

Compte rendus d'oraux

Oraux de Physique-Chimie 2023

MP₁^{*} MP₂^{*} MP₄^{*} MP_{HIV}^{*}



Louis-le-Grand – Henri IV
2023/24

Le retour des exercices auquel vous allez procéder au mois de juillet est très important¹, il permet de vous fournir ce volumineux recueil d'exercices tombés l'année passée.

Un énorme merci aux étudiants de l'année scolaire « 2022/23 »!
Muriel Dunlop, Malek Kiouss, Antonin Marchand, Ulrich Sauvage

¹Notez que les titres qui apparaissent sont rarement explicites dans l'exercice et sont choisis par vos professeurs pour vous aider à identifier de quoi il s'agit. C'est une indication qui peut être parfois précieuse.

I. Physique ENS

U.1 Rotation synchrone

U-23-101

On voit toujours la même face de la Lune, pourquoi ?

Déroulement et indications

Je commence par donner des hypothèses sur le mouvement de la Lune : dans le référentiel géocentrique je suppose que la trajectoire est circulaire uniforme ; ce que je justifie rapidement en parlant de forces centrales et en négligeant l'influence des autres planètes. Il me dit qu'on va chercher pourquoi la vitesse angulaire de rotation de la lune sur elle-même et sa vitesse angulaire de révolution sont égales. Il commence alors à m'expliquer la genèse du système solaire qu'on considère comme un disque gazeux en rotation qui se compactifie progressivement du fait de sa rotation. Il me demande comment on pourrait quantifier le lien entre la vitesse de rotation et la taille du disque. Je lui dis que si la compactification est suffisamment lente, on peut faire l'hypothèse que le moment d'inertie est localement constant (on suppose la rotation autour d'un axe fixe), ce qui permet d'écrire que $J\dot{\theta} = 0$ donc $\dot{\theta} = 0$; on explique alors rapidement que l'hypothèse est fautive. Il me demande alors comment corriger cela en supposant J non constant, et quelle loi a-t-on utilisé ici. Les deux questions sont liées : on a exprimé la conservation du moment cinétique, qui donne directement $J(t) = \frac{L}{\dot{\theta}(t)}$.

Commence une autre partie de l'oral : il me demande alors quelles forces autres vont s'appliquer à la lune pour expliquer la synchronicité, et qu'on se ramènera au système {Soleil / Terre} plutôt que {Terre / Lune}. Je donne d'abord la pression de radiation (du Soleil) tout en expliquant que ce n'est pas pertinent ici : comme la surface éclairée par le soleil visible depuis la Terre change à chaque nuit, un tel effet ne peut pas être déterminant de manière permanente. Je mentionne ensuite la présence d'éventuels débris qui donneraient d'éventuels frottements ou de la traînée, il me fait remarquer que ça n'aurait pas d'impact sur la rotation ce qui semble vrai. Finalement, je parle de l'effet de marée ce qui le fait un peu plus tilter. Il me demande de préciser, je fais des dessins et j'explique rapidement. Il me demande l'effet sur la Terre, je dis qu'elle est déformée en une ellipse ; il dit qu'on va justifier ça. Je lui dis qu'on va chercher l'isopotentielle pour pouvoir faire de l'hydrostatique car c'est ce qu'on fait d'habitude, et c'est bien la première fois qu'il hésite à me répondre pour dire "Euuuuuh peut-être ?" ; puis je me rends compte très vite que je n'y arrive pas.

Il ne me laisse pas le temps de patauger et me demande l'effet des marées sur les océans en pratique. Je refais un dessin sur lequel j'explique que tous les océans sont attirés vers la face exposée au Soleil (et même le point le plus près du Soleil). Il me demande alors combien de marées hautes on peut observer en une journée. J'hésite : je sais qu'il y en a deux, mais mon explication n'en donne qu'une. C'est ce que je finis par dire, il acquiesce et explique qu'on a négligé quelque chose. Je pense d'abord à l'influence de la lune sur les marées mais ce n'est pas ça. Je finis par évoquer Coriolis et l'inertie d'entraînement. On se place dans le référentiel géocentrique (qu'il me demande de définir) puis on fait l'inventaire des forces sur un objet à la surface de la Terre, que l'on situe au point le plus proche du Soleil à distance r du centre de masse de la Terre. Je commence par parler de Coriolis ce qui semble le déranger, il me demande de donner la formule de Coriolis et me demande ce que vaut Ω ici, évidemment c'est nul, on corrige donc vite cette étourderie.

Il me demande ensuite de définir précisément la force d'inertie, ce que je fais avec un dessin et une courte explication. Dans notre cas, R_g est en rotation uniforme autour du Soleil donc $\vec{F}_{ie} = mR\omega^2\vec{e}_r$ (en définissant \vec{e}_r graphiquement) ; ce qu'il me demande de relier à \vec{G}_S . Là je ne comprends pas très bien ce qu'il faut faire. Au bout de 5 minutes d'idées qui traduisent ma mauvaise compréhension de la question il me demande d'écrire le PFD sur la Terre dans le référentiel héliocentrique et de faire intervenir \vec{F}_{ie} dedans. Le PFD, en simplifiant les masses, s'écrit dans ce référentiel $-\vec{a}_{ie} + \vec{G}_S(R) = \vec{0}$. En traduisant dans le référentiel géocentrique, $-\vec{a}_{ie} + \vec{G}_S(0) = \vec{0}$. On peut alors expliciter la somme des forces s'appliquant à l'objet à distance r du centre de la Terre, proche du Soleil : on trouve $-2m\mathcal{G}_S(0)\frac{r}{R}\vec{e}_r$ (ou un truc du genre) et l'opposé au point opposé. Cela permet donc de justifier intuitivement la forme elliptique de la planète (faire un dessin !).

On s'approche de la fin, on revient à la Lune et il m'explique qu'on admettra donc en plus de cela l'effet de la rotation propre qui penche l'axe de l'ellipse stable d'un angle Δ par rapport à l'axe sans rotation. Il me demande l'effet des marées ici, je réfléchis un peu puis parle d'un couple de forces qui s'exerce donc ici sur les deux points extrémaux de l'ellipse et que ça devrait pouvoir faire apparaître clairement le lien entre les deux vitesses de rotation, fin de l'oral.

Examineur très sympathique, dans le couloir il commence à me demander si il avait bien prononcé mon nom (oui!) et me demande même d'où il vient, puis d'où je viens moi-même. On arrive dans la salle, on pointe, il m'explique que ce sera une discussion puis sans rien sortir me donne mon énoncé.

L'oral a vraiment pris la forme d'une discussion quasi-permanente, il ne m'a laissé que 2 ou 3 fois seul et jamais plus de 3-4 minutes. Même si je n'ai pas fini l'exercice, je pense m'en être assez bien sorti. L'examinateur semblait (positivement) étonné par ma culture et le nombre de petites remarques (que l'on a fini par justifier, ou pas) que j'ai pu faire, ce qui me met bien en confiance.

U-23-102

U.2 Formation des étoiles

On s'intéresse au processus de formation d'une étoile, qui a lieu lorsqu'un nuage de gaz se contracte sous l'effet de la gravité pour former une boule que l'on suppose homogène. On ne considère pour l'instant aucune réaction thermonucléaire au sein de l'étoile. On suppose que la température initiale est nulle.

1. Établir la relation entre le rayon R de la boule de gaz et sa température.
2. Il existe un rayon minimal (donc une température maximale) au-delà duquel la boule de gaz ne peut plus se contracter. Expliquer pourquoi et exprimer ce rayon.
3. Trouver un autre phénomène capable d'expliquer l'existence d'un rayon minimal, et refaire le calcul dans ce cadre.

