi_{i \rightarrow j} = \frac{1}{2\tau} \exp\left(-\frac{W_j}{k_B T}\right)$$

où W_j est l'énergie de la molécule dans la position j , T la température et k_B la constante de Boltzmann. On utilisera le développement au 1er ordre de $\exp(x) \simeq 1 + x$ sachant que les énergies W_j sont faibles devant l'énergie d'agitation thermique.

1. Commenter le choix des lois de passage d'un niveau à l'autre.
2. Établir le système différentiel satisfait par les densités de molécules $N_1(t)$ et $N_2(t)$ de chaque niveau en présence de champ électrique. On note $N = N_1(t) + N_2(t)$.
3. Quelle est l'équation différentielle satisfaite par le vecteur polarisation, densité volumique de moment dipolaire, $\vec{P}(t) = \frac{d\vec{p}}{d\tau}$. Solution de cette équation dans le cas où $\vec{E}$ est nul, pour $t < 0$, et est constant pour $t > 0$.

Exercice 2

Aujourd'hui les « réseaux holographiques » qu'on obtient directement en photographiant des franges sur des polymères photosensibles ont tendance à remplacer les réseaux gravés.

Il s'agit de produire un interférogramme à partir de la figure d'interférence de 2 faisceaux après séparation d'amplitude. L'angle qui sépare les 2 faisceaux incidents sur la plaque holographique déterminera le pas du réseau et donc son nombre de traits au mm.

Les « traits » du réseau sont matérialisés par les franges sombres et brillantes de l'interférogramme obtenu. Pratiquement le procédé se décompose en 3 étapes :

- ◊ la première concerne l'enregistrement des interférences sur un support photosensible ;
- ◊ la seconde implique un procédé chimique de développement du support, et dure typiquement un bon quart d'heure avec des plaques argentiques,
- ◊ la dernière est le processus dans lequel un laser diffracte sur le réseau sinusoïdal codé dans le support photosensible.

Question : On photographie les franges créées par un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air sur la pellicule photosensible d'un appareil photographique de focale $f' = 50 \text{ mm}$ placé à 70 cm des miroirs de l'interféromètre éclairé par une lampe de longueur d'onde $\lambda = 632 \text{ nm}$. Déterminer l'angle du coin d'air pour que le réseau généré soit de 300 traits par mm.

Oral 30 (Mines-Ponts)

Exercice 1

On considère un faisceau laser dont le col a pour rayon $w_0 = 0,50 \text{ mm}$. On dispose d'un objectif de microscope que nous assimilerons à une lentille de distance focale $f'_1 = 2,5 \text{ mm}$. La longueur d'onde du laser est $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$. Épurer un faisceau laser consiste à placer un petit diaphragme circulaire dans le plan de Fourier, centré sur le foyer, de façon à ne laisser passer que les basses fréquences spatiales (portées par le faisceau laser) et à éliminer les hautes fréquences créées par des défauts présents sur des éléments optiques par exemples (speckles).

1. Déterminer la divergence angulaire du faisceau incident.
2. Définir la longueur de Rayleigh du faisceau incident et la comparer à la distance focale f'_1 . Conclure quant à la modélisation du faisceau.
3. Déterminer le rayon du col/waist du faisceau émergent et en déduire le diamètre d'un trou de filtrage à placer dans le plan focal image de l'objectif de microscope pour épurer le faisceau. On admette que le faisceau n'est pas diffracté par le trou si son diamètre est 2 fois plus petit que celui du trou (expliquer pourquoi).
4. Il existe une rayure de 0,01 mm sur la face de sortie du laser. Quel est l'effet produit ? Comment se manifeste-t-il dans le plan focal de l'objectif ? Montrer que le trou de filtrage résout le problème.
5. Calculer la distance focale f'_2 d'une deuxième lentille placée après l'objectif de microscope pour obtenir un faisceau de diamètre 2 cm. Quelle est la divergence angulaire du faisceau ?

Exercice 2

1. La planète Jupiter (centre J) de masse M et de rayon R crée un champ gravitationnel dans tout l'espace : donner son expression.
2. On considère un satellite sphérique homogène (centre S) de rayon a en mouvement circulaire à une distance r_0 du centre de Jupiter. Calculer son accélération et sa vitesse dans le référentiel Jupito-centrique supposé galiléen.
3. On considère un point A de masse m en équilibre à la surface du satellite. Déterminer une relation vectorielle traduisant l'équilibre du point.
4. On considère les points J (centre de Jupiter), S (centre du satellite) et A alignés. Déterminer une relation sur r_0 pour que le point M décolle du satellite.
5. En utilisant le modèle précédent, discuter sur les facteurs influençant la dislocation d'un satellite.

Oral 31 (CCINP)

Exercice 1

On envisage une bulle de champagne, sphérique, de centre B fixe et de rayon variable $a(t)$, contenant $N_g(t)$ molécules de dioxyde de carbone CO_2 assimilé à un gaz parfait ; on note $C_g(t)$ le nombre de molécules de CO_2 par unité de volume dans cette bulle, supposé uniforme. On repère un point M par ses coordonnées sphériques (r, θ, φ) de centre B. Le champagne liquide occupe le reste de l'espace et on y note $C(r, t)$ le nombre volumique

de molécules de CO_2 , supposé indépendant de θ et φ .

On néglige les phénomènes de tension superficielle et la pesanteur, de telle sorte que la pression est uniforme dans tout le système, avec la même valeur dans la phase gazeuse et dans la phase liquide. L'équilibre chimique entre une bulle de champagne et la solution aqueuse qui l'entoure dans une bouteille fermée où la pression initiale vaut $p = p_i$ impose la relation $C = \chi p_i / k_B T$ entre le nombre volumique de molécules de CO_2 dans la phase liquide et la pression p_i dans la phase gazeuse ; χ ne dépend que de la température, c'est donc ici une constante ; k_B est la constante de Boltzmann.

Lorsqu'on ouvre une bouteille de champagne, la pression chute brutalement jusqu'à la pression atmosphérique $p = p_e < p_i$. La condition d'équilibre chimique n'est plus assurée qu'à l'interface entre la bulle et la solution, elle s'écrit $C(r = a, t) = \chi p_e / k_B T$. Loin de la bulle on suppose qu'on a toujours $C(r = \infty, t) = \chi p_i / k_B T$. Ainsi $C(r, t)$ n'est plus uniforme et le dioxyde de carbone diffuse dans la solution : on note $\vec{j} = j(r, t) \vec{e}_r$, le vecteur densité de flux de particules, il satisfait la loi de Fick avec un coefficient de diffusion D .

1. Exprimer le flux $\Phi(r)$ en molécules CO_2 à travers la sphère de rayon r en fonction de r et $j(r)$.
2. On se place en régime stationnaire. En déduire que $C(r)$ est de la forme $C(r) = \alpha + \beta/r$ où α et β sont deux constantes qu'on ne cherchera pas pour l'instant à déterminer.
3. Bien que le régime réel ne soit pas stationnaire puisque le rayon a dépend du temps, on utilise la forme de $C(r)$ obtenue ci-dessus. Exprimer alors les constantes α et β en fonction de $a(t)$, χ , p_i , p_e , k_B et T .
4. En déduire le taux de variation dN_g/dt du nombre N_g de molécules de CO_2 dans la bulle de gaz en fonction de D , $a(t)$, χ , p_i , p_e , k_B et T .
5. Montrer que $a(t)$ est solution d'une équation différentielle de la forme $a(t)\dot{a}(t) = K$ où K est une constante qu'on exprimera en fonction de p_e , p_i , χ et D . Vérifier l'homogénéité de K .
6. En déduire l'expression de $a(t)$. Lors de la croissance de la bulle à la surface du verre sur son site de naissance pour $p_e = 1 \text{ bar}$ et $p_i = 3 \text{ bar}$, le rayon des bulles croît de $a_0 = 10^{-6} \text{ m}$ jusqu'à $a_1 = 10^{-5} \text{ m}$. Vérifier que dans ces conditions on a $K = 4.10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ sachant que $D = 3.10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et $\chi = 0,7$. Évaluer la durée τ de cette phase.

Exercice 2

On fabrique une lunette astronomique à partir de deux lentilles convergentes de focales $f'_1 = 60 \text{ cm}$ et $f'_2 = 5 \text{ cm}$.

1. Préciser quelle lentille constitue l'objectif et quelle lentille constitue l'oculaire.
2. Les objets célestes suivants sont-ils résolus avec ou sans cette lunette ?

Données :

- dimensions angulaires depuis la Terre : Lune/Soleil : $0,50^\circ$; Jupiter : $46''$; Vénus : $23''$
- le pouvoir de résolution de l'œil est de $1'30''$.

Oral 32 (CCINP)

Exercice 1

Une tige de longueur L et de rayon R a une masse volumique ρ , une capacité thermique massique c et une conductivité thermique λ .

1. L'équation de diffusion dans la tige est $\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ avec a la diffusivité thermique. Retrouver l'expression de a en fonction de ρ , c et λ par analyse dimensionnelle.
2. On donne $L = 40 \text{ cm}$ et $a = 2.10^{-5} \text{ u.s.i.}$ Calculer le temps caractéristique de diffusion thermique dans la tige.
3. En $x = 0$, la tige est portée à la température constante T_0 . La température de l'air ambiant est T_a . On suppose que les transferts thermiques entre la tige et l'air sont conducto-convectifs : la puissance cédée par une surface dS de surface de la tige en x s'écrit $dP = h(T(x, t) - T_a)dS$. Quelle est l'équation différentielle vérifiée par la température $T(x, t)$ dans la tige ?
4. Résoudre cette équation en régime permanent en introduisant une longueur caractéristique et en supposant que la tige est de longueur infinie.

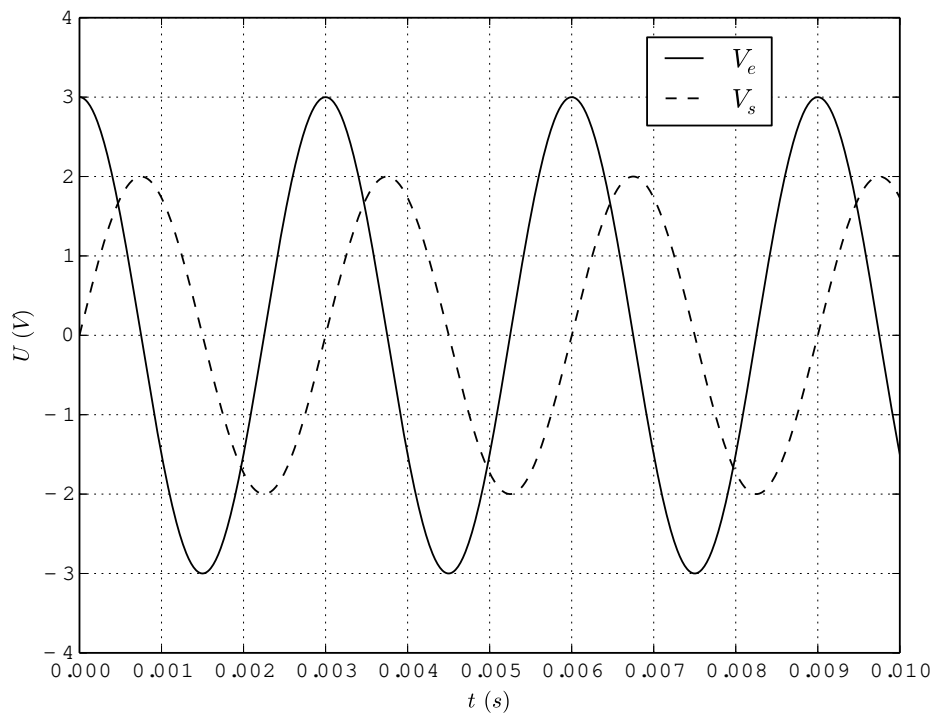
5. Pourquoi peut-on faire cette hypothèse de tige infinie.
6. On dispose de deux tiges de conductivités thermiques λ_1 connue et λ_2 inconnue. Ces tiges sont recouvertes de paraffine dont la température de fusion vaut $T_f = 343 \text{ K}$. Proposer une méthode pour déterminer λ_2 .

Exercice 2

On donne la fonction de transfert

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + 2\xi j \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

1. Donner l'allure du diagramme de Bode (gain et phase) en réalisant l'étude asymptotique. Quelle est la nature du filtre.
2. On utilise ce filtre avec un signal continu, on constate alors que la tension d'entrée est égale à la tension de sortie. En utilisant un signal sinusoïdal on obtient les courbes suivantes :



Déterminer alors H_0 , ξ et ω_0 .