Déroulement et indications

1. Je commence par dire que la boule de gaz est en équilibre sous l'effet de deux phénomènes qui se contrebalancent : l'agitation thermique et l'attraction gravitationnelle de la boule. Pour trouver une relation entre le rayon et la température, on va donc écrire l'égalité entre l'énergie interne de la boule $U = 3/2 nRT$ (le gaz qui constitue les étoiles en formation est monoatomique, c'est de l'hydrogène), et son énergie interne de cohésion gravitationnelle. Pour calculer celle-ci, je commence par donner des arguments de symétrie puis j'utilise le théorème de Gauss sur une surface sphérique de rayon $r \leq R$ pour déterminer le champ gravitationnel au sein de la boule. Puis j'en déduis la force gravitationnelle qui s'exerce sur un élément de masse δm et de volume $d\tau$, pour trouver l'énergie potentielle de celui-ci. Enfin j'intègre sur toute la boule pour trouver l'énergie totale. L'examinatrice me demande de lui expliquer mon calcul une fois qu'il est fini, et elle me fait remarquer que j'ai peut-être fait une confusion entre deux grandeurs notées M , elle me dit qu'il ne faut pas confondre la masse totale de la boule et la masse contenue dans la sphère de rayon r . Je crois qu'il n'y a pas de problème dû à ça dans le calcul, mais il y avait bien un conflit de notation entre la masse totale M et un point de la boule à distance r du centre que j'avais noté M aussi. Pour l'énergie potentielle de l'élément de masse δm placé dans le champ gravitationnel que j'ai déduite de l'expression de la force qui s'exerce sur lui, elle me demande s'il n'y a pas de constante d'intégration qui apparaît, je réponds que l'énergie est définie à une constante près et que je peux la prendre nulle au centre (mais je me suis aperçu après coup que ça n'allait pas comme réponse, justement on cherche une expression de l'énergie totale et pas une variation d'énergie donc la constante d'intégration a son importance). À la fin du calcul, j'obtiens une énergie totale $E = \frac{3}{10} \frac{GM^2}{R}$. Je ne suis pas tout à fait sûr du raisonnement à cause de l'énergie mais au moins c'est homogène. Elle note ma formule. (Après j'ai regardé sur Internet pour vérifier et j'ai vu que la bonne expression était plutôt $E = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R}$) J'en déduis la relation entre R et T et je trouve qu'ils sont inversement proportionnels. Je lui dis que c'est cohérent puisqu'à masse égale, la diminution du rayon va provoquer une élévation de température qui permettra de contrebalancer le champ gravitationnel plus intense.
2. Je dis qu'à partir d'une certaine température le gaz va s'ioniser : les atomes d'hydrogène se dissocient en un gaz de protons et d'électrons. La force électrostatique répulsive entre protons va alors empêcher le rapprochement de ceux-ci au-delà d'une certaine distance minimale ; je propose donc d'écrire l'égalité, pour un proton, entre son énergie d'agitation thermique et son énergie potentielle d'interaction électrostatique avec un autre proton, lorsqu'il se trouve à un certain rayon r_{\min} de celui-ci. Elle me demande de calculer l'ordre de grandeur de la température maximale obtenue et je dis que la taille du noyau atomique est de l'ordre de 10^{-12} m, en fait le "rayon de charge" du proton (et la taille du noyau) sont de l'ordre du femtomètre (10^{-15} m). Une fois que j'ai écrit le calcul, elle me donne le résultat ($1,7 \times 10^{11}$ K dans mes souvenirs, en tout cas de l'ordre de 10^{11} K) À peu près à ce moment, je dis que le modèle de départ finit par ne plus être valide puisque les réactions thermonucléaires apparaissent et qu'elles contrebalancent la force gravitationnelle
3. L'examinatrice me dit qu'un autre phénomène peut être responsable de l'existence d'un rayon minimal : pourquoi deux électrons ne peuvent-ils pas se rapprocher au-delà d'une certaine distance ? Je parle de la répulsion électrostatique, elle n'a pas l'air convaincue et c'est déjà le cas qu'on vient de traiter ; je mentionne le principe d'exclusion de Pauli qui interdit à deux électrons d'occuper le même état quantique, elle acquiesce mais me dit qu'on va plutôt se servir du principe d'incertitude de Heisenberg, qui lie l'indétermination de la position d'une particule avec celle de sa quantité de mouvement. Je l'écris et je lui demande si on peut prendre p environ égal à Δp , elle répond que oui. En utilisant l'inégalité

et l'expression de l'énergie d'une particule ($3/2 k_B T$, comme pour la question précédente) pour en déduire sa quantité de mouvement, on en déduit le rayon minimal que peut occuper une particule. Elle m'arrête là parce que l'oral va bientôt se terminer, en me disant qu'on peut bien en déduire le rayon minimal de l'étoile entière.

4. À la fin de l'oral, l'examinatrice me demande pourquoi on obtient avec cette méthode un rayon théorique de 60 km pour le Soleil et elle me donne une indication : la température de fusion est atteinte avant les 10^{11} K. Elle me demande aussi pourquoi le Soleil n'est pas entré en fusion complète. Je dis que la fusion va provoquer la libération d'une grande quantité d'énergie et contrebalancer l'effet de la gravitation par la pression de radiation qui en résulte, d'où le fait que le Soleil ait un rayon bien plus grand que 60 km et que la fusion soit localisée au cœur de l'étoile. Le rayon minimal n'est pas atteint lors de la formation, le processus s'arrête avant. (Le modèle cesse d'être valide) Elle finit l'oral en m'expliquant que la fusion au cœur du Soleil n'est pas totale, que c'est une fusion lente par effet tunnel, et que la température du Soleil est plutôt de l'ordre de 10^7 K.

L'examinatrice est très gentille et acquiesce d'un air encourageant à la plupart de mes réponses, même si elle a l'air dubitative quand je lui explique mon calcul pour l'énergie gravitationnelle de liaison.

U.3 Modélisation de la pression

U-23-103

On cherche à modéliser la pression de l'air sur une surface. La surface est modélisée comme une plaque rigide de masse M reliée à un support fixe par un ressort de longueur à vide l_0 et de raideur k , et on tient compte dans son mouvement des frottements avec l'air. Sans prise en compte a priori de la pression, on considère que des particules d'air de masse m rentrent en collision avec la plaque à intervalles réguliers T et qu'elles possèdent toutes la même vitesse \vec{u} . Décrire le mouvement de la plaque, et faire apparaître une force de pression.

Déroulement et indications

L'examinatrice commence par un discours rassurant et m'explique le déroulement de l'oral : on va s'intéresser à une situation physique, et il s'agira de discuter autour de cette situation.

- Je commence par considérer la modification de quantité de mouvement de la plaque suite à un choc. Je considère que les particules ont toutes une vitesse perpendiculaire à la plaque, et qu'elles rebondissent toutes dans la direction opposée avec une vitesse \vec{v} , que je ne calcule pas dans un premier temps. En considérant la conservation de quantité de mouvement lors du choc, je calcule la différence qui en résulte pour la plaque, puis je calcule la force due aux chocs correspondante en moyennant sur un intervalle dt (en considérant T infinitésimal). Je peux alors appliquer le PFD à la plaque pour décrire son mouvement, on obtient l'équa diff d'un oscillateur amorti. Je dis que le régime dépend des paramètres, l'examinatrice me demande tout de même ce à quoi s'on attend, et je répond qu'on s'attend à ce que le régime soit fortement amorti, car on n'observerait pas d'oscillations de la plaque, et elle acquiesce.
- Il s'agit ensuite de faire apparaître la force de pression. Pour cela, j'explique qu'on s'attend à ce que le nombre de particules heurtant la plaque est proportionnel à sa surface, et je pose plus précisément un nombre de chocs constant par unité de temps et de surface, ce qui permet d'exprimer T en fonction de S , et de faire apparaître une force de pression.
- Vient alors la question du calcul de ce nombre de chocs, et il faut pour cela affiner la modélisation des chocs : j'explique qu'en réalité, les particules d'air se déplacent dans toutes les directions, et qu'il faut prendre en compte la contribution des particules en fonction de leur direction. S'ensuit un laborieux calcul qui consiste à compter à l'aide de la densité particulaire de l'air le nombre de molécules qui atteignent la plaque en fonction de leur direction, et d'intégrer sur les directions possibles. Ce calcul se complique vite car il faut prendre en compte un angle formé avec la plaque selon deux directions (horizontales et verticales), et je m'emmêle un peu les pinces. Après une discussion avec l'examinatrice, je parviens néanmoins à un résultat.
- L'examinatrice me demande alors de revenir sur la vitesse \vec{v} et sur la vitesse \vec{u} , et après qu'elle m'ait aiguillée dans cette direction, j'effectue également un bilan d'énergie lors d'un choc, ce qui permet de calculer \vec{v} sous de bonnes hypothèses. Pour \vec{u} , j'avais considéré dans ce qui précédait que les particules se déplaçaient dans toutes les directions et se déplaçaient toutes à la vitesse quadratique moyenne. l'examinatrice (elle me le dit à la fin) tente de me diriger vers l'utilisation de la distribution de Boltzmann, mais elle reste allusive, et je ne vois pas ce qu'elle veut dire. l'oral s'arrête là.

Examinatrice très souriante, très attentive à ce que je dis (note tous mes calculs dans les moindres détails), et engage régulièrement la discussion pour me demander des précisions sur ce que je fais. Cependant, je m'attendais à une discussion un peu plus constante au vu de la réputation de l'épreuve (cet oral n'était pas si éloigné de mon oral de l'X par exemple), mais l'oral était globalement très agréable, et m'a donné l'impression de vraiment mener une réflexion physique plutôt que d'avancer dans un exo sans savoir ce que je faisais.

U.4 Voile solaire

On attache un miroir à une sonde pour former une « voile solaire », le but étant de la faire décoller du Soleil.

1. Quelle doit-être la surface du miroir ?
2. Que se passe-t-il si l'on considère que la sonde se déplace rapidement ?

Données : Masse de la sonde : 10 kg; Puissance émise par le Soleil : 4×10^{26} W

Déroulement et indications

1. Avant de me dicter l'énoncé, l'examinatrice me rappelle que ce qui suit va avant tout être un échange au cours duquel nous allons tenter de résoudre l'exercice ensemble.
2. Je décris d'abord ce qu'il va se passer : les photons vont venir se réfléchir sur le miroir, ce qui va faire varier leur quantité de mouvement et donc en donner à la sonde et c'est ce qui va la faire avancer. J'annonce alors que je vais à la fois m'intéresser à la quantité de mouvement perdue après réflexion, mais également au nombre de photons qui vont taper le miroir pendant dt sur un petit cylindre de surface dS et de hauteur cdt . Elle acquiesce et semble contente, ce qui est plutôt bon signe. On remarque simplement qu'on peut directement prendre la surface totale et pas dS .
3. Et là c'est le drame. J'ai dit une énorme bêtise : j'ai affirmé qu'étant donné que les photons n'avaient pas de masse, il n'était pas judicieux de parler de variation de quantité de mouvement, mais plutôt de variation d'énergie. S'en suit un dialogue très confus au cours duquel je parle de déphasage et je me perds, avant de me rendre compte bien plus tard que la quantité de mouvement d'un photon est bien définie en supposant l'onde monochromatique, par $p = h/\lambda$. Je trouve ça incroyable à quel point le stress m'empêche de mobiliser à la fois mon cours et mon bon sens. Ainsi, le choc d'un photon insufflé une quantité de mouvement égale à $2h/\lambda$ puisque le vecteur vitesse du photon change de sens après le choc.
4. Ensuite, je calcule de façon confuse, en faisant parfois des erreurs d'homogénéité, le nombre dn de photons qui tapent le miroir pendant dt . Pour cela, on fait un bilan énergétique. L'énergie attribuée à la sonde par le choc de tous les photons pendant dt doit être égale à la proportion de l'énergie émise par le soleil qui est transmise au miroir pendant dt . Ainsi, on obtient

$$dn \times 2 \times \frac{h}{\lambda} \times c = \frac{P_s \times dt \times S}{4\pi d^2}$$

avec d la distance de la sonde au soleil. Le terme de droite se justifie par le fait que l'émission de photons se fait de façon isotrope depuis le soleil jusqu'à la sphère de même centre et sur laquelle se trouve la sonde. J'avais fait l'erreur de considérer la surface du soleil au lieu de la surface de cette dernière sphère, ce qui a été rapidement corrigé.

5. On écrit alors le bilan de forces :

$$ma = -G \frac{mM_s}{d^2} + \frac{dp}{dt}$$

La condition de décollage revient alors à

$$G \frac{mM_s}{d^2} \leq \frac{P_s \lambda S}{4\pi d^2} \frac{2h}{2hc\lambda}$$

d'où

$$S \geq \frac{4\pi c G m M_s}{P_s} = 3 \times 10^3 \text{ m}^2$$

6. Pour la deuxième question, on reprend la même étude. Simplement la hauteur du cylindre considérée va changer du fait de la vitesse de la sonde qui ne peut plus être considérée comme fixe par rapport aux photons. De plus je dis qu'on peut trouver un analogue à l'effet Doppler pour dire que la fréquence des photons va changer. Elle me dit que ça s'appelle effet Doppler, et que le phénomène physique porte un nom que j'ai oublié. L'oral s'arrête là.

Je suis vraiment déçu de l'oral qui commençait très bien. J'ai mis trop de temps à réaliser pour la quantité de mouvement et trop de temps à calculer $\frac{dn}{dt}$

À part ça l'examinatrice n'était pas aussi bavarde que je l'aurai pensé et je trouve que l'on a beaucoup moins discuté que ce qu'elle m'avait annoncé. À certains moments j'avais l'impression qu'elle ne m'écoutait pas et qu'elle découvrait et me répétait des lignes de calculs et des raisonnements que j'avais écrites et expliqués vingt minutes plus tôt.

U.5 Formation des bras des galaxies spirales

U-23-202

De nombreuses galaxies sont en forme de spirale, avec des bras émanant du centre. Expliquer.

Déroulement et indications

L'examinateur m'explique avec un grand sourire que le but de l'oral est de parler de physique, de mettre en avant ses qualités de physicien, etc. Il me présente le problème et me dit qu'on va étudier le mouvement d'une étoile dans la galaxie d'un point de vue cinématique. On considère une galaxie en forme de disque, plate, à symétrie axiale.

Je commence par évoquer le théorème de Gauss pour la gravitation, pour déterminer $g(r)$ le champ de gravitation à un endroit donné. Mais les symétries ne sont pas suffisantes (c'est possible pour une répartition de masse uniforme, en calculant le champ « à la main », mais on ne connaît pas la répartition de masse dans la galaxie).

Il me demande d'étudier d'abord une orbite circulaire, puis une petite perturbation à cette orbite. J'écris $r\Omega(r)^2 = g(r)$ (en détaillant car c'est le début de l'oral). On paramètre le mouvement circulaire : $r(t) = r_0; \theta(t) = \Omega(r)t$.

On considère une perturbation $r(t) = r_0 + \delta r(t); \theta(t) = \Omega(r_0)t + \delta\theta(t)$ (on pourrait aussi écrire $\theta(t) = \Omega(r(t))t + \delta\theta(t)$: il me dit que ça revient au choix d'une jauge et de prendre la première convention). Pendant quelques minutes je ne vois pas quoi faire, j'évoque la conservation du moment cinétique, fais une blague sur Dieu qui donne une pichenette à l'étoile (il est amusé), et me rends compte qu'il va falloir écrire le principe fondamental de la dynamique un jour.

Après avoir retrouvé devant lui l'accélération en cylindriques (que je ne connais pas, il compatit), on obtient :

$$\ddot{r} - r\dot{\theta}^2 = -g(r) \tag{U.5.1}$$

$$2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta} = 0 \tag{U.5.2}$$

On écrit $r = r_0 + \delta r$ et $\theta = \Omega(r_0)t + \delta\theta$, on développe à l'ordre 1, on exprime $\delta\dot{\theta}$ en fonction de δr en intégrant (2), et en réinjectant dans (1) on a :

$$\ddot{\delta r} - r_0\Omega(r_0)^2 - \delta r\Omega(r_0)^2 + 4\delta r\Omega(r_0)^2 = -g(r_0) - \delta r \frac{dg}{dr}$$

Mais $r_0\Omega(r_0)^2 = g(r_0)$ et en dérivant $g = r\Omega^2$, on a $\delta\ddot{r} + \omega^2\delta r = 0$ avec $\omega^2 = 4\Omega(r_0)^2 + 2r_0\Omega(r_0)\frac{d\Omega}{dr}(r_0)$.

On écrit $\delta r = \delta r_0 \sin(\omega t)$ et $\delta\theta = \frac{2\Omega(r_0)}{r_0\omega} \delta r_0 \cos(\omega t)$. On a donc une ellipse dans le repère de coordonnées $(\delta r, r_0\delta\theta)$. Je la trace et décris le sens de parcours. Il me demande d'étudier le cas particulier où cette ellipse est un cercle ($\omega = 2\Omega(r_0)$). La trajectoire de l'étoile est alors une ellipse.

Pour finir, on admet que, dans le cas général, l'étoile décrit une ellipse, mais que cette ellipse subit une précession et tourne à $\Omega_E(r) = \Omega(r) - \omega(r)/2$. Il me dit qu'expérimentalement, on constate que la vitesse (la vraie vitesse, pas la vitesse angulaire) des étoiles dans la galaxie croît linéairement jusqu'à 3000 années-lumière du centre, puis devient constante. Il me fait tracer $\Omega_E(r)$, une alarme sonne sur son téléphone, et il m'explique rapidement pourquoi on voit une spirale apparaître. Je fais quelques commentaires d'une pertinence douteuse et l'oral s'arrête sur des vœux de bonne continuation.

Examinateur vraiment très sympathique, à l'écoute, qui me faisait remarquer mes erreurs de calcul presque instantanément. Il ne m'a jamais laissé patauger, et me guidait dès que j'étais un peu perdu. Le sujet est en outre très intéressant.

U.6 Disque de gaz autour d'une étoile

U-23-203

On considère un disque de gaz qui tourne autour d'une étoile. On suppose que le gaz est parfait, monoatomique et isotherme à T_0 . On suppose en outre que la masse de gaz est négligeable devant la masse M de l'étoile et que l'épaisseur du disque est négligeable devant son rayon. Enfin, on suppose que la densité de particules est de la forme $n(r, z)$, soit une invariance par rotation.