Oral 33 (CCINP))

Exercice 1

On considère le condensateur sphérique composé d'un milieu isolant entre deux sphères de rayon a et b . Initialement la charge $+Q_0$ est portée par l'armature de rayon a et $-Q_0$ par l'armature de rayon b . À $t = 0$, on rend le milieu inter-armatures conducteur (conductivité électrique γ , ϵ_0 et μ_0). On suppose que dans l'espace entre les armatures $\vec{E} = E(r, t)\vec{e}_r$ et que le condensateur reste à tout instant globalement neutre.

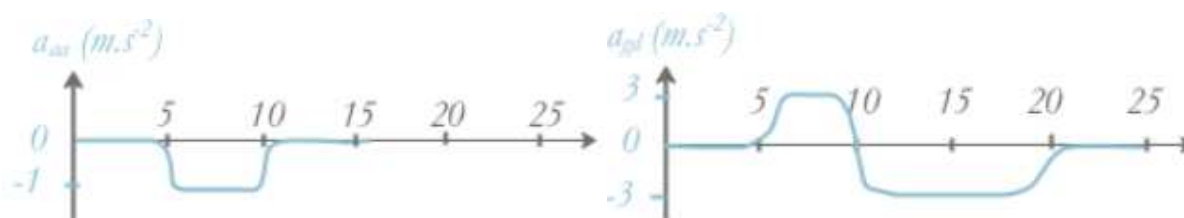
1. Montrer, à l'aide des symétries du problème, que $\vec{B}(r, t) = \vec{0}$.
2. Donner les équations de Maxwell dans le milieu conducteur
3. Donner l'équation différentielle dont $E(r, t)$ est solution en faisant apparaître un temps caractéristique τ .
4. La résoudre pour $a \leq r \leq b$.
5. Calculer la puissance dissipée par effet Joule.
6. Trouver $i(t)$, courant allant d'une armature à l'autre. En déduire la résistance du condensateur.

7. Comment, avec les seuls résultats précédents, trouver la capacité C du condensateur ?

Exercice 2

Un accéléromètre est placé sous une voiture. Celle-ci aborde un rond point avec une vitesse initiale de 50 km/h. Les chronogrammes a_{aa} (accélération avant-arrière, positive lorsque l'accélération est vers l'avant) et a_{gd} (accélération gauche-droite, positive lorsque l'accélération est vers la droite) sont représentés ci-dessous, la voiture faisant un tour complet du rond point.

Déterminer le rayon du rond point.



Oral 34 (Centrale)

Exercice 1

Soit une centrale nucléaire qui dispose de 4 réacteurs de 900 MW chacun. Pour cette centrale thermique, le rendement est de 36% et elle est refroidie par l'eau du Rhône (capacité thermique massique $c = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$). Quel doit être le débit minimum du Rhône pour que son élévation de température soit inférieure à $\Delta t_{\max} = 8 \text{ C}$?

Exercice 2

Estimer la vitesse du vent nécessaire pour renverser une voiture.

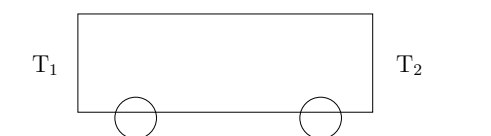
Oral 35 (X)

Exercice 1

On considère un astronaute, sur un astéroïde, sphérique de rayon R , de même densité que la Terre. En sautant, l'astronaute parvient à se libérer de l'astéroïde. Estimer le rayon R de l'astéroïde.

Exercice 2

Un wagon citerne est immobile posé sur des rails, de masse à vide $M = 180 \text{ kg}$; il n'y a pas de frottement. Le soleil chauffe une des faces à la température $T_2 = 335 \text{ K}$, l'autre face restant à $T_1 = 300 \text{ K}$. La citerne est remplie d'un gaz (supposé parfait), de masse 120 kg, sous une pression $P_0 = 150 \text{ bars}$ quand $T = 300 \text{ K}$, a une section de surface $S = 5 \text{ m}^2$. Que se passe-t-il ?



Oral 36 (CCINP)

Exercice 1

On considère une onde électromagnétique se déplaçant suivant l'axe (Oz) de la forme :

$$\vec{E} = E_{0x} \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x + E_{0y} \sin(\omega t - kz) \vec{u}_y$$

1. Montrer que cette onde est une onde polarisée elliptiquement et préciser son sens de rotation.
2. On place un polariseur dont l'axe $\vec{u}$ fait un angle α avec l'axe Ox . Calculer l'intensité de l'onde après avoir traversé le polariseur. En déduire une méthode pour trouver les directions $\vec{u}_x$ et $\vec{u}_y$ de l'onde incidente.
3. On enlève le polariseur et on met à la place une lame quart d'onde d'épaisseur e dont les axes neutres sont confondus avec les axes de directions $\vec{u}_x$ et $\vec{u}_y$ de l'onde incidente. On confond l'axe Ox avec l'axe d'indice n_0 et l'axe Oy avec l'axe d'indice n_e tel que $n_e > n_0 > 0$. Préciser l'appellation axe lent et axe rapide et les déterminer pour cette lame quart d'onde. Donner une relation entre n_0 , n_e , e et la longueur d'onde dans le vide λ utilisée. En déduire la forme de l'onde après la lame quart d'onde.
4. Donner une méthode pour trouver les axes de l'onde polarisée elliptique et son sens de rotation.

Exercice 2

Une personne a eu ses premières lunettes correctrices de $+2,0\delta$ pour lire lorsqu'elle avait 48 ans. Elle lisait alors le journal placé à une distance $d_m = 25$ cm de ses yeux. Maintenant elle a 65 ans et elle porte toujours les mêmes lunettes à 2 cm de ses yeux mais elle doit tenir le journal à $D = 80$ cm de ses yeux. Caractériser les verres de lunettes qu'elle doit porter.

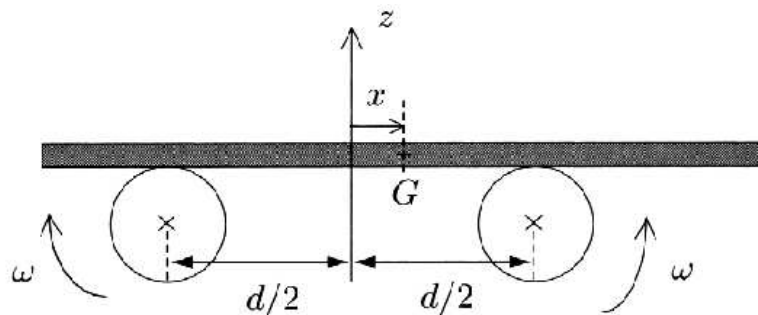
Oral 37 (ENS)

Exercice 1

On a 4 électrodes A, B, C, D plantées dans le sol, alignées, séparées deux à deux d'une distance a . Entre les électrodes les plus éloignées A et D circule un courant I permanent. Calculer la tension entre B et C en faisant intervenir la résistivité du sol.

Exercice 2

On considère deux cylindres de même rayon a tournants autour de leurs axes respectifs à la même vitesse angulaire ω mais en sens inverse. Sur ces cylindres est posée une barre. Le coefficient de frottement entre la barre et chacun des cylindres vaut f . La distance entre les axes des deux cylindres est d et on suppose la barre suffisamment longue pour que le contact existe toujours entre la barre et les deux cylindres.



À $t = 0$, $x(0) = 0$ et $0 < \dot{x}(0) < a\omega$. Étudier le mouvement de la barre.

Quelques sujets de leçons du concours ENS Cachan/Lyon

• Étudiez l'origine des forces qui s'exercent sur un corps en mouvement dans un fluide. Vous distinguerez les différents régimes d'écoulement en vous appuyant sur des ordres de grandeurs.

Questions supplémentaires : d'où viennent ces forces de traînée ? Parlez moi de la portance.

- Interférences : applications à des mesures.

Questions : développez votre propos sur la cohérence. Pourquoi dans un réseau à N fentes y a-t-il une telle diminution d'intensité au voisinage des maxima ? Rôle de la pression et de la température sur la longueur de cohérence. Différences entre profils gaussien, lorentzien, etc

• En vous appuyant sur deux systèmes mécaniques simples, montrer comment les effets d'inertie peuvent être pénalisants ou au contraire utilisés avantageusement. Faire une analogie avec un autre domaine de la physique.

- Quantification des niveaux d'énergie en physique quantique (puits infini) et lien avec la corde de Melde.
- Conditions d'obtention d'ondes stationnaires par réflexion via 1 ou 2 exemples.

Questions supplémentaires : explication des phénomènes sans calculs. Conséquence de la modification des conditions aux limites $|r| < 1$: dessiner les fuseaux des oscillations.

• Conditions sur la source et le dispositif interférométrique pour observer les interférences.
 • ARQS magnétique dans le cadre d'une bobine alimentée par un courant alternatif.
 • Ondes transversales et ondes longitudinales. Définissez les deux notions et illustrez-les par des exemples bien choisis. Lien avec la polarisation. Applications.

• Équilibre liquide-vapeur d'un corps pur. On décrira en particulier les conditions d'obtention et le phénomène d'évaporation.

• Modélisation d'un transfert thermique par une analogie électrique dans le cadre de l'ARQS.
 • Décrire l'évolution temporelle d'un système quantique issu de la superposition de deux états stationnaires. Illustrer par un exemple simple et concret. Faire une analogie électrique ou mécanique.
 • Conductivité électrique dans les métaux. Magnétorésistance. Effet Hall.
 • À partir du modèle de l'atmosphère isotherme, introduire le facteur de Boltzmann puis décrire un autre domaine de la physique où ce facteur intervient.

• L'inertie en mécanique. Considérer un exemple où ses effets sont gênants et un exemple où ils sont bénéfiques. On pourra s'intéresser au filtrage.

• Présenter l'expérience des fentes d'Young et celle similaire faisant intervenir des particules. Discutez des conditions de mise en œuvre de ces deux expériences, similitudes et différences.

• Dans le contexte des accélérateurs de particules, montrer l'influence et l'importance des effets relativistes sur le déplacement des charges.

• Montrer sur un exemple concret dans le domaine de votre choix comment les conditions aux limites déterminent une solution de l'équation de d'Alembert. On ne se limitera pas à une onde strictement propagative ou strictement stationnaire.

- À l'aide d'exemples concrets vous discuterez de l'optique et de ses limites.

• Relation de dispersion : exemples d'une onde électromagnétique et d'une onde de de Broglie se propageant dans le vide. Influences de la forme de cette relation.

• Introduire le modèle scalaire de la lumière à partir de la définition basée sur les ondes électromagnétiques en appuyant sur l'aspect physique des grandeurs mises en jeu. Vous illustrerez ensuite les limites du modèle grâce à un dispositif expérimental judicieusement choisi.

Quelques questions de cours du concours Mines Ponts

• Analyse d'une onde totalement polarisée.
 • Mécanique quantique, pertinence des phénomènes d'interférences.
 • L'électromagnétisme dans les plasmas et effet de peau.
 • Induction : expériences, ordres de grandeur. Exemples d'application, parler du moteur à courant continu : fonctionnement ?

- Parlez moi de l'émission stimulée (processus seulement), donner $\frac{dN_2}{dt}$ dans le cas de l'émission stimulée

seulement.

- Démonstration de l'équation de diffusion thermique sans source. Ordre de grandeur pour la conductivité thermique du béton.
- Résonance dans la corde de Melde.
- Onde mécanique stationnaire et résonance. Ordres de grandeur et expériences classiques.
- Résistance d'entrée et de sortie. Discutez de l'influence sur des mesures effectuées à l'oscilloscope d'un circuit alimenté par un GBF.
- Champ électrostatique, champ gravitationnel.

Puis : répartition volumique de masse dans un plan infini d'épaisseur e , champ $\vec{g}$ créé ?

- Viscosité. Théorème de Bernoulli.
- Le pendule simple.

Question de cours assez déroutante, car simple a priori. N'oublier aucun aspect : hypothèses, cadre de l'étude, équation du mouvement, aspect énergétique, diagramme de phase, trajectoires liées, etc...

- Effet Hall.
- Dualité onde corpuscule pour des particules différentes du photon (particules de masse non nulle).
- Équilibre liquide vapeur pour l'eau.
- Mouvement d'une particule chargée dans un champ $\vec{E}$ ou $\vec{B}$ stationnaire et uniforme.
- Réseau sinusoïdal, superposition de trois ondes, plan de Fourier.
- Définition de l'ARQS. Retrouver la loi des nœuds avec la conservation de la charge. Ordres de grandeur des tensions et intensités.

- Trous d'Young
- Analogie formelle entre champ électrique et champ gravitationnel.
- Équation de diffusion de la chaleur, résistances thermiques.
- Viscosité, caractérisation expérimentale et application.
- Ondes acoustiques dans une tige solide.
- Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération.
- Dualité onde-particule pour la lumière et la matière. Relation de Planck-Einstein et de de Broglie.

Exemples historiques et effet photoélectrique.