- L'épaisseur du disque dépend-elle de r ?
- Étude radiale des grandeurs pertinentes
- Différents modèles pour la pulsation $\omega(r)$

Déroulement et indications

1. L'examinatrice commence par m'expliquer que l'oral est une discussion avant tout, que l'exercice est volontairement dur et que je peux à tout instant lui demander des données supplémentaires ou discuter de ma compréhension physique de l'exercice.
2. Le disque étant très fin, je me place initialement en coordonnées polaires et je veux considérer une couronne de gaz et étudier son épaisseur. Je commence par écrire un principe fondamental de la dynamique, mais l'examinatrice me fait remarquer que ça n'a aucun sens (\vec{u}_r pas défini pour une couronne). Je me ressaisis et annonce que je vais plutôt considérer un volume élémentaire, et je regarde la force d'attraction gravitationnelle.
3. C'est encore un peu brouillon, donc elle me dit de poser les choses calmement : le système, les forces, ... Là, je me rends compte qu'il y a des forces de pression aussi et que c'est ça qui est intéressant. Elle acquiesce. Je dis alors que l'on va calculer une divergence et précise déjà que les composantes selon \vec{u}_θ s'annulent.
4. J'écris finalement les composantes de forces selon \vec{u}_z et \vec{u}_r . Mais j'oublie que mes coordonnées polaires ne sont plus adaptées pour un z non nul, et que je dois donc adapter ma force de gravitation (je fais des développements limités pour la distance) mais les calculs pour la pression restent valables à l'ordre 1.
5. Je projette selon \vec{u}_z (on veut une accélération nulle) et cela me donne une équation différentielle linéaire d'ordre 1 à r fixé selon z pour la pression en utilisant la loi des gaz parfaits qui donne que

$$P(r, z) = k_B T_0 \cdot n(r, z)$$

Je résous et on obtient que

$$P(r, z) = P(r, 0) \cdot \exp\{-Az^2\}$$

6. L'examinatrice me demande alors de tracer l'allure et me fait comprendre que l'épaisseur du disque n'est qu'un modèle (la pression est proportionnelle à la densité, on regarde une échelle où n est non négligeable). On trouve enfin que l'épaisseur est en $A^{-\frac{1}{2}}$, donc en $r^{\frac{3}{2}}$; elle me dit que ce phénomène d'épaississement du disque de gaz est connu.
7. Elle me demande maintenant d'étudier le profil $P(r, 0)$. Je reprends mes équations en projetant selon \vec{u}_r , j'intègre et je trouve cette fois-ci une pression de la forme

$$P(r, 0) = A \cdot r^{\text{bidule}} \cdot \exp\{-\text{truc} \cdot r^2\}$$

Je commente cette forme et dis que faute de pouvoir comparer *bidule* et *truc*, je peux quand même avoir une première idée du rayon R en $\text{truc}^{-\frac{1}{2}}$.

8. Elle me dit alors que j'ai effectué une hypothèse pour pouvoir intégrer. Je ne le vois pas, mais elle me dit que *a priori*, ω dépend de r (la vitesse angulaire apparaît dans l'accélération centripète). Je lui dis que j'avais exclu cette éventualité, mais je rebondis en remarquant que des anneaux de gaz dans notre système solaire sont de couleurs différentes, donc peuvent avoir des comportements différents. Je dis alors que je peux faire mon intégration sur chacune de ces zones, mais elle me rétorque que ω peut varier continûment.
9. Elle me dit donc que j'ai fait le cas particulier ω constant, regarde sa montre et dit qu'on a le temps de faire un autre cas. Elle me dit alors de traiter le cas où ω est keplérien. Je donne la troisième loi de Kepler $\frac{r^3}{T(r)^2} = \text{cste}$. Dans les calculs, elle me demande de fixer la constante; je lui avoue que je l'ai oubliée mais elle me dit que je peux la retrouver. Il suffit en effet de faire un principe fondamental de la dynamique.
10. Je remets dans l'équation et obtient une pression qui ne dépend pas de r , ce qui est faux. La fin de l'oral approche, je ne trouve pas l'erreur, mais j'avais un problème dans mon calcul de divergence que j'ai refait à la main car j'ai mis un r au lieu d'un $r + dr$, donc on trouve en fait que $r \cdot P(r, 0)$ ne dépend pas de r , et donc une pression en $\frac{1}{r}$.

L'oral se conclut sur des vœux de bonne continuation.

L'examinatrice était très agréable, et n'hésitait pas à intervenir pour me demander des précisions ou me prévenir en cas d'erreur. Je suis très content de l'oral malgré un départ un peu lent et quelques erreurs de calcul.

U.7 Navigation au XVIII^e siècle

U-23-204

Comment les navigateurs du XVIII^e siècle se repéraient-ils sur Terre ? *id est* comment mesurer la latitude et la longitude ? Applications numériques si on souhaite une précision $1/2^\circ$ sur la longitude.

Déroulement et indications Pour la latitude, simple, on mesure l'angle entre l'horizon et l'étoile polaire ou le Soleil. Pour la longitude, je prends un temps de réflexion ; se repérer grâce à des étoiles n'est pas possible puisque la Terre tourne. Utiliser le champ magnétique terrestre avec une boussole ? Toujours pas. L'examinateur souhaite me donner une indication, mais je souhaite poursuivre ma réflexion. Si on embarque une horloge sur le bateau, qui est à l'heure du méridien de Greenwich et que l'on compare à l'heure locale... ça y est !

Puisque $\varphi = \omega t$, avec t le décalage temporel et ω la vitesse angulaire de rotation de la Terre on a $\delta\varphi = \omega\delta t$ soit $\delta t = 120$ s. On s'intéresse ensuite aux retards de la pendule ou aux phénomènes, qui vont perturber la mesure du temps. Modélisation de l'horloge par un pendule simple et bateau le long de l'équateur et prise en compte des forces d'inerties dans l'équation du pendule $T = T_0(1 + \gamma_{\text{O'}/g})^{-1/2}$.

L'examinateur m'invite à étudier les perturbations verticales, faibles devant g . Il s'agit de voir que ces perturbations vont affecter le battement de la seconde et il faut intégrer ce retard sur l'ensemble du trajet. L'examinateur m'invite à chercher qualitativement un dernier phénomène physique venant perturber ce comptage : la barre se déforme avec la température.

L'examinateur était fort sympathique, à l'écoute et n'hésitait pas à proposer des pistes pour me lancer (ou non si l'on voulait plus réfléchir). De plus, ayant lui-même fait du surf en Afrique du Sud et étant moi-même « windsurfer » breton et sensible à l'espace marin, nous nous sommes bien entendus.

U.8 Déviation d'un photon

U-23-205

On considère un photon, qui arrive de l'infini avec un paramètre d'impact b sur une planète de masse M . Quelle est la déviation du photon ?

U.9 Potentiel gravitationnel

U-23-206

On étudie un gaz dont l'agitation cinétique peut s'écrire selon la loi

$$p(E)dE \propto \sqrt{E}e^{-\beta E}dE$$

- Préliminaire : Calculer la constante de normalisation. Que vaut β ?
- Démontrer la loi des gaz parfaits.

Déroulement et indications La première question se fait facilement. Puis, je dis $\beta = \frac{1}{k_B T}$ selon la loi de Boltzmann, mais il souhaite un autre argument. Je dis que le théorème d'équipartition donne $U = \frac{3}{2}k_B T$ car on a 3 facteurs quadratiques v_x, v_y, v_z . Donc connaissant U , on a la valeur moyenne de $\langle E \rangle$, que l'on sait par ailleurs calculer et l'on trouve après le calcul d'une intégrale que $\beta = \frac{1}{k_B T}$.

Ensuite, il me donne la deuxième question comme ça, je ne sais pas trop par où partir, donc je définis le système, ce qu'est un gaz parfait. On parle des hypothèses, je lui parle de covolume, de la loi de Van der Waals. Il en veut l'expression, je ne m'en souviens plus, il est content et voit que j'essaie de m'en rappeler sans succès. Il m'aiguille : « que se passe-t-il si $P \rightarrow +\infty$ », je retrouve le covolume.

Je propose de voir PV comme un travail, celui qui prend nos particules initialement au même endroit - car ponctuelles - et qui les étend à un volume V . Mais cela ne prend pas en compte les hypothèses microscopiques.

Il me demande ce qu'est la pression ? Ok je dis, il faut modéliser les chocs sur une paroi. Je commence par un modèle simple où les particules viennent orthogonalement à la même vitesse contre le mur. J'en déduis la pression $F = PS = \frac{dp}{dt}$, en fonction de la vitesse des particules. On relie la vitesse à l'énergie. Je retrouve la statistique de Maxwell-Boltzmann, il me demande dans quel contexte on l'a vue. Puis on doit considérer les différents angles de choc des particules du \cos^2 apparaît, et du \sin , puis on intègre. Je n'ai pas eu le temps de finir le calcul, mais je pense que ça permettait d'aboutir.

Examinateur très sympathique, il s'est excusé « au nom du concours » pour ses 10 min de retard et parce que la salle disposait d'un microscopique tableau blanc. Il faut pour autant essayer de rester clair au tableau.

U.10 Onde magnétique

On considère, par exemple dans une zone interstellaire, un plasma composé d'hydrogène, soumis à un champ magnétique constant B_0 , dans lequel se déplace une onde magnétique polarisée. On remarque qu'au cours de la propagation, la polarisation de l'onde évolue, et que l'angle entre la polarisation à l'entrée et à la sortie est proportionnel à la distance parcourue, au champ B_0 et à la longueur d'onde au carré. Expliquer ce phénomène.

Déroulement et indications Je commence par reposer la partie du cours d'électromagnétique sur les plasmas, obtenant l'équation de dispersion classique. Je ne sais pas trop quoi faire ensuite, je prends un moment à remarquer qu'à cause de B_0 , on ne peut plus négliger le terme dépendant de B dans la force de Lorentz. J'obtiens donc une nouvelle loi d'Ohm, mais les vecteurs sont orientés dans des sens différents dans chaque terme, ne permettant pas une résolution simple. Elle m'explique donc que la seule solution est de passer en matriciel, en considérant le produit vectoriel comme une matrice exercée sur le vecteur des trois coordonnées de \vec{j} . En inversant la matrice totale, on obtient une loi d'Ohm, et ainsi une nouvelle relation de dispersion (moche). Même si on semble approcher du résultat, je ne sais pas quoi faire ensuite, et l'oral s'arrête là.

L'examinatrice était sympathique, très attentive à tout ce que je faisais et m'aidait quand c'était nécessaire.

U.11 Potentiel gravitationnel

On a récemment détecté la présence d'un potentiel gravitationnel de la forme $\Phi(x, y, z, t)$. Comment le mesurer ?

Déroulement et indications

1. L'examineur me demande si j'ai entendu parler des ondes gravitationnelles qui sont très d'actualité et - honte à ma culture physique ou juste à ma mémoire - je lui réponds que non. Il était ravi que je n'en sache rien car j'allais pouvoir *trouver moi-même*. Je commence par dire qu'on ne mesure jamais un potentiel mais que des différences de potentiel donc j'introduis un point de référence arbitraire par rapport auquel on effectuera la mesure. Je dis que je prends un point O arbitraire à la surface de la Terre et qu'on verra ensuite s'il existe un point arrangeant. Ce point devient l'origine de mon repère cartésien. Le plan (Oxy) est tangent à la surface de la Terre en O et l'axe (Oz) est ascendant.
2. Je propose d'abord une analogie avec l'électrostatique : On considère une surface $dx dy$ au voisinage de O et une surface $dx dy$ à la verticale de O , à une altitude z . Je dis qu'on prend une surface très petite de sorte que le potentiel ne varie pas selon x et y . Je dis qu'on obtient une sorte de condensateur, et qu'on peut faire des analogies avec l'électrostatique (masse \leftrightarrow charge ... Je donne l'expression de la capacité du condensateur gravitationnel par analogie avec le condensateur électrostatique, de même pour champ. Je dis que cela pourrait nous permettre d'avoir des informations que la dépendance de Φ en z et qu'on pourrait faire pareil ensuite pour x et y . L'examineur est très souriant, il me dit que c'est vraiment très intéressant ce que je raconte mais que ce potentiel n'est pas abordé comme ça en vrai et qu'on va essayer de trouver la vraie approche.
3. Il me demande de définir une force associée. $\vec{F} = -m \overrightarrow{\text{grad}} \Phi$. On fait de la mécanique. Il me demande comment je peux mesurer un potentiel mécanique en général. Je dis qu'on lâche un objet, on mesure sa vitesse en prenant des photos à plusieurs instants, on postule une forme de potentiel et on utilise la conservation de l'énergie mécanique car on a souvent affaire à des forces centrales. Il dit que c'est ce que l'on va faire. Il m'amène au fur et à mesure à deviner la forme du potentiel Φ puis m'en donne une expression : $\Phi(x, y, z, t) = \epsilon \Omega^2 (x^2 - y^2) \cos(\omega(t - \frac{z}{c}))$. Les équations ressemblent à celles de la déviation vers l'est. Je dis que on remarque ce potentiel grâce à cette déviation et que c'est donc ce que l'on va essayer de mesurer. On travaille sur les ordres de grandeur, en prenant Ω de l'ordre de 100 Hz et ϵ très petit. On en déduit qu'il faut mesurer des valeurs très petites. Il me demande comment on mesure de telles valeurs. J'ai dit qu'on aura besoin d'un instrument optique en citant le goniomètre ou le Michelson. Il me dit qu'on veut des distances, j'en conclus qu'il faut un Michelson. Il me dit qu'on va prendre un très grand Michelson et que les miroirs seront suspendus par des fils. Je dis qu'on aimerait se placer en lame d'air et mesurer la translation des miroirs, l'un selon (Ox) , l'autre selon (Oy) mais qu'il y aura peut être un coin d'air au vu de la suspension. J'explique comment on effectue les mesures en chariotant. Je rappelle un peu les réglages sans qu'il me demande. Il me dit juste que les miroirs sont suspendus par des fils très longs. Je dis qu'alors c'est bon : avec les petits angles, c'est comme s'ils translaient, et on reste en lame d'air et que c'est parfait car la quantité $x - y$ (décalage du premier miroir par rapport à la position initiale - celui de l'autre) apparaît directement dans la différence de marche, qu'on peut mesurer l'intensité en sortie (je donne l'expression avec la formule de Fresnel) et qu'on en tire $x - y$. Il me dit qu'on cherche à mesurer aussi ϵ , ω et Ω et qu'on a besoin des équations du mouvement des miroirs. J'assimile un miroir à un pendule. J'écris les équations comme pour le pendule simple et j'oublie de mettre la force que, justement, on est entrain d'étudier. Il me le fait remarquer et on rit tous les deux. Je l'ajoute et projette les équations,

avec quelques approximations et en gardant que des ordres 1, les équations sont exploitables. Son alarme sonne, il me dit que de toute façon, on était arrivés au bout de l'exercice. Il me parle un peu des Michelsons géants que je ne connaissais pas avant.

Examineur très agréable. Il m'a souri pendant l'oral en me disant que j'avais compris vite. J'étais extrêmement effrayée par cet oral que je pensais insurmontable. Finalement, l'exercice était très intéressant et donnait l'impression de tenir des vrais raisonnements physiques à la fois théoriques et pratiques. J'ai apprécié de pouvoir aborder autant de domaines de la physique : électromagnétisme, mécanique et optique. C'était sans le doute l'oral le plus agréable et intéressant de toute ma prépa.

U.12 Une avalanche

U-23-401

Modéliser une avalanche. (*Imprimé sur une feuille de papier. Oui oui*)

Problématisation / Indications initiales

- On oublie tout effet granulaire ou de mécanique des fluides
- L'avalanche est modélisée par un bloc solide de taille fixe
- On suppose le coefficient de frottement solide constant

1ère partie Dans un premier temps on suppose la masse de l'avalanche constante. Cela devient une question classique : une masse sur un plan incliné

2ème partie Dans un deuxième temps, on modélise le sol enneigé par une couche molle se détachant au passage du bloc/avalanche. La masse de l'avalanche augmente donc au fur et à mesure qu'elle descend. Les paramètres du problème deviennent : la masse initiale m_0 , la pente θ , le coefficient de frottements μ , la masse linéique de neige ajoutée au bloc λ

Déroulement et indications

1. On part du PFD appliqué au bloc. Attention!!! Partir de la vraie formulation du PFD qui est :

$$\frac{dp}{dt} = \sum \vec{F}$$

2. On effectue un changement de variable : on passe d'un paramétrage sur le temps à un paramétrage sur la distance parcourue x en introduisant v
3. On obtient alors $\lambda v^2 + m(x) \frac{dv}{dx} v = g_{eff} m(x)$ où g_{eff} prend en compte l'inclinaison du plan
4. Cela se ramène alors à une équation différentielle linéaire d'ordre 1 en v^2 qu'on peut résoudre par variation de la constante (au besoin jeter un oeil à son cours de math...)

- Ne surtout pas paniquer face à l'énoncé. L'énoncé m'a d'abord beaucoup surpris car une avalanche me semblait bien trop compliquée à modéliser. Mais si cela vous est donné c'est qu'il y a moyen de simplifier le problème à outrance pour se rattacher au cours.
- L'examineur a été très prévenant et m'a beaucoup guidé au début

U.13 Chaîne diatomique

U-23-404

Trouver la relation de dispersion dans une chaîne d'atomes, espacés de a et reliés par des ressorts de raideur r . On considère maintenant une chaîne diatomique, où les deux atomes sont disposés de manière alternée. Étudier.