- Principe de fonctionnement d'un climatiseur ditherme.
- Énergie potentielle d'un noyau atomique uniformément chargé. Avec ordres de grandeur.
- Machines thermiques dithermes : rendement, efficacité, théorème de Carnot.

PLANCHES MINES - PONTS

PLANCHE MP₁

Exercice : (inspiré Amandine G, PC*₂₀₂₁ proposé aussi CCINP PC₂₀₁₇)

Une ville construit une piscine et une patinoire et veut utiliser une même machine thermique ditherme pour chauffer l'eau de piscine et geler celle de la patinoire. La masse d'eau à chauffer de la piscine est $m_c = 10^6 \text{ kg}$ et celle à geler de la patinoire est $m_f = 10^5 \text{ kg}$. Au départ ces deux masses d'eau se trouvent à la température $t_0 = 10^\circ\text{C}$. On donne :

- $c_1 = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$, capacité thermique massique de l'eau liquide ;
- $c_2 = 2000 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$, capacité thermique massique de l'eau solide ;
- $L = 335 \text{ kJ.kg}^{-1}$, enthalpie massique de fusion de l'eau à 0°C .

La machine ditherme fonctionne en recevant la puissance $P = 10 \text{ kW}$.

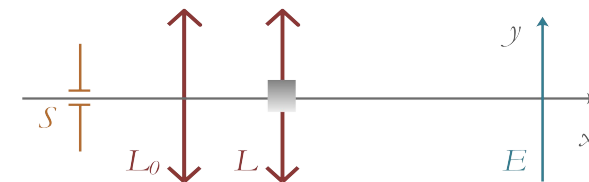
1. Schématiser la machine ditherme et la nommer.
2. Déterminer l'énergie à échanger avec l'eau de la patinoire pour la former (glace à -5°C) en supposant qu'elle échange seulement avec le fluide caloporteur circulant dans la machine thermique.
3. En supposant le fonctionnement de la machine thermique réversible, déterminer la température finale de la piscine.

4. Déterminer le temps nécessaire pour mettre en place les deux installations (patinoire gelée et piscine chauffée). en réalité ce temps est de 7 jours, expliquer la différence.

PLANCHE MP₂

Exercice (Louis A, PC*₂₀₂₁)

Une fente source fine émettant un doublet ($\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$). est placée dans le plan focal d'une lentille convergente L_0 . Un peu plus loin sont placées les deux moitiés d'une lentille convergente L de distance focale $f = 25 \text{ cm}$. Cette lentille a été scindée en deux suivant un diamètre ; les deux moitiés sont écartées symétriquement d'une distance $2\varepsilon = 2 \text{ mm}$. L'intervalle ainsi créé entre les demi-lentilles est obturé par un cache opaque (parallèle à la fente S). On observe dans un plan de front yEz situé à $d = 50 \text{ cm}$ de L .



Décrire précisément ce que l'on observe sur l'écran et précisant entre autre si l'on obtient un système de franges brouillé ou non

PLANCHE MP₃

Exercice (inspiré Rodolphe C, PC*₂₀₂₁)

La vision des couleurs se fait grâce à la présence sur la rétine de trois types de photorécepteurs (les cônes) sensibles dans trois gammes spectrales différentes. Toute

teinte est interprétée par le cerveau en fonction de la quantité de lumière perçue par ces trois types de photorécepteurs. Une lumière à 570 nm excite essentiellement les cônes sensibles au vert et au rouge, ce qui est interprété comme une couleur jaune. Une lumière qui contient suffisamment de composantes de longueurs d'ondes différentes pour exciter les trois types de cône de façon équivalente est perçue blanche, que son spectre soit continu ou non.

1. En considérant que l'œil ne perçoit pas de teinte sensible (c'est-à-dire voit du blanc) dès que le spectre de la lumière contient plus de trois cannelures (longueurs d'onde éteintes par interférences) dans la gamme du visible, en déduire que la différence de marche maximale permettant d'obtenir une teinte interférentielle sensible à l'œil est proche de $3 \mu\text{m}$. En identifiant cette différence de marche à la longueur de cohérence temporelle L_c de la lumière blanche, en déduire l'élargissement spectral $\Delta\lambda$ correspondant.
2. Donner l'expression de la différence de marche associée aux interférences sur une bulle de savon d'épaisseur e et d'indice n éclairé sous une incidence quasi normale par une source de longueur d'onde λ_0 se font. Donner l'ordre de grandeur de l'épaisseur e maximale donnant un reflet coloré visible à sa surface (l'indice de l'eau savonneuse est un peu supérieur à celui de l'eau : on prend $n = 1,4$).
3. Donner l'aspect d'une bulle au moment où elle éclate.

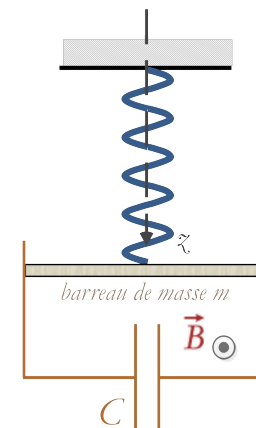


PLANCHE MP₄

Exercice (Thomas V, PC*₂₀₂₁)

On considère le dispositif-ci-contre placé dans un plan vertical avec $\vec{g} = g\vec{u}_z$. La barre de masse m est suspendue à un ressort de raideur k et de longueur à vide ℓ_0 . La barre est de longueur L et on néglige sa résistance électrique

1. Déterminer la longueur à l'équilibre du ressort (sans champ magnétique)
2. En présence de champ magnétique, déterminer la période des oscillations du barreau.



PLANCHES CENTRALE

PLANCHE CENTRALE₁

Physique 1 (Amandine G, PC*₂₀₂₁)

On étudie un câble coaxial de grande dimension selon z constitué de deux cylindres conducteurs de rayons R_1 et R_2 avec $R_1 < R_2$. Entre les deux, on a un milieu de permittivité ϵ_0 , ϵ_r et μ_0 . Dans le conducteur de rayon R_1 , circule un courant d'intensité $I(z, t) = I_m(z) e^{j\omega t}$ dans le sens $z > 0$ et le courant opposé circule dans le conducteur de rayon R_2 .

On note $\vec{E}(r, z, t) = \underline{E}_0(r, z) e^{j\omega t} \vec{u}_r$

On suppose que l'on peut utiliser les équations de Maxwell en remplaçant ϵ_0 par $\epsilon_0 \epsilon_r$

On donne par ailleurs : $\vec{\text{grad}} V = \frac{\partial V}{\partial r} \vec{u}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \vec{u}_\theta + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{u}_z$

$$\text{div} \vec{w} = \frac{1}{r} \frac{\partial(r w_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial w_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial w_z}{\partial z}$$

$$\vec{\text{rot}} \vec{w} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_z}{\partial \theta} - \frac{\partial w_\theta}{\partial z} \right) \vec{u}_r + \left(\frac{\partial w_r}{\partial z} - \frac{\partial w_z}{\partial r} \right) \vec{u}_\theta + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r w_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial(r w_r)}{\partial \theta} \right) \vec{u}_z$$

On donne aussi la fréquence du courant $f = 50 \text{ Hz}$ et $\epsilon_r = 2,1$

1. Trouver l'équation différentielle satisfaite par $I_m(z)$ qui a comme solution $I_m(z) = I_0 e^{-ikz}$ avec k une constante à déterminer.

2.

2.a) Caractériser le champ électromagnétique $(\vec{E}, \vec{B})$ entre les conducteurs.

2.b) Exprimer la puissance moyenne transportée entre les deux conducteurs.

PLANCHE CENTRALE₂

Physique 2 : (Bryan B, PC*₂₀₂₁)

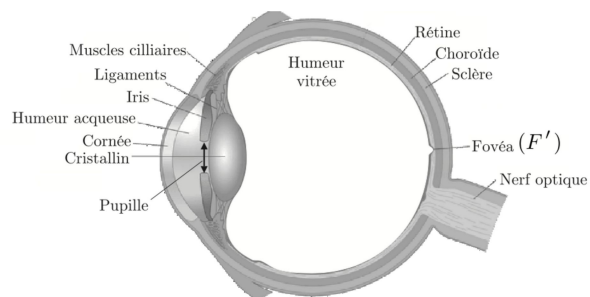
Document 1 : l'œil

La profondeur d'un œil emmétrope est environ 17 mm et la rétine centrale a un diamètre entre 5 et 6 mm .

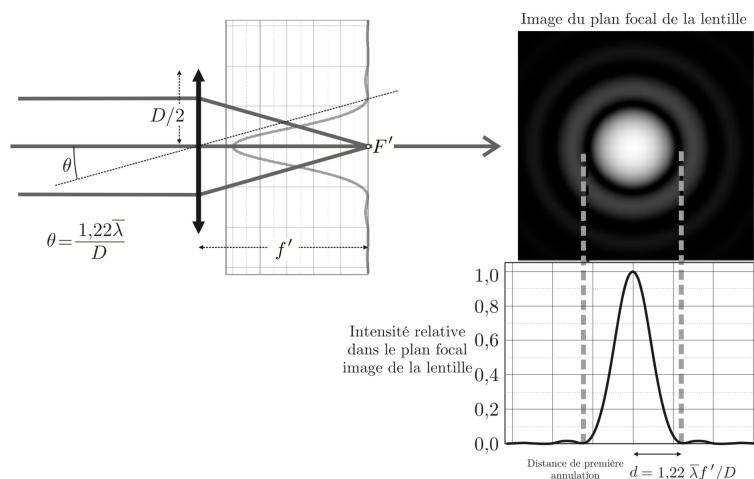
La fovéa est une petite zone de la rétine de $1,5 \text{ mm}$ de diamètre au centre de la macula, située au fond de l'œil. Elle forme un entonnoir en dépression, un creux. En son centre, dans sa partie la plus profonde se trouve la fovéola : c'est précisément sur cette zone que l'image d'un point observé se projette.

La pupille de l'iris est le diaphragme optique de l'œil. Cette ouverture centrale et de pourtour circulaire délimite un disque au travers duquel s'effectue le trajet des rayons lumineux et la pupille apparaît comme un disque noir, de diamètre variable, globalement concentrique à la cornée. Les variations du diamètre de la pupille irienne expliquent que la pupille joue le rôle d'un diaphragme optique naturel, permettant de contrôler le flux de lumière incident et affectant les propriétés optiques de l'œil.

Le diamètre de la pupille varie entre 2 et 8 mm environ, en fonction de divers facteurs (intensité lumineuse, émotions, etc.).



document 2 : Diffraction par la pupille d'une lentille convergente



1. Proposer une définition de la limite de résolution angulaire et une expérience pour la déterminer. Estimer un ordre de grandeur.
2. Comment schématiser un œil humain, estimer la distance focale d'un œil au repos.

3. À l'aide des résultats précédents, estimer la taille d'une cellule de la rétine d'un œil au repos et le nombre de cellules.
4. La diffraction est-elle un phénomène entrant en jeu dans la vision humaine ?
5. Estimer la taille d'une flamme de bougie puis déterminer la taille de son image sur la rétine. Déterminer la distance limite à partir de laquelle la flamme sera vue nette.

Note Bryan : Examineur à l'écoute, il est intervenu pour me donner la définition de la résolution angulaire et sa valeur et a voulu approfondir la question 4.

PLANCHE CENTRALE₃

Physique 2 (Matthis R, PC*₂₀₂₁)

On considère une pièce de hauteur $h = 2,5 \text{ m}$, largeur $b = 5 \text{ m}$, longueur $a = 8 \text{ m}$ avec un chauffage $P = 2 \text{ kW}$, de capacité thermique volumique $c_v = 8,85 \cdot 10^2 \text{ J.K}^{-1}.\text{m}^3$.

La température extérieure est de 10°C .

1. Déterminer $C_{v,a}$ pour un gaz parfait diatomique dans les conditions normales de température et de pression.
2. En supposant la pièce parfaitement isolée, calculer le temps nécessaire pour passer de 10°C à 20°C .
3. On considère maintenant que seul le plafond et le sol sont correctement isolés. Les murs ont une épaisseur $e_m = 10 \text{ cm}$ et une conductivité $\lambda_m = 1,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Déterminer la nouvelle durée nécessaire pour passer de 10°C à 20°C .

4. On ajoute un isolant sur les murs de conductivité $\lambda_i = 0,030 \text{ Wm}^{-1}\text{.K}^{-1}$ et d'épaisseur $e_i = 15 \text{ mm}$, sachant que le kilowatt heure vaut $0,18 \text{ euros}$, déterminer l'économie quotidienne réalisée.