Déroulement et indications (Élève α)

1. La première question correspond à un cas vu en cours, je le traite dans les 10 premières minutes et obtient la relation de dispersion

$$w^2 = 2w_0^2(1 - \cos(ka))$$

avec $w_0^2 = \frac{r}{m}$, r la raideur du ressort. L'examinatrice me demande de tracer la fonction $w(k)$, et de souligner ce qu'il y a de particulier avec cette relation : w est borné et est une fonction périodique de k . J'explique finalement qu'ici $\frac{w}{k}$ devrait être de l'ordre de la vitesse du son, car le problème peut modéliser la propagation d'ondes acoustiques.

2. L'examinatrice me dit ensuite qu'on va maintenant considérer une chaîne diatomique, avec une alternance d'atomes. J'explique que la raideur, qui modélise l'interaction entre deux atomes voisins, va rester la même le long de la chaîne, mais que les masses des deux atomes seront différentes, ce qui modifie w_0 et donc la relation de dispersion. On cherche la condition sur w et k pour qu'une perturbation puisse se propager le long de la chaîne. J'écris les deux PFD sur les deux sortes d'atomes, de masses m_1 et m_2 , dont les deux relations de dispersions sont incompatibles. Je cherche donc ce que l'on peut changer pour obtenir des relations cohérentes. Je propose d'abord oralement de modifier le nombre d'onde k selon que l'on considère la particule 1 ou 2, mais je me rends compte que ça n'a pas de sens dans l'étude de la propagation d'une perturbation. J'essaie plutôt d'imaginer ce qu'il se passe : si la première particule est 10 fois plus massique que la seconde, elle est soumise aux mêmes forces donc l'amplitude de son mouvement sera moins importante. L'examinatrice est satisfaite et me dit que c'est bien ça qu'il faut considérer. On cherche donc des amplitudes différentes

$$e_n = A_1 e^{j(kna - wt)}$$

$$e_n = A_2 e^{j(kna - wt)}$$

pour les particules de type 1 et 2. On obtient deux équations liant A_1 , A_2 , w et k . J'explique que pour qu'une perturbation se propage, c'est à dire pour que A_1 et A_2 soient non nuls, le déterminant du système 2×2 doit être nul (merci Monsieur Marchand) : cela satisfait l'examinatrice, et fournit la relation de dispersion entre w et k . L'équation est du second degré en w^2 , donc j'examine les cas limites ($ka \rightarrow 0$). Elle me demande ensuite d'écrire la solution exacte : il faut résoudre l'équation du second degré en w^2 , j'oublie d'abord la seconde solution car je pense qu'elle est négative, ce qui est faux. De là, l'examinatrice me demande de tracer $w_+(k)$ et $w_-(k)$. Je commence à développer l'expression et à tracer w_- , en faisant attention aux points critiques. Les signes $-$ rendent le tracé pénible, et l'examinatrice se rend compte après coup que j'ai oublié un terme dans le discriminant, donc il faut recommencer, ce que je fait. Mais il ne reste plus beaucoup de temps et on doit s'arrêter avant d'avoir pu tout tracer. L'examinatrice me montre alors le tracé final : il existe une bande de valeurs que w ne peut pas prendre entre w_+ et w_- . L'oral s'arrête là et l'examinatrice me souhaite bonne continuation.

L'examinatrice était très sympathique et me laissait chercher au tableau pour les points délicats de la résolution. J'ai cherché le plus possible à devancer les questions que l'examinatrice allait poser, ce qui a semblé la satisfaire. Il est dommage d'avoir entraîné une erreur de discriminant en fin de calcul, car je n'ai pas pu finir de tracer $w(k)$ et parler de la bande interdite. À part ça, je suis très content de mon oral.

U-23-402

Déroulement et indications (Élève β)

Il s'agit d'un oral vraiment raté (note obtenue de 9). Voici donc comment :

La question n'était pas formulée exactement comme ci-dessus. L'examinatrice parlait au début de la propagation d'une onde acoustiques à travers un solide cristallin ; et ce qui est au dessus est la modélisation qu'il faut donner, le problème étant que j'ai pris trente minutes pour comprendre qu'il fallait faire la modélisation simple vue en cours. Je me perds en considérations assez futiles sur la façon dont on modélise le problème, en donnant par exemple des hypothèses farfelues sur la dépendance de r en fonction du temps ou de n (rang de l'atome).

Contrairement à ce que j'ai fait dans ce rapport, je n'avais pas noté la constante de raideur r mais κ ; ce qui m'aura valu bien des confusions et donc une perte de temps puisque je ne sais pas écrire suffisamment distinctement à la craie pour que je puisse moi même distinguer mes k des κ . Cela m'a même fait faire une erreur d'analyse et d'interprétation.

Autre erreur considérable : j'oubliai en cours de route qu'il fallait chercher la relation de dispersion et je n'avais plus en tête la notion d'OPPH discrète qu'il fallait injecter dans l'équation pour trouver la relation de dispersion. Encore plus de perte de temps. Après 35 à 40 longues minutes, j'arrive enfin à la relation

$$\omega^2 = 2\omega_0^2(1 - \cos(ka))$$

où $\omega_0 = r/m$. Je trace la courbe $\omega(k)$ et je fais remarquer la périodicité. Elle me demande une interprétation mais je ne dis rien de pertinent. Cela est en fait dû à la structure cristalline du milieu de diffusion.

Pour conclure elle me demande ce qu'il advient dans le cas d'une chaîne diatomique d'un point de vue qualitatif. J'en ai aucune idée mais elle m'explique qu'il y a une bande interdite pour k . L'oral s'arrête là.

Oral qui a failli me coûter l'admission à Ulm. Comme dit plus haut, le plus grand problème fut d'avoir pris plus de 20 minutes à identifier une question proche du cours. Je remarque que le contenu de cet oral est proche d'un devoir maison fait pendant l'année que j'avais négligé (l'un des rares qui m'aient fait baisser les bras) où intervenait notamment la notion d'OPPH discrète. Dur rappel qu'il ne faut faire aucune impasse (c'était pourtant écrit dans l'un des photocopiés de Monsieur Marchand).

D'un point de vue psychologique, je peux dire que je pouvais en effet lire sur le comportement de l'examinatrice le reflet de ma pauvre performance : elle regardait souvent vers son ordinateur et rarement vers le tableau, mais ce n'est qu'après l'oral que j'ai fait ce lien de cause à effet.

Pire encore, vers la seconde moitié de l'oral, je laissai tomber la brosse en effaçant le tableau, par une forme de tétanisation.

U.14 Formation de la banquise

U-23-501

1. On étudie la formation de la banquise pendant les 4 mois lunaires. L'air est à la température $T_{ext} = -20\text{ °C}$, l'eau à $T_e = 0\text{ °C}$ et la température de solidification de l'eau salée est -2 °C . On considère qu'il y a des transferts conducto-convectifs sur l'interface avec l'air et qu'au début de la période il n'y a pas de glace. Donnez l'épaisseur de la glace au bout de ces 4 mois.
2. On considère maintenant le dégel qui a lieu lors des 4 mois solaires. Le soleil émet une puissance P et on donne l'albédo $a = 0,95$ de la glace. Quelle épaisseur fond ? En pratique on observe que toute la glace a fondu. Expliquez.

Déroulement et indications

Très heureuse (et chanceuse) de tomber sur un exercice déjà traité.

1. Je commence à expliquer la situation et paramétrer le problème. J'affirme qu'il est raisonnable de se mettre en régime permanent au vue des temps typiques du problème. Cependant je précise que cette approximation est assez fautive lors des premiers instants de solidification. L'examinatrice me dit de rester dans ce cas là et de voir si ça donne un résultat cohérent. J'écris donc la relation entre le flux, la résistance équivalente et la différence de température (en précisant que l'agitation des masses de fluide nous assure que la température à l'interface est celle de l'eau). Ensuite je réalise un bilan d'énergie sur la tranche qui va se solidifier et mentionne que il faut aussi prendre en compte le refroidissement de l'eau à -2 °C . Elle me fait calculer des ordres de grandeurs pour négliger ce terme. Elle n'avait pas fait l'exercice avec la résistance équivalente et trouve que mon hypothèse $T(e(t)) = T_e$ n'est pas complètement justifiée. Elle me demande donc de refaire le raisonnement en séparant les différents morceaux (égalité des trois flux). Là elle me suggère l'hypothèse $T(e(t)) = T_e$. Les deux méthodes reviennent donc, je pense, exactement au même (sûrement était-ce plus simple pour elle que j'adopte la sienne pour vérifier les calculs au fur et à mesure).

Finalemment on trouve 1,7 m.

2. La puissance émise est répartie sur une sphère de rayon Terre-Soleil. La puissance surfacique reçue est donc $\frac{0,05P}{4\pi R^2}$. On fait un bilan élémentaire et en intégrant on trouve que 0,25m de glace ont fondus. J'ai pas trop d'idées pour expliquer cette différence. Elle me raconte donc que cela vient d'une accumulation de phénomènes. Par exemple quand il y a une cavité dans la glace, les rayon du soleil sont amène à se réfléchir sur plusieurs parois (il grossi de manière exponentielle). Aussi les fissures dans les blocs de glace permettent à l'eau de se réchauffer (albédo moins grand) et donc d'accélérer la fonte. Elle me parle aussi de la variation de la salinité de l'eau et du rôle des intempéries.

Examinatrice très sympa qui discute volontiers des hypothèses. J'ai apprécié ses explications de la fin et son état d'esprit (elle semble plus intéressée par la physique que l'évaluation).

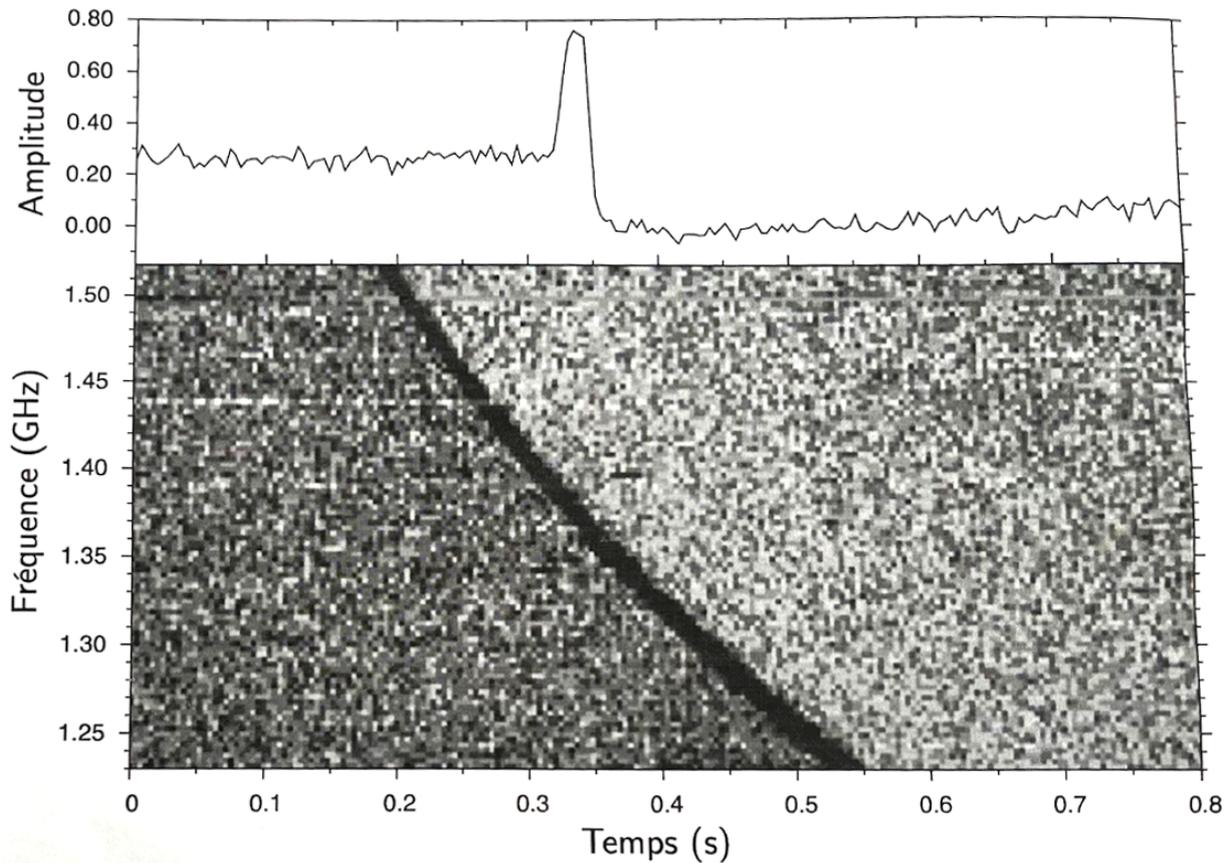
U.15 Estimation d'une distance

U-23-502

Un capteur détecte une onde électromagnétique (cf photo). On suppose qu'initialement, la durée de la perturbation est instantanée. Estimer la distance à laquelle elle a été émise.

Données

- Densité moyenne d'électrons dans l'univers : $n = 0,2 \text{ m}^{-3}$



Déroulement et indications

1. Je ne sais pas trop comment aborder le problème, je ne vois pas tout de suite que c'est de la dispersion, j'explique à l'examinateur qu'on va commencer par établir l'équation différentielle vérifiée par E , on discutera après, il acquiesce.
2. J'écris le PFD à un électron, puis j'explique que l'on va négliger B , car la vitesse de nos électrons sera petite devant celle de la lumière. Et dans le vecteur densité de courant j , on ne prend en compte que les électrons, car ils sont bien moins lourds que les protons et que l'accélération va comme $\frac{qE}{m}$. Je lui donne la masse de l'électron mais j'ai oublié celle du proton, il me confirme que le proton est 500 fois plus lourd que l'électron.
3. J'ai la relation entre j et E , je déroule les équations de Maxwell avec quelques maladresses, je dit d'abord que le plasma est localement neutre, ou du moins qu'il le devient très vite, pour le voir il suffit d'écrire la conservation de la charge et de remplacer j par E puis ρ , on a une exponentielle décroissante, il acquiesce. Après, je dis que néglige le courant de déplacement, il n'est pas d'accord, me demande de calculer un ordre de grandeur, je le calcule, il n'a pas lieu d'être négligé, et il me dit que je dois sûrement confondre avec le courant de déplacement dans les métaux, ce à quoi je lui donne raison, il me dit "C'est une honnête erreur que vous avez corrigé" en rigolant.
4. Je trouve la relation de dispersion type Klein-Gordon, j'explique les différents cas selon que $\omega \geq \omega_p$ ou non, je calcule ω_p en ordre de grandeur, je trouve une cinquantaine de radian par seconde, bien plus petit que les fréquence de l'ordre du GHz du document.
5. De là, je ne sais plus trop quoi faire, il me demande d'imaginer qu'initialement, la perturbation est une droite verticale sur le schéma, je comprend alors que c'est de la dispersion, je lui explique que les différentes harmoniques vont à des vitesses différents, et qu'il y a du retard l'une par rapport à l'autre. Je calcule les vitesses de groupe et de phase, j'explique qu'une vitesse de phase plus grande que c n'est pas grave car ces ondes n'existent pas etc., et je réalise un DL de ces vitesses.
6. Je bloque un peu sur comment utiliser la vitesse de groupe, il me dit que formellement, il faudrait étudier la dérivé seconde de la relation de dispersion pour comprendre comment se déforme l'onde, mais que ce n'est pas à notre programme. Il me dit

d’imaginer deux pics très proches en termes de fréquences, comment vont-ils arriver au capteur ? Je fais le raisonnement en me plaçant dans le référentiel d’un pic, et après quelques confusions entre le temps de parcours, le temps entre l’enregistrement des deux piques, je trouve la formule donnant la distance, il me dit qu’elle est juste mais l’oral se finit là, je n’ai pas le temps de faire une application numérique.

Je pense que j’aurais pu éviter les erreurs bêtes sur Maxwell et à la fin lorsque j’avais tout pour conclure mais que j’ai voulu me précipiter, mais l’oral s’est globalement bien passé. L’examineur était super sympa, il m’aiguillait vraiment dans les bonnes directions et me laissait le temps de réfléchir.

U.16 Masse d’un sablier

U-23-503

Soit un sablier de hauteur 10 cm contenant 10g de sable. On a que le temps d’écoulement du sable est de 1min. On pose le sablier sur une balance et à $t = 0$ le sable commence à s’écouler. Quel est la masse mesurée en fonction du temps ?

Déroulement et indications

On commence par une analyse qualitative de ce que je pense va se passer. J’explique que quand une partie du sable est en train de tomber, il pèse pas sur la balance et donc la masse diminue. Par contre il y a des chocs entre les grains de sable et la paroi du bas ce qui fait que la masse ressentie est plus importante puisque de l’énergie cinétique est transférée à la balance. Donc j’ai dit que qualitativement la courbe allait ressembler à une parabole puis un plat.