PLANCHE CENTRALE₄

Physique 1 (Matthis R, PC*₂₀₂₁)

On considère les états liés stationnaires d'une particule de masse m dans le puits de potentiel suivant : $V = \infty$ pour $x < 0$, $V = -V_0$ pour $0 \leq x \leq a$, $V = 0$ pour $x > a$ avec $V_0 > 0$. On écrit la fonction d'onde d'un état lié ($E < 0$) ; $\psi(x) = A \cdot \sin(kx)$ pour $x \leq a$, $\psi(x) = B e^{-Kx}$ pour $x > a$.

- Justifier brièvement ces formules et exprimer k et K en fonction de E et V_0 . Montrer que la valeur de $(ka)^2 + (Ka)^2$ ne dépend pas de E , mais seulement des propriétés du puits de potentiel et de m .
- Ecrire les conditions de continuité en $x = a$. En déduire la condition de quantification sous la forme d'une relation $Ka = f(ka)$, f étant une fonction que l'on déterminera.
- Démontrer par une résolution graphique des deux équations liant ka et Ka que

le puits de potentiel n'a pas d'état lié si $\frac{2mV_0a^2}{\hbar^2} < \frac{\pi^2}{4}$, et a un seul état lié si

$$\frac{\pi^2}{4} < \frac{2mV_0a^2}{\hbar^2} < \frac{9\pi^2}{4}.$$

- On utilise ce modèle pour décrire l'interaction nucléaire entre un neutron et un proton. L'expérience montre qu'il n'existe qu'un seul état lié, le deutéron. En

déduire que V_0 est compris entre deux limites $V_{\min}$ et $V_{\max}$ que l'on calculera en MeV . On prendra $a = 2,10^{-15} \text{ m} = 2 \text{ fm}$. La masse m est la masse réduite $m = (m_p m_n) / (m_p + m_n) \approx m_p / 2$ soit $mc^2 \sim 470 \text{ MeV}$. On pourra utiliser la valeur numérique $\hbar c \approx 197 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$.

- Quelle est l'énergie de liaison pour $V_0 = V_{\min}$? L'énergie de liaison du deutéron est en fait $E_d = -2,2 \text{ MeV}$, pouvez-vous en déduire si V_0 sera plutôt voisin de $V_{\min}$ ou de $V_{\max}$?

PLANCHE CENTRALE₅

Physique 1 : (Aglée B, PC*₂₀₂₁)

On considère un disque de rayon R . N charges de charge q sont réparties périodiquement sur le disque. Le disque est placé sur son axe Oz et peut tourner autour de cet axe (la liaison est considérée parfaite et le moment d'inertie J).

On place ce disque dans un solénoïde infini possédant n spires par unité de longueur. Les spires sont traversées par un courant $i(t)$.

à $t = 0$, $i = 0$. de $t = 0$ à $t = \tau$, on augmente de manière linéaire le courant jusqu'à $i = i_0$ et à partir de $t = \tau$, le courant vaut i_0 .

- Rappeler sans démonstration le champ magnétique créé par le solénoïde infini. Déterminer le champ électrique créé.
- Déterminer la vitesse de rotation ω du disque.

Note Aglaé : l'examinateur pose des questions pour nous aider.

PLANCHE CENTRALE₆Physique 2 (inspiré Louis A, PC*₂₀₂₁)

- Donner un ordre de grandeur de la hauteur de l'atmosphère
- Évaluer la variation relative de g sur cette hauteur de l'atmosphère.
- Évaluer numériquement la masse totale M_A de l'atmosphère terrestre. On envisagera l'atmosphère comme formée uniquement d'air.
 - Comparer à la masse totale du globe terrestre $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

La force de portance que subit un avion volant dans un milieu de masse volumique μ peut s'écrire sous la forme $F = \frac{1}{2} \mu C_x S v^2$ où v est la vitesse de l'avion et S une surface de l'ordre de la surface des ailes.

- Von Kàrmàn a proposé de définir la hauteur de l'atmosphère comme la hauteur à laquelle la vitesse nécessaire au vol d'un avion correspond à sa vitesse de satellisation. Proposer une méthode pour calculer cette hauteur appelée limite de Kàrmàn. On ne cherchera pas de valeur numérique pour cette question.

Données :

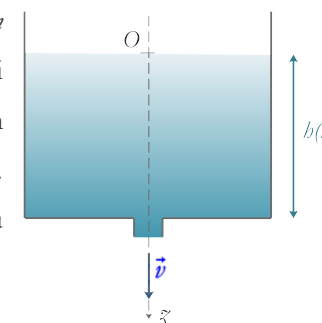
- rayon terrestre $R_T = 6370 \text{ km}$;
- constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; température moyenne de l'atmosphère terrestre 288 K ;

- champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$; masse molaire de l'air $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$.

PLANCHE CENTRALE₇Physique 1 (inspiré Paul K, PC*₂₀₂₁)

On note P_{atm} la pression atmosphérique, g l'accélération de la pesanteur.

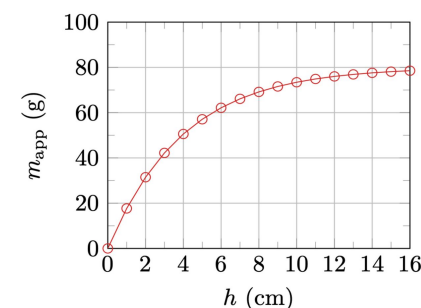
- Un récipient cylindrique de diamètre $D = 50 \text{ mm}$ et de hauteur $H = 80 \text{ cm}$ est partiellement rempli d'eau se vidant par un petit tuyau de rayon r . On suppose l'écoulement parfait et incompressible. Exprimer le débit massique en sortie du clepsydre.



- On considère le même récipient cylindrique de diamètre cette fois, partiellement rempli de sable, jusqu'à une hauteur $h < H$. On note μ la masse volumique du sable dans le cylindre, c'est-à-dire le rapport entre la masse de sable versée et le volume qu'elle occupe.. Au fond du cylindre, en $z = h$, on place un capteur de pression. On pose :

$$m_{app} = \frac{\pi D^2}{4g} (P(z=h) - P_{atm}).$$

- On trace expérimentalement m_{app} en fonction de h , représenté ci-contre. Interpréter physiquement l'expression de m_{app} .



2.b) On envisage dans un premier temps de modéliser le sable par un fluide de masse volumique μ en équilibre hydrostatique. Ce modèle est-il valable ?

2.c) Le modèle proposé par Janssen en 1895 consiste à ajouter à ce modèle fluide l'effet du frottement (solide) des grains de sable sur la paroi. Une particule mésoscopique de sable en contact sur une surface dS avec la paroi subit une force : $\vec{f} = -k(P(\vec{r}) - P_{atm})dS\vec{e}_n$. Montrer que ce modèle est conforme à l'expérience et déterminer la valeur de k .

3. Pourquoi est-il préférable d'utiliser un sablier plutôt qu'une clepsydre (analogue d'un sablier mais avec de l'eau) ?

Note Paul K : Un support vidéo était fourni (était visible un écoulement d'une clepsydre et d'un sablier. L'examineur n'en n'avait pas grand-chose à faire et ne m'a pas donné d'indications lorsque j'étais bloquée.

PLANCHE CENTRALE₈

Physique 2 (Centrale 2, Paul K, PC*₂₀₂₁ et Mines – Telecom, Luna B, PC₂₀₂₁)

On considère un Michelson monté en lame d'air. Il est éclairé par une source ponctuelle de lumière blanche placée en le foyer objet d'une lentille convergente. Il est réglé au contact optique et on forme l'image sur un écran à l'aide d'une seconde lentille convergente. Un traitement de surface introduit une différence de marche $\delta_s = \frac{\lambda}{2}$ non compensée par l'interféromètre.

1. Faire un schéma de la situation.
2. Qu'observe-t-on en l'écran ?

PC

On rajoute une lame de PVC d'épaisseur e inconnu d'indice $n = 1,55$ devant un des deux miroirs.

3. Qu'observe-t-on sur l'écran ? Justifier que certaines longueurs d'ondes sont absentes du spectre de la lumière sortant du Michelson. Quelle relation existe-t-il entre λ et la différence de marche δ_f introduite par la lame pour ces longueurs ?
4. On fournit le spectre de la lumière sortant du Michelson recueillie par un spectrophotométrie. Déterminer e .

Note Paul K : L'examineur était à l'écoute et donne des pistes.

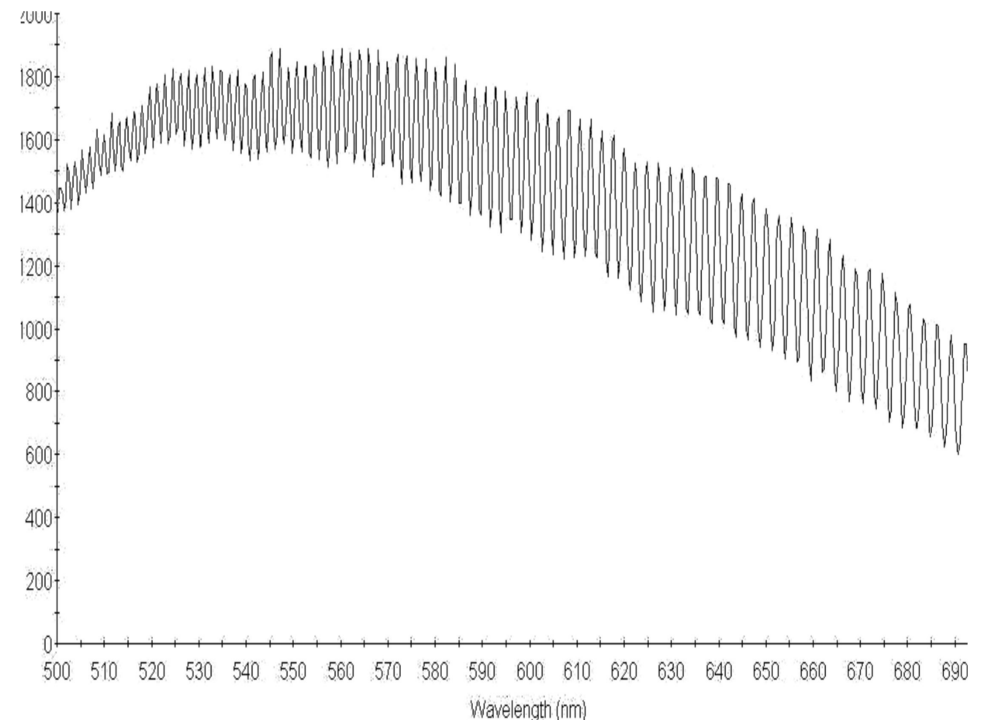
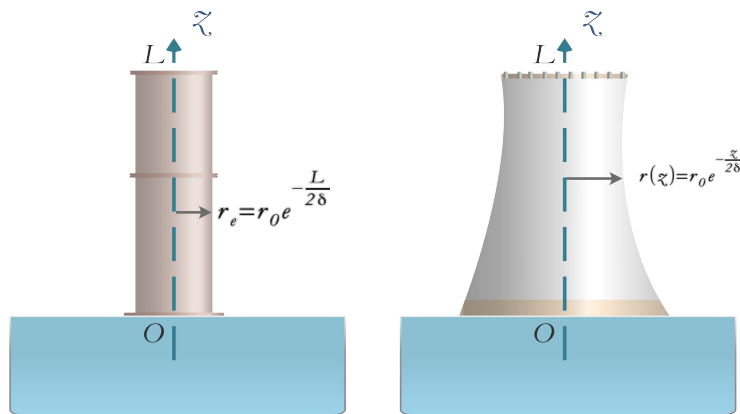


PLANCHE CENTRALE₉Physique 1 (Théo M, PC*₂₀₂₁)

On s'intéresse à l'évaporation d'un liquide occupant le demi espace $z < 0$. On a une concentration en vapeur c_1 en $z = 0$ et c_2 en $z = L$ avec $c_2 < c_1$

Comment faire pour avoir une vitesse d'évaporation deux fois plus élevée dans le cas de la tuyère que dans le cas du cylindre.

PLANCHE CENTRALE₁₀Physique 1 (Thomas V, PC*₂₀₂₁)

On considère une couronne de rayons intérieur R_1 et extérieur R_2 , de hauteur h , constituée d'un milieu de conductivité γ pour lequel on ne considère qu'une seule famille

de porteurs mobiles de densité volumique n , de masse m , de charge q . On impose les potentiels $V(R_1) = V_1$ et $V(R_2) = V_2$.

1. Calculer la résistance R_0 de la couronne.
2. On place la couronne dans un champ $\vec{B} = B \vec{e}_z$ suivant l'axe de la couronne. Déterminer la valeur du champ magnétique pour que la résistance soit multipliée par deux.
3. Calculer la nouvelle résistance R de la couronne et interpréter (on pourra s'inspirer du modèle de Drude pour obtenir une loi d'Ohm modifiée dite « généralisée »). Calculer $\Delta R/R_0$ pour un métal et conclure.

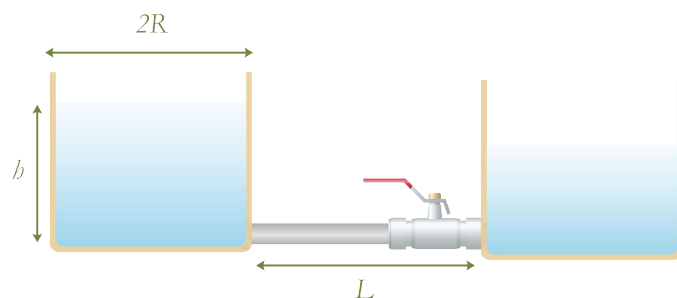
Données : Pour le cuivre, on prendra $\gamma = 6 \times 10^7 \text{ S.m}^{-1}$; $n = 10^{28} \text{ m}^{-3}$; $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

On rappelle qu'en coordonnées cylindriques : $\Delta V(r) = \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dV}{dr} \right)$.

PLANCHES CCINP

PLANCHE CCINP₁

Exercice 1 : (Matthis R, PC*₂₀₂₁)



Le réservoir I est rempli d'un liquide visqueux. On ouvre la vanne en O à l'instant $t = 0$. La conduite horizontale et le réservoir II sont vides avant l'ouverture de la vanne.

Le récipient I se vide dans le récipient II à travers un tube de rayon $a \ll R$ et de longueur L . Les récipients ont les mêmes dimensions, l'écoulement qui se met en place suite à l'ouverture de la valve est supposé stationnaire et incompressible.

Données : $\eta = 0,83 \text{ Pl}$; $\mu = 900 \text{ kg.m}^{-3}$; $L = 2 \text{ m}$; $a = 10 \text{ cm}$; $h = R = 1 \text{ m}$

$$\Delta f = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

1. Déterminer le profil du champ de vitesse eulérien dans la conduite.

2. En déduire le débit volumique Q_V dans la conduite.
3. Déterminer la hauteur h_{fin} du fluide dans le réservoir II après son remplissage.
4. Au bout de combien de temps le réservoir II est-il rempli à 95% ?

Exercice 2 : (Manon Q, PC*₂₀₂₁)

On envoie en entrée de du filtre dont on fournit le diagramme de Bode ci-dessous le signal : $e(t) = E_0 + E_0 \cos(\omega t) + E_0 \cos(10\omega t + \pi/4) + E_0 \cos(100\omega t - \pi/3)$ où la fréquence $f = \omega/2\pi$ vaut 10 Hz . Déterminer l'expression du signal $s(t)$ de sortie du filtre.

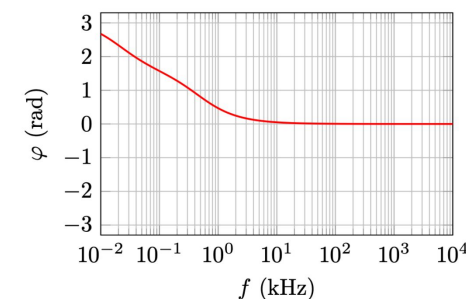
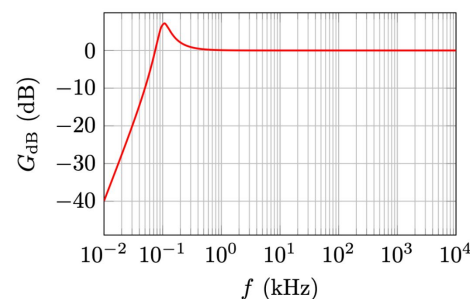


PLANCHE CCINP₂

Exercice 1 : (Aglaé B, PC*₂₀₂₁)

On considère des atomes constitués d'un noyau de charge e et d'un électron de charge $-e$. On se situe dans un milieu isotrope et peu dense et on considère le milieu localement neutre.

On note ω_p la pulsation plasma telle que $\omega_p^2 = \frac{ne^2}{m\epsilon_0}$ avec n le nombre d'atomes par unité de volume et m la masse d'un électron.

1. Dans ce milieu se propage un champ électrique $\vec{E} = E_0 \exp[i(\omega t - kx)] \vec{e}_x$. on note $\vec{v}(M, t)$ la vitesse des électrons mise en mouvement par $\vec{E}$. On a :

$$m \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right) = -e \vec{E}. \text{ Expliquez cette équation.}$$

2. En négligeant le terme convectif, déterminez $\vec{z}(M, t)$ l'image complexe de $\vec{v}(M, t)$. En déduire $\vec{j}(M, t)$, l'image complexe du vecteur densité de courant.
3. Donner les équations de Maxwell vérifiées par le champ électromagnétique dans ce milieu.
4. En déduire la relation de dispersion, l'indice du milieu et la vitesse de phase. À partir de quelle fréquence il n'y a plus propagation ?
5. Une onde électromagnétique arrive en incidence normale sur un plasma qui occupe l'espace $x > 0$. Comment est-elle transmise ?

Exercice 2 : (Aglaé B, PC*₂₀₂₁)

En plein soleil, le robot Rover met 2h00 à charger sur terre grâce à ses panneaux solaires. Combien de temps lui faut-il sur mars ?

Données :

Rayon orbite terrestre : $d_{T-S} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$; rayon orbite martienne : $d_{M-S} = 2,3 \cdot 10^{11} \text{ m}$

$T_{\text{soleil}} = 5800 \text{ K}$

PC

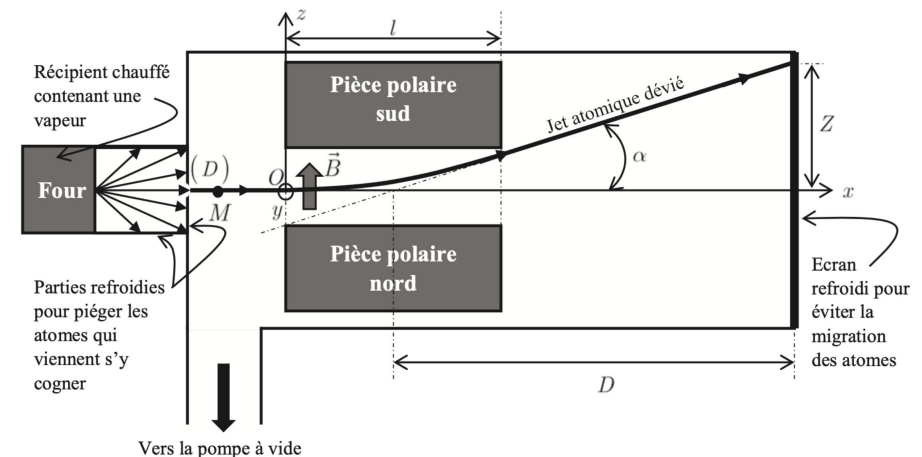
Loi de Stefan : la puissance surfacique émise par un corps noir porté à la température est donnée par $\varphi = \sigma T^4$ où $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ est la constante de Stefan.

PLANCHE CCINP₃

Exercice 1 : (Manon Q, PC*₂₀₂₁)

Des atomes d'argent s'échappent par un petit orifice de l'enceinte dans laquelle il règne un vide poussé (la pression est de l'ordre de 1 millipascal) chauffée à haute température. Ces atomes se déplacent en ligne droite jusqu'à une fente (D) qui sélectionne les atomes qui ont une vitesse parallèle à l'axe des y .

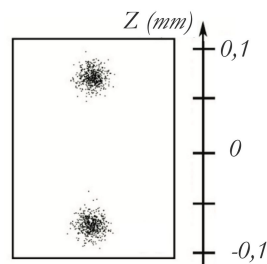
Le jet atomique pénètre alors dans l'entrefer d'un électroaimant et le jet atomique est alors dévié par le champ magnétique $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$ créé par l'aimant.



1. Déterminer la vitesse v_0 quadratique moyenne des atomes d'argent.

- En considérant la dualité onde-corpuscule, en déduire la longueur d'onde de De Broglie correspondante. Comparer à la taille de la fente d'entrée b et conclure.
- Exprimer le moment cinétique orbital et le moment magnétique associé à la boucle de courant par le mouvement planétaire de l'électron autour du noyau et en déduire le rapport gyromagnétique orbital tel que $\vec{m} = \gamma \vec{L}$
- Établir l'expression de la trajectoire parabolique dans l'entrefer de l'aimant et exprimer l'ordonnée Z de la tâche.

- À partir de la simulation numérique exprimer puis calculer le moment magnétique de l'atome d'argent m_z , commenter.



- Taille de la fente d'entrée : $b = 1 \text{ mm}$
- Longueur de l'électroaimant : $l = 3,5 \text{ cm}$;
- Distance entre le milieu de l'électroaimant et l'écran : $D = 1,8 \text{ cm}$ (Échelle non respectée)
- Pression dans l'enceinte : $p = 1,0 \text{ mPa}$; Gradient de champ magnétique : $k = 500 \text{ T.m}^{-1}$;
- Argent : $M = 107 \text{ g.mol}^{-1}$; $Z = 47$; $R_{\text{ag}} = 160 \text{ pm}$;
- Constantes : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $e = 1,60.10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,62.10^{-34} \text{ J.s}$; $k_B = 1,38.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
- On rappelle que les trajectoires possibles de l'électron, sont dans le modèle de Bohr, celles qui satisfont à la quantification du moment cinétique : $L = n\hbar$ avec $n \in \mathbb{N}^*$;

- Le magnéton de Bohr μ_B est la norme du moment magnétique de l'électron dans son état fondamental, correspondant à $n = 1$.
- On rappelle aussi qu'un dipôle magnétique de moment dipolaire $\vec{m}$ située en un point M dans un champ magnétostatique extérieur subit des actions telle que : $\vec{F} = (\vec{m} \cdot \vec{\text{grad}}) \vec{B}$
- On admet que seuls les électrons de valence participent au moment magnétique de l'atome.

Exercice 2 (Constance A, PC₂₀₂₁)

On appelle point d'auto inflammation, la température à partir de laquelle une substance s'enflamme spontanément. Pour une feuille de papier la température d'auto inflammation vaut 232°C .

Afin d'enflammer un morceau de papier noir de masse surfacique $\xi = 100 \text{ g.m}^{-2}$, on utilise une loupe (lentille convergente de distance focale $f' = 5 \text{ cm}$ et de rayon $r = 5 \text{ cm}$).

L'axe optique de la loupe est dirigé selon la direction moyenne des rayons lumineux solaires et on considère qu'elle absorbe 25 % du rayonnement solaire.

- On rappelle que le flux surfacique moyen reçu sur Terre en provenance du soleil est $\varphi_s = 800 \text{ W.m}^{-2}$
- $D_{T,S} = 1,5.10^{11} \text{ m}$ et le rayon du soleil est $R_S = 7,0.10^8 \text{ m}$;
- Capacité thermique massique du papier : $c = 1,4 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Déterminer la durée minimale nécessaire à l'auto-inflammation de la feuille de papier, de température initiale 20°C , sachant que le Soleil est vu sous un diamètre angulaire apparent $\alpha = 32 \text{ minutes d'arc}$.

PLANCHE CCINP₄

Exercice 1 : (Agathe B, PC*₂₀₂₁)

On envisage la propagation d'une onde acoustique dans un milieu fluide dans le cas où :

$p_1 = \frac{1}{\rho_0 \chi_s} \left(\mu + \tau \frac{\partial \mu}{\partial t} \right)$ avec la masse volumique du fluide. On a $\rho = \rho_0 + \mu$ (ρ_0 étant la masse volumique du fluide en l'absence du passage de l'onde acoustique).

1. Rappeler, en quoi consiste l'approximation acoustique.
2. Donner l'équation d'Euler et l'équation de conservation de la masse. Que deviennent ces équations dans le cadre de l'approximation acoustique ?
3. Montrer alors que pour un problème unidimensionnel où x est la seule variable d'espace, l'équation de propagation vérifiée par la surpression p est donnée par :

$$\frac{\partial^2 p_1}{\partial x^2} + \tau \frac{\partial^3 p_1}{\partial x^2 \partial t} = \rho_0 \chi_s \frac{\partial^2 p_1}{\partial t^2}.$$
4. Donner alors l'équation de dispersion et commenter si $\omega \tau \ll 1$.

Exercice 2: (Agathe B, PC*₂₀₂₁)

On veut faire cuire des pâtes à 3825 m d'altitude en utilisant une cocotte avec soupape de section $s = 4,0 \text{ mm}^2$ et de masse $m = 40 \text{ g}$. On suppose que la pression de vapeur

saturante de l'eau à la température $t(^{\circ}\text{C})$ est donnée au voisinage de 100°C par la loi :

$$P_{sat} = P^0 \left(\frac{t}{100} \right)^4 \text{ où } P^0 = 1 \text{ bar.}$$

À quelle température vont cuire les pâtes dans la cocotte ? Commentez ce résultat.