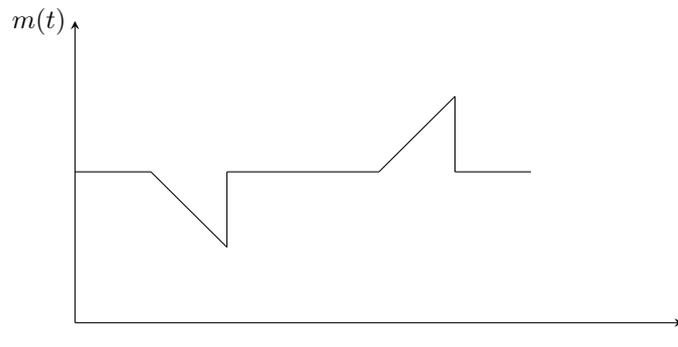
On commence donc à parler de manière plus quantitative. On a discuté de l’hypothèse d’un débit de sable constant puis on a travaillé avec cette hypothèse. J’ai découpé l’expérience en 3 phases : 1 phase où aucun grain est au sol, une phase où il reste des grains dans la partie haute du sablier et des grains sont déjà sur le sol et une phase où il y a plus de grains dans la partie haute. La phase 1 est simple : la masse qui appuie sur le sablier est $m(t) = m_0 - Dt$ où D est le débit massique et m_0 la masse du sablier plus les 10g de sable.

La deuxième phase est là où les problèmes commencent puisqu’il faut modéliser les chocs. On commence par dire que la masse réelle (différente de celle mesurée) qui est la masse sable qui touche les parois est constante durant cette phase et que à ce phénomène il faut rajouter l’action des chocs sur la balance.

J’ai commencé par essayer de travailler avec l’énergie et j’ai trouvé une expression absurde de la masse supplémentaire due aux chocs $\delta m = \sqrt{2ghD} \frac{dtk}{g}$ où k est la constante de raideur de la balance modélisée comme un ressort. Cette expression est complètement absurde : la masse mesurée devrait pas dépendre du ressort et le \sqrt{dt} est aussi étrange. Je ne sais toujours pas où j’ai fait une erreur.

On a donc changé d’idée pour modéliser les chocs et fait un bilan de quantité de mouvement qui nous donne une force appliquée à la balance due aux chocs : $\vec{F}_c = D \vec{v}$ où \vec{v} est le vecteur vitesse des grains à l’instant du choc, lui trouvable par énergie. Après un peu de calcul on trouve que la masse mesurée durant cette phase est finalement m_0 : les chocs compensent exactement la masse qui n’appuie pas sur le sablier.

Le temps est quasiment écoulé donc elle me demande à la lumière du résultat précédent de tracer la courbe pour la durée de l’expérience. On trouve une courbe de ce style :



Examinatrice sympathique qui parlait assez peu mais qui aidait quand même lorsqu’il y avait des blocages. Elle a bien insisté au début sur le fait que c’était une discussion et qu’il y avait pas de bonne réponse et qu’elle évaluait plutôt la réflexion.

U.17 Formation du vent

U-23-504

On s’intéresse à la formation des vents de type mistral. Pour cela on considère d’abord un volume de gaz qui va remonter une montagne. Que va t-il se passer ? De quelle température le gaz va diminuer ?

Déroulement et indications

1. L'examinateur commence par me dire que l'exercice est une conversation, qu'on va essayer de faire de la physique car on est pas à l'X (et bam!).

Lorsqu'il énonce l'exercice je n'ai aucune idée de comment partir, je fais donc un petit dessin inutile. Je parle du fait que généralement les courants d'air chaud remontent mais ça ne sert à rien pour l'exo. Je parle ensuite de l'hypothèse de l'atmosphère isotherme, l'hypothèse me paraît absurde si on considère une grande montagne car la température en haut et en bas ne peut pas être la même. Mais ça n'a pas tellement l'air de déranger l'examinateur, l'exercice ne change de toute façon pas tant que cela si on fait ou non l'hypothèse. J'exprime alors le champ de pression sous les deux hypothèses différentes : d'abord température constante puis gradient de température constant.

A ce moment là je ne sais plus du tout comment avancer, il s'en suit donc un grand moment de blanc. Au final il me dit que j'ai oublié une hypothèse indispensable, il me dit de considérer les cas extrêmes où le gaz prendrait un temps très grand pour remonter la montagne et au contraire un temps très court. Je dis alors que si le gaz remonte très lentement on est en permanence à l'équilibre et si tout se fait rapidement on est adiabatique. Il me dit qu'on va donc supposer que la transformation est adiabatique. J'écris alors le premier principe et le travail des forces de pressions. Cette expression fait apparaître un dv . Au début je ne comprend pas à quoi il correspond et donc je veux juste intégrer. L'examinateur me fait comprendre que c'est pas possible donc j'utilise la loi des gaz parfait pour remplacer le dV . Plus précisément j'utilise :

$$\frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

Avec cela et la relation : $dU = C_p dT$ (Oups! NDLR) on arrive à trouver une équation différentielle sur T . Il me fait alors remarquer que la relation que je viens de montrer n'est rien d'autre que la loi de Laplace (avec une erreur de signe que j'avais faites en plus) que je viens donc de redémontrer sans m'en rendre compte. A ce moment c'est la fin de l'oral, je vois que je n'ai fait qu'une toute petite partie de ce qu'il avait prévu, il m'explique donc rapidement que comme la température a baissé, le gaz va être plus dense et donc que les forces de pressions et poussée d'Archimède vont le faire accélérer en redescendant et qu'on peut calculer la vitesse du vent formé.

L'examinateur était vraiment gentil et même sachant que je n'ai pas fait grand chose et que j'attendais la plupart du temps ses indications il était toujours bienveillant.

U.18 Plaque à induction et eau bouillante

U-23-505

On met de l'eau dans une casserole sur une plaque à induction. Déterminer le temps nécessaire pour que l'eau se mette à bouillir ainsi que la température de la casserole à cet instant.

Données Les données ci-dessous m'ont été fournies au fur et à mesure de l'oral, quand j'en avais besoin pour les AN.

- Amplitude du champ magnétique : $B_0 = 0,52 \text{ mT}$
- Résistivité du circuit dans la plaque : $\rho = 3,0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}^{-1}$
- Rayon effectif de la plaque : $r_0 = 30 \text{ cm}$
- Fréquence de fonctionnement : $f = 50 \text{ kHz}$
- Coefficient conducto-convectif casserole-eau : $h = 2 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Déroulement et indications

L'examinatrice commence par me rappeler la "manière de fonctionner" des examinateurs de l'ENS, avec des exercices souvent ouverts qui attendent une discussion physique, des approximations...

Je lui explique d'abord comment je pense qu'une plaque à induction fonctionne : on crée un champ magnétique variable, qui va induire une fem dans le circuit présent dans la plaque, puis de la chaleur va se dégager par effet Joule. Je propose de prendre un champ sinusoïdal et exprime alors la fem induite e , l'intensité I et enfin la puissance. Elle me fournit alors les données nécessaires à une AN pour la puissance. Malheureusement je ne trouve pas du tout le bon ordre de grandeur. Elle ne trouve pas mon erreur et me demande de vérifier que le résultat est homogène... L'expression est immonde mais je m'exécute. Avant que je termine elle m'interrompt en disant que ce n'est pas très grave, ça doit juste être une erreur de calcul et me dit qu'on va prendre $P = 4 \text{ kW}$.

Vient ensuite la diffusion thermique. Je dis qu'on suppose que la puissance est totalement fournie à la casserole et propose de modéliser les échanges thermiques par des flux conducto-convectifs : casserole-eau et eau-air. Je considère les températures

homogènes. Elle me laisse écrire les premiers principes (infinitésimaux) à la casserole et à l'eau. Elle m'indique ensuite que le flux eau-air est en fait négligeable, elle me donne la valeur de h pour le flux casserole-eau, et me dit qu'on va prendre $C_{eau} = C_{casserole}$ (capacités thermiques).

J'obtiens des équations différentielles couplées sur les températures, que je résous (somme puis différence). Un temps caractéristique τ de décroissance de l'exponentielle apparaît dans les expressions des températures. Elle me demande de le calculer. Je trouve quelque chose de l'ordre de 10 s (je ne sais plus exactement), ou en tout cas négligeable devant la valeur attendue de Δt , temps pour atteindre l'ébullition, ce qui fait qu'on peut obtenir une expression simple de Δt puis de la température de la casserole au bout de Δt .

L'exercice est alors fini et le temps imparti aussi.

L'examinatrice ne parlait pas fort mais était très gentille.

Il faut faire attention à la gestion du tableau, ne pas hésiter à utiliser tout l'espace disponible (descendre le tableau du haut par exemple, elle me l'a fait remarquer).

U.19 Charge dans l'eau

U-23-506

On place une particule chargée (disons un ion Na^+ par exemple) dans le vide, elle crée un certain champ électrique.

On place la même particule dans l'eau, son champ électrique est 100x moins intense. Expliquer.

Déroulement et indications (Élève α)

L'examinateur commence avec le petit discours classique : l'oral est une discussion, je ne veux pas vous piéger blablabla. Je reste 2/3 minutes à réfléchir, mais globalement j'ai pas trop d'idée miraculeuse, je lui dis que peut-être que la dissimulation de l'eau a quelque chose à y faire mais