Données :

- Constante des gaz parfait : $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$;
- Masse molaire de l'air $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$;
- accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

PLANCHE CCINP₅

Exercice 1 : (Rodolphe C, PC*₂₀₂₁)

Soit un camion possédant la vitesse initiale : $\vec{v}_0 = v_0 \vec{e}_x$.

Une caisse est déposée sur le toit de ce camion.

À $t = 0$, le camion freine et son accélération vaut alors $\vec{a} = -\alpha t \vec{e}_x$.



1. Déterminer t_f le temps d'arrêt du camion.
2. On néglige les frottements de la caisse sur le toit du camion.
 - 2.a) Déterminer d_0 , la distance parcourue par la caisse sur le toit du camion à t_f .
 - 2.b) Déterminer d_1 , la distance parcourue par la caisse par rapport au sol à t_f .

3. On prend désormais en compte les frottements de la caisse sur le toit du camion.

3.a) Déterminer f_{min} pour que $d_0 = 0$.

3.b) On a maintenant $f = \frac{f_{min}}{2}$. Calculer d_0 et d_1 .

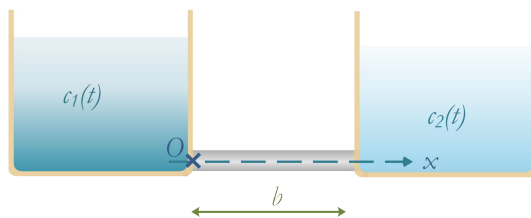
Exercice 2 : Temps de cuisson d'un poulet

Le boucher de Madame Angèle lui a indiqué sait qu'un poulet de 1 kg doit être cuit pendant 1 h pour un réglage donné de son four ($T_{four} = 160^\circ\text{C}$). En indiquant vos hypothèses, estimer le temps de cuisson nécessaire pour un poulet de 2 kg en conservant le même réglage du four.

PLANCHE CCINP₆

Exercice 1 (Thomas V, PC*₂₀₂₁)

Deux bacs sont reliés par un tube contenant une membrane perméable à l'espèce chimique en solution aqueuse dans chacun des deux bacs. Le bac de gauche contient cette espèce à la concentration $c_1(t)$, celui de droite contient la même espèce à la concentration $c_2(t)$. Le tube a une longueur b et une section S et on note D le coefficient de diffusion de cette espèce chimique dans l'eau.



1. Donner l'équation de diffusion dans le tube. Montrer que $\vec{j}_N$ est indépendant de x en régime permanent.
2. Exprimer le flux de quantité de matière Φ dans le tube.
3. Établir $\Delta c = R_{diff} \Phi$. Commenter.
4. Faire un bilan dans les deux colonnes et établir une équation différentielle temporelle vérifiée par Δc .

Exercice 2 (Lou M, PC₂₀₂₁)

Le Soleil est essentiellement constitué d'un plasma d'hydrogène (92 % en volume) et d'hélium (8 %). On l'assimile à un astre sphérique de rayon $R_S = 1.10^8 \text{ m}$ et de masse $M_S = 2.10^{30} \text{ kg}$. Pour une première approche, on modélise ce plasma par un gaz parfait de masse volumique μ uniforme, en équilibre sous l'effet des forces de gravitation.

1. Rappeler l'expression de la force de gravitation exercée par un corps ponctuel de masse M_0 situé en O sur un corps de masse m situé à une distance r . En déduire la densité volumique de force de gravitation $\vec{f}_g$.
2. Montrer qu'au sein du Soleil, cette force volumique s'écrit : $\vec{f}_g = -\mathcal{G} \frac{\mu M_S}{R_S^3} r \vec{u}_r$.

En déduire que la pression au sein du Soleil évolue selon :

$$p(r) = \frac{2\pi}{3} \mathcal{G} \mu^2 (R_S^2 - r^2).$$

3. Calculer numériquement la pression et la température au centre du Soleil dans le cadre de ce modèle. Les valeurs estimées aujourd'hui sont respectivement de $3,4.10^{16} \text{ Pa}$ et $1,6.10^7 \text{ K}$. Commenter.

Données :

Masses molaires de l'hydrogène $M_H = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$ et de l'hélium $M_{He} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$; Constante de gravitation $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;

$$\vec{\text{grad}} P = \frac{\partial P}{\partial r} \vec{u}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} \vec{u}_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial P}{\partial \varphi} \vec{u}_\varphi.$$

PLANCHE CCINP₇Exercice 1 (PC₂₀₂₁)

Une particule de masse m et d'énergie E arrive de $-\infty$ sur une marche de potentiel de hauteur $V_0 > E$ située en $x = 0$.

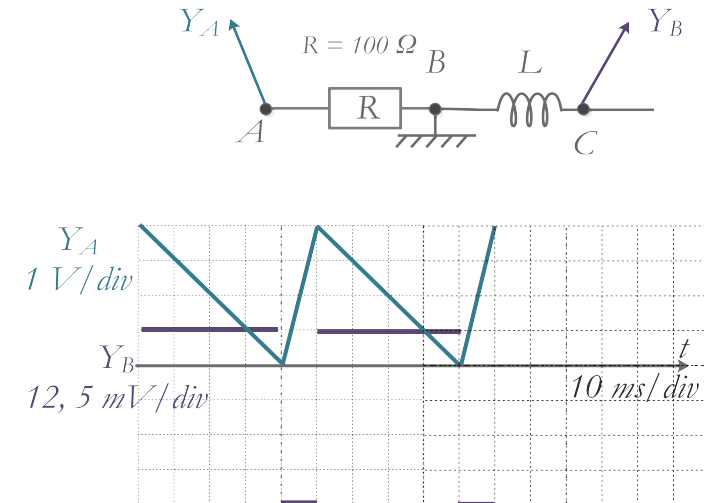
1. Que se passe-t-il en mécanique classique ?
2. On s'intéresse à des états stationnaires $\psi(x, t) = \varphi(x) \exp\left(-\frac{iE}{\hbar} t\right)$. Déterminer

$\varphi(x)$ dans les différents domaines. On posera $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$ et $\alpha = \sqrt{\frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}}$.

3. Déterminer le coefficient de réflexion en amplitude puis son module.

4. On donne $J(x, t) = \frac{i\hbar}{2m} \left(\psi \frac{\partial \psi^*}{\partial x} - \psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x} \right)$. Établir l'équation $\frac{\partial J}{\partial x} + \frac{\partial |\psi|^2}{\partial t} = 0$. Que représente cette équation ? Donner les vecteur densité de courant de probabilité incident et réfléchi J_i et J_r . Que peut-on dire du facteur de réflexion R ?

5. Déterminer le facteur de transmission.

Exercice 2 (PC₂₀₂₁)

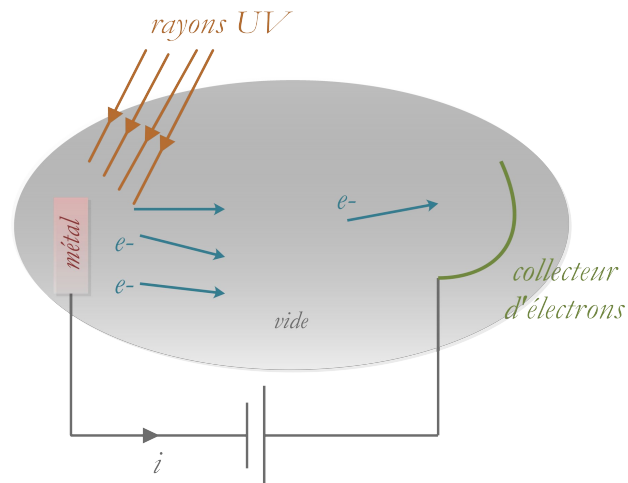
Justifier l'allure de u_{CB} et calculer L .

PLANCHE CCINP₈Exercice 1 (MP₂₀₂₁)

Le métal formant la cathode d'une cellule photoélectrique est caractérisé par un travail d'extraction $W_e = 2,5 \text{ eV}$. On l'éclaire avec de la lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 400 \text{ nm}$

On donne $\hbar c = 197,3 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

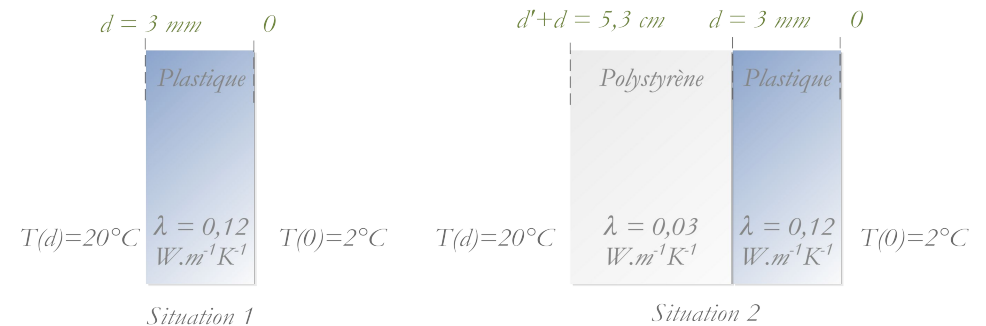
1. Pour la lumière utilisée, l'effet photoélectrique peut-il avoir lieu ? Justifiez votre réponse.



- Calculez l'énergie cinétique des électrons au moment de leur émission.
- Que se passe-t-il si on inverse la polarité ? Donnez la définition du potentiel d'arrêt U_0 et calculez sa valeur.
- On fixe U à 10 Volts. Calculez l'énergie cinétique des électrons lors de leur arrivée sur l'anode. Pour $U = 10\text{ V}$, on a atteint le courant de saturation de la cellule. Expliquez ce que cela signifie..
- Le courant mesuré est $I = 1,6\text{ }\mu\text{A}$, lorsque la cathode reçoit une puissance lumineuse $P = 10^{-4}\text{ W}$. Quel est le rendement quantique R de la cellule, défini comme le rapport entre le nombre d'électrons émis et le nombre de photons reçus ?
- Que peut-on faire pour augmenter le courant de saturation : augmenter le flux de photons atteignant la cellule ou bien diminuer la longueur d'onde de la lumière ? Justifiez votre réponse.

Exercice 2 (Victor D, PC₂₀₂₁)

Comparer la consommation d'un réfrigérateur composé d'une épaisseur d de plastique avec ou sans une épaisseur d' de polystyrène.



On donne la surface du réfrigérateur $S = 3\text{ m}^2$ et son efficacité est $e = 2$

Note Victor : J'avais une calculatrice collègue pendant la préparation et ma calculatrice pendant l'oral.

Pour l'exercice 2 j'ai seulement fait la situation 1 complètement et pour la 2, l'examinateur m'a demandé la méthode (comment associer les résistances thermiques). L'examinateur m'aidait dès que je bloquais, il me demandait des précisions pour certaines questions et discutait des résultats avec moi.

PLANCHE CCINP₉

Exercice 1 (inspiré Emma G, CCINP PC₂₀₂₁ et Lola B Mines-Telecom PC₂₀₂₁)

On s'intéresse dans cet exercice au dimensionnement d'un fusible.

Un fusible est constitué d'un fil conducteur cylindrique de longueur L et de rayon a (avec $L \gg a$) entouré d'air, le tout étant contenu dans un tube de verre.

Le fusible (conductivité électrique γ , conductivité thermique λ , température de fusion T_f) est parcouru par un courant I stationnaire et uniformément réparti sur sa section. On suppose que les transferts thermiques n'ont lieu que radialement. On se place en régime stationnaire. Le but de l'exercice est de déterminer le rayon du fil conducteur pour qu'il fonde lorsque le courant atteint une valeur maximale $I_{max} = 10 \text{ A}$.

Données : pour un fusible en zinc : $T_f = 420 \text{ }^\circ\text{C}$; $\lambda = 116 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$; $\gamma = 1,66.10^7 \text{ } \Omega^{-1}\text{.m}^{-1}$

1. On considère un premier modèle dans lequel l'air contenu dans le tube de verre impose sa température $T_e = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ à la surface du fusible (c'est-à-dire du fil conducteur).

1.a) Montrer en effectuant un bilan local sur un système bien choisi que le champ de température est régi par l'équation différentielle :

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = - \frac{I^2}{\lambda \gamma \pi^2 a^4} \text{ et le déterminer à une constante additive près.}$$

1.b) Déterminer l'expression et la valeur du rayon a en fonction des paramètres : $\theta_f = T_f - T_e$, I_{max} , λ et γ . Effectuer l'application numérique. Qu'en dites-vous ?

2. On envisage maintenant un second modèle dans lequel on tient compte d'un transfert conducto-convectif vers l'air à la surface du fil. A cet effet, on rappelle la relation de Newton donnant le transfert thermique algébrique du solide vers le fluide, à travers une surface dS , pendant un temps dt : $\delta Q = h(T(r=a) - T_e) dS dt$. On supposera que $a \ll \lambda/b$ et on prendra $b = 10$ unités S.I..

Déterminer la nouvelle valeur prise par le rayon a du fil, en fonction notamment de I_{max} . Commenter le résultat obtenu.

Exercice 2 (Emma G, PC₂₀₂₁)

Un radar autoroutier fixe envoie une onde électromagnétique de fréquence 10 GHz vers une voiture avançant à la vitesse v_0 , puis analyse le signal reçu de l'onde réfléchié selon un détecteur synchrone : un multiplieur multiplie le signal reçu par le signal émis, passant ensuite dans un filtre passe-bas. On mesure la fréquence du signal de sortie et on obtient $f = 2,8.10^3 \text{ Hz}$

Données : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; formule de l'effet Doppler : $f_{reçu} = \frac{1 - \frac{v_0}{c}}{1 + \frac{v_0}{c}} f_{émise}$

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2} [\cos(a+b) + \cos(a-b)]$$

1. Déterminer la vitesse de la voiture dans le référentiel du radar
2. Déterminer les caractéristiques du filtre pass bas et en proposer un à l'aide des composants de votre choix.

PLANCHE CCINP₁₀

Exercice 1 (Salomé R, PC₂₀₂₁)

Une corde de guitare, métallique, sans raideur, de masse linéique μ , est tendue horizontalement sur l'axe Ox entre ses deux extrémités fixes O et A , distantes d'une longueur L

1. En $x = 0$, un vibreur impose une vibration sinusoïdale d'amplitude a de fréquence f et en $x = L$ une poulie relie l'extrémité de la corde avec une masse m .

1.a) Donner la forme de la vibration $s(x,t)$ en s'aidant des conditions aux limites.
Déterminer les masses possibles m_n pour que la corde entre en résonance.

1.b) A.N : $n = 3, f = 80 \text{ Hz}, \mu = 1 \text{ g.m}^{-1}, l = 1 \text{ m}$. Évaluer m .

2. Il n'y a plus de vibreur en $x = 0$, mais la corde est parcourue par un courant d'intensité $i = I \sin(\omega t)$ de pulsation variable. Il règne dans tout l'espace un champ magnétique permanent : $\vec{B} = B \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \vec{u}_y$.

2.a) Montrer que $s(x,t)$ suit l'équation : $\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} = K \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \sin(\omega t)$. en précisant les valeurs des constantes c et K .

2.b) Quelle est la solution de l'équation en régime permanent ? Pour quelle pulsation le phénomène de résonance apparaît-il ? Quelle est la forme de la corde ?

Note Salomé : examinatrice gentille mais peu réceptive aux questions : je n'avais pas compris la « résonance stable » mais elle n'a pas reformulé la question, elle m'a incité à poursuivre.

Exercice 2 (Salomé R, PC₂₀₂₁)

On considère un interféromètre de Michelson monté en lame d'air éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 579 \text{ nm}$.

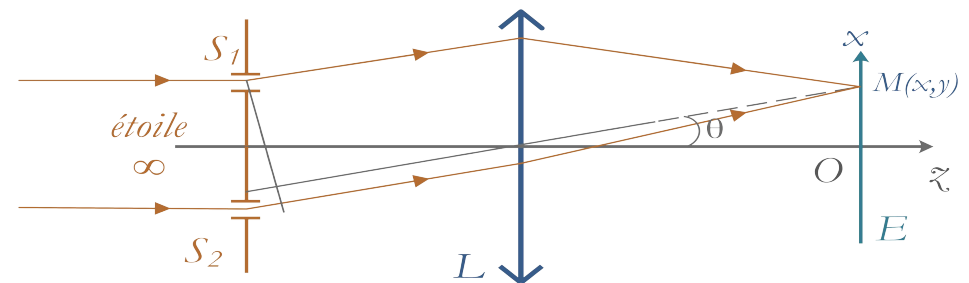
1. Donner la localisation figure.

2. On a un centre sombre et l'ordre du cinquième anneau est $p_5 = 1513$. Déterminer e .
3. Déterminer le rayon du premier anneau.

PLANCHE CCINP₁₁

Exercice 1 (MP₂₀₂₁)

On considère une étoile à l'infini assimilable à une source plane monochromatique de longueur d'onde λ se propageant suivant l'axe horizontal (Oz). Perpendiculairement à cet axe, on dispose un écran percé de deux trous d'Young écartés d'une distance a . On note S_1 et S_2 les centres des deux trous. L'observation est effectuée sur un écran situé dans le plan focal d'une lentille convergente de focale f' . On se place dans les conditions de Gauss. L'intensité des deux sources est I_0 .

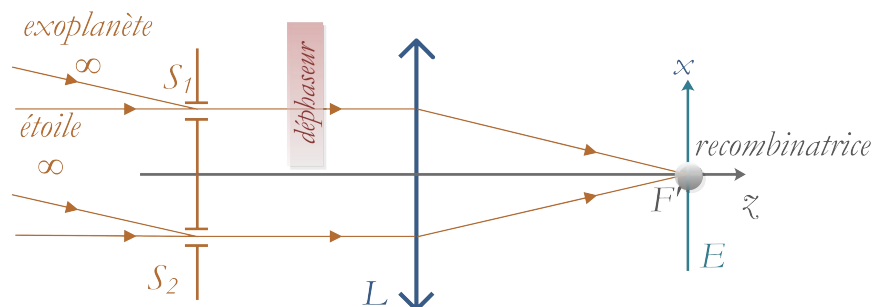


1. Définir et exprimer la différence de marche en M.
2. Quelle est la forme des franges observées ? Sont-elles localisées ? Justifier.
3. Donner l'intensité au point M.

On considère dans un second temps l'étoile et son exoplanète comme deux sources incohérentes planes monochromatiques de longueur d'onde λ se propageant suivant l'axe (Oz) à la célérité c .

4. Pour quelle raison ce dispositif ne permet-il pas de déterminer la présence d'une exoplanète ?

On étudie ici le principe de fonctionnement de l'interféromètre de Bracewell : on se ramène à l'expérience des fentes d'Young en considérant la direction de l'étoile suivant l'axe (Oz) et la direction de la planète inclinée d'un angle α par rapport à la direction de l'étoile. Un déphaseur permettant d'introduire sur le faisceau de l'un des télescopes un déphasage de π avant la lentille et la recombinaison est associée au point F' de l'écran :



5. Lorsque l'interféromètre de Bracewell pointe en direction de l'étoile, quelle est l'expression de l'intensité lumineuse due uniquement à l'étoile en un point de la recombinaison? Quelle est la valeur de l'ordre d'interférences dans un tel cas ?
6. Lorsque l'interféromètre de Bracewell pointe en direction de l'étoile, quelle est l'expression de l'intensité lumineuse due uniquement à l'exoplanète en un point de la recombinaison pour un usage optimal ?

7. Expliquer comment l'interféromètre de Bracewell permet de mettre en évidence la présence d'une exoplanète.

Exercice 2 (MP₂₀₂₁)

On considère deux clous plantés l'un au dessus de l'autre écartés d'une distance d . Un pendule de masse m attaché à un fil de masse négligeable de longueur l est accroché au clou supérieur.

On lâche initialement le fil à l'horizontale. On néglige tout frottement lors de la chute et on suppose qu'aucun échange énergétique n'a lieu lors du contact entre le fil et le second clou.

Déterminer une condition portant sur d et l pour que le fil s'enroule autour du second clou.

PLANCHE CCINP₁₂

Exercice 1

Un four à haute température (T de l'ordre de $1000K$) contient du chlore gazeux. Après ionisation (par un dispositif non-représenté), le mélange isotopique binaire d'ions Cl (charge $q = -|e|$, masses M_1 et M_2) issu du four est accéléré par une ddp U (de quelques dizaines de kV) avant d'être injecté dans la fente d'entrée d'un spectrographe de masse. Le champ magnétique $\vec{B}$ qui règne dans le spectrographe est horizontal, et perpendiculaire au plan de la figure. P désigne une plaque sensible détectant l'arrivée des ions.

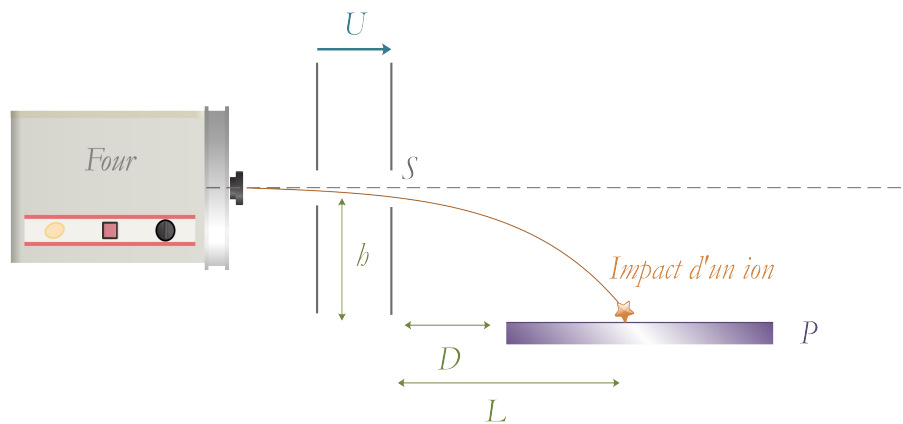


Schéma d'un spectrographe de masse

1. Préciser le sens de la ddp U et la direction du champ magnétique $\vec{B}$.
2. Donner l'ordre de grandeur de la vitesse d'un ion avant accélération par U et montrer que l'énergie cinétique thermique correspondante peut être négligée.

On note v la vitesse acquise en S par un ion de vitesse initiale nulle.

3. La trajectoire d'un ion dans la partie où règne le champ magnétique est un arc de cercle. Expliquer pourquoi le mouvement est par ailleurs uniforme et donner, en le démontrant, l'expression de son rayon R et le calculer numériquement.
4. L_i désigne la distance horizontale entre S et le point d'impact d'un ion de masse M_i . Comment varie qualitativement L_i en fonction de M_i , toutes choses égales par ailleurs ? Exprimer L_i en fonction de b et R , et en fonction de b , M_i , q , B et U .
5. Calculer numériquement la distance ΔL séparant les deux types d'impacts.

6. Soit δv_0 l'incertitude sur la vitesse initiale compte tenu de l'agitation thermique dans le four. Écrire la condition sur v , M_i , δv_0 et $\Delta M = M_1 - M_2$ pour que les impacts de deux isotopes soient bien séparés malgré l'agitation thermique.

Exercice 2 (PC₂₀₁₈)

On dispose de deux tiges de longueur L et de rayon R , de conductivités thermiques λ_1 connue et λ_2 inconnue. Ces tiges sont recouvertes de paraffine dont la température de fusion vaut $T_f = 343\text{K}$. Proposer une méthode pour déterminer λ_2 .

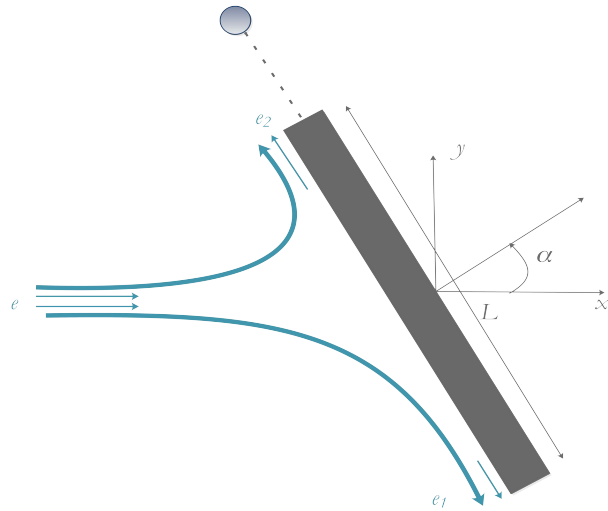
PLANCHE CCINP₁₃

Exercice 1

Un jet d'eau de section transversale $e \times \ell$ arrive avec une vitesse $v_0 \vec{u}_x$ sur une plaque inclinée de masse M . On considère qu'il donne naissance à deux jets de section $e_1 \times \ell$ et $e_2 \times \ell$ et de vitesse v_1 et v_2 .

On suppose le liquide parfait et l'écoulement est incompressible et irrotationnel. On néglige les effets de la pesanteur.

1. Dédurre de la conservation de la matière une relation entre e , e_1 , e_2 , v_1 et v_2 .
2. Dédurre du théorème de Bernoulli une seconde relation entre e , e_1 et e_2 .
3. En appliquant un bilan de quantité de mouvement à un système convenablement choisi. Déterminer l'expression de e_1 , e_2 et de la force $\vec{F}$ appliquée par le jet sur la plaque.

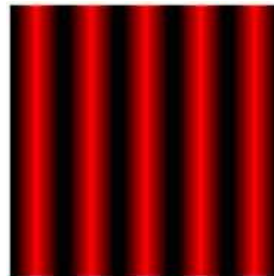


2. On part d'un Michelson réglé au contact optique. Expliquer **quantitativement** comment modifier un des deux miroirs pour obtenir la figure ci-contre.

4. On considère à présent que la plaque est attachée à un axe colinéaire à $\vec{n}_x$ autour duquel elle peut tourner librement. On note d la distance du centre de gravité de la plaque à l'axe. Déterminer l'angle α en négligeant le poids de la plaque.

Exercice 2 (Camille C, PC*₂₀₂₁)

On place en sortie d'un Michelson un lentille de distance focale $f' = 50 \text{ cm}$ et on forme l'image sur un écran carré de côté 100 mm . La valeur absolue du grandissement du montage vaut 10 . Le Michelson est éclairé par une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 632 \text{ nm}$. On obtient la figure ci-dessus.



1. Comment est réglé le Michelson ? Où se situe la source lumineuse ?

PLANCHES MINES TELECOM

PLANCHE MT₁

Exercice 1 (PC₂₀₂₁)

On considère une cellule biologique entourée de sa membrane. Localement elle peut être modélisée par un plan placé en $x = 0$.

On a alors : $V(x) = V_0$ pour $x < 0$ et $V(x) = V_0 \exp(-x/a)$ si $x > 0$

1. Donner l'expression du champ électrique $\vec{E}$
2. Donner l'expression de la densité volumique de charge.

On définit la densité surfacique de charge σ telle que : $\sigma/\epsilon_0 = E_x(0^+) - E_x(0^-)$

1. Donner l'expression de σ et tracer $\rho(x)$.
2. Déterminer la charge dans un cylindre d'axe x et de rayon r .

Exercice 2 : (Manon Q, PC*₂₀₂₁)

On suppose que le toboggan de forme hélicoïdale est tel que son rayon reste constant et est noté R et l'altitude d'un point M sur ce toboggan est donné par $z = \alpha \cdot \theta$

Déterminer la durée du feu rouge (en haut du toboggan afin d'éviter toute collision).



PLANCHE MT₂

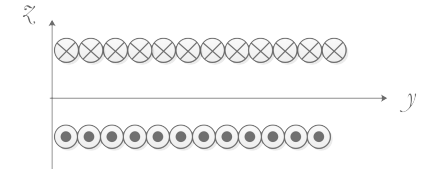
Exercice 1 (Carel B, PC*₂₀₂₁)

On dispose d'une infinité de fils infinis parallèles à l'axe Ox dans le plan Oxy . Chacun de ces fils est parcouru par une intensité I , on note n la densité linéique de fil selon y .



1. Déterminer le champ magnétique dans l'espace $z > 0$.

On considère maintenant les deux plans suivants



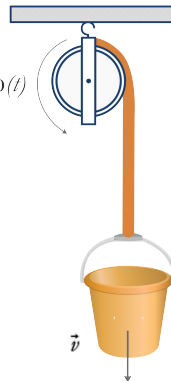
2. Déterminer le champ magnétique pour $z > 0$.

Note Carel B : L'examineur était très froid (n'a pas dit un mot).

Exercice 2 (Carel B, PC*₂₀₂₁)

On considère le système suivant constitué d'une poulie sur laquelle est reliée un fil de masse nulle et un seau de masse m . On donne J le moment d'inertie de la poulie

Déterminer la vitesse angulaire de la poulie.

PLANCHE MT₃**Exercice 1 (Tristan B, PC₂₀₂₁)**

On modélise le lancer d'une toupie à l'aide d'un fil inextensible enroulé sur quatre tours sur le corps de la toupie. La toupie est modélisée par un cylindre de masse m et de rayon R , de moment d'inertie par rapport à son axe $mR^2/2$. Une pointe de moment d'inertie négligeable permet à la toupie de tenir sur le sol horizontal. On suppose que pendant tout son mouvement la toupie reste verticale et ne glisse pas sur le sol. Le fil est tiré avec une force de norme F constante pour lancer la toupie.



On notera ω la vitesse angulaire instantanée de la toupie, et on supposera qu'à l'instant $t = 0$ où l'on commence à tirer sur le fil la toupie est immobile.

1. Exprimer la puissance instantanée de la force $\vec{F}$.

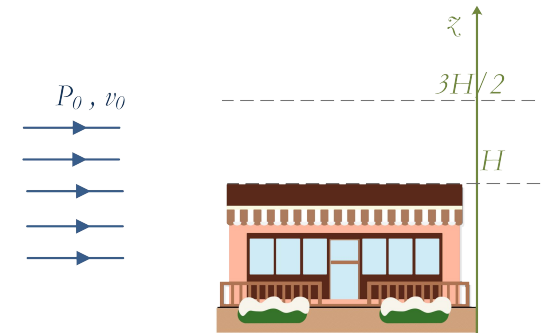
2. Dédire du théorème de l'énergie cinétique l'accélération angulaire $\dot{\omega}$ de la toupie.
3. Quelle est la vitesse angulaire de la toupie lorsque les quatre tours de fil ont été déroulés ?

Exercice 2 (Tristan B, PC₂₀₂₁)

Un toit est posé sur un cabanon de hauteur H_0 .

On a un écoulement laminaire de l'air et pour une altitude $z > 3H_0/2$, le toit n'a plus d'effet sur l'air.

Pour quelle vitesse v_0 le vent est-il capable de soulever le toit ?



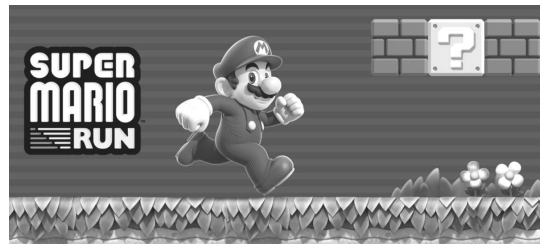
Note Tristan: Choix du sujet au hard (tiré parmi 8 sujets en tout). L'examinateur laisse le choix de l'exercice de départ. Il se montre patient, donne des conseils...

PLANCHE MT₄**Exercice 1 (PC₂₀₁₈)**

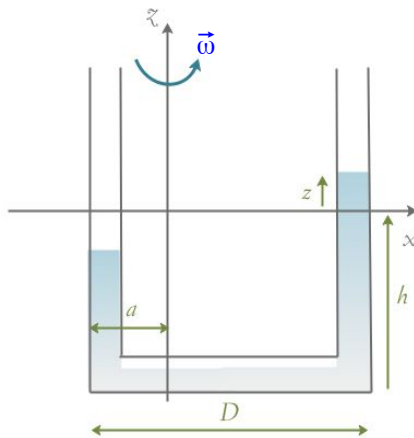
On considère un appareil photo dont l'objectif est assimilé à une lentille mince de distance focale $f' = 38 \text{ cm}$. Le capteur de l'appareil photo est constitué d'une multitude de pixels carrés de côté $a = 30 \text{ }\mu\text{m}$. Un sprinteur courant dans une direction perpendiculaire à l'axe optique passe à la distance $d = 30 \text{ m}$ de l'objectif (on suppose

que la mise au point de l'appareil photo est correctement effectuée) à une vitesse $v = 36 \text{ km.h}^{-1}$.

Quel doit être le temps de pose de l'appareil pour que la photo soit nette ?



Exercice 2 (CCINP₂ Tristan B, PC₂₀₂₁)



1. Déterminer la différence de hauteur dans les deux branches du tube en U de section constante lorsqu'il tourne à la vitesse angulaire constante ω .
2. Montrer que ω doit être inférieure à une vitesse de rotation maximale $\omega_{\max}$ à déterminer pour que le liquide reste dans chacun des deux tubes ?

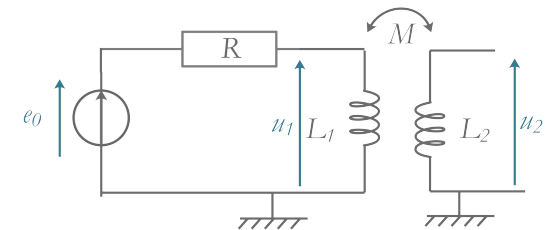
Note Tristan : Examinatrice peu bavarde, même lorsque je disais que le résultat me paraissait bizarre elle ne disait rien et n'a jamais essayé de me guider.

PLANCHE MT₅

Exercice 1 (Emma G, PC₂₀₂₁)

e_0 est une tension sinusoïdale de fréquence $f = 20 \text{ kHz}$.

On donne la tension efficace aux bornes de la résistance $u_R = e_0$ - $u_1 = 3 \text{ V}$, $u_2 = 5 \text{ V}$ et $R = 100 \Omega$.



Trouver la valeur de l'inductance mutuelle.

Exercice 2 : (PC₂₀₁₈)

Soit une centrale nucléaire qui dispose de 4 réacteurs de 900 MW chacun. Pour cette centrale thermique, le rendement est de 36% et elle est refroidie par l'eau du Rhône (capacité thermique massique $c = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$). Quel doit être le débit minimum du Rhône pour que son élévation de température soit inférieure à $\Delta t_{\max} = 8 \text{ °C}$?

PLANCHE MT₆

Exercice 1 (MP₂₀₂₁)

Un météorite de masse m est repéré en M_0 , à une distance très grande du Soleil (de masse M_S et de rayon R_S). Dans cette position, le vecteur vitesse $\vec{v}_0$ du météorite est

porté par une droite $(M_O, \vec{v}_0)$ telle que la distance minimale du centre du Soleil à cette droite est notée b que l'on appelle le paramètre d'impact.



1. Rappeler, en le justifiant, les grandeurs qui se conservent au cours du mouvement du météorite. Exprimer ces lois de conservation.
2. Exprimer la distance minimale r_{min} à laquelle le météorite passe du centre du Soleil.

Exercice 2 (PC₂₀₁₈)

Un glaçon de forme cylindrique (hauteur $h = 3 \text{ cm}$, rayon $R = 1 \text{ cm}$, masse volumique $\rho_s = 0,92 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, température 0°C) flotte à la surface de l'eau (masse volumique $\rho_L = 1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, température 0°C). On appelle a la hauteur à l'air libre.

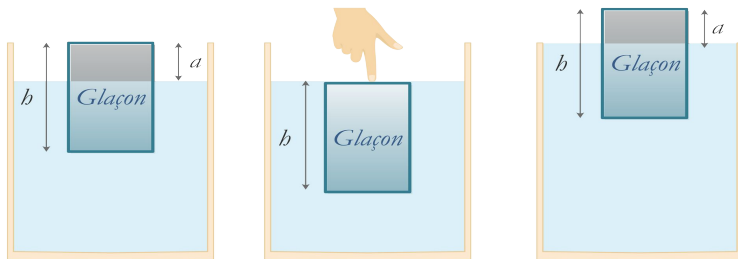


Figure 1

Figure 2

Figure 3

1. Déterminer le rapport a/b en fonction des masses volumiques ρ_L et ρ_s . Application numérique.

2. Quelle force doit-on exercer verticalement maintenir ce glaçon à la lisière de la surface de l'eau (figure 2) ? Application numérique ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).
- 4) On remplit le verre à ras bord (figure 3). Le glaçon ayant fondu, le verre déborde-t-il ? On justifiera précisément le comportement du niveau d'eau.

PLANCHE MT₇

Exercice 1 (MP₂₀₂₁)

On étudie le mouvement d'un satellite de masse m en orbite autour de la Terre de masse M .

1. Quelle vitesse v_0 faut-il donner au satellite afin qu'il ait un mouvement circulaire de rayon r_0 ?
2. On augmente alors la vitesse du satellite d'une valeur αv_0 avec $\alpha \ll 1$.

2.a) Montrer que le mouvement est elliptique.

2.b) On donne l'énergie mécanique du satellite lors de son mouvement

$$\text{elliptique : } \mathcal{E}_m = -\frac{GMm}{2a} \text{ où } a \text{ est le demi-grand axe de l'ellipse.}$$

Déterminer a .

Exercice 2 (PC₂₀₂₁)

Une ailette de refroidissement est constituée par un cylindre d'axe Ox , de rayon i , de longueur L , fixé par sa base $x = 0$ à une paroi dont la température est T_i et en contact sur le reste de sa surface avec l'air ambiant de température T_e . Le flux surfacique

passant de l'ailette à l'air est donnée par la loi de Newton : $\varphi = h(T - T_\theta)$ où T est la température de surface de l'ailette. On se place en régime stationnaire et on suppose que la température locale ne dépend que de x .

1. Montrer que : $T(x) = A \exp\left(\frac{x}{\delta}\right) + B \exp\left(-\frac{x}{\delta}\right)$ et donner δ .
2. Déterminer A et B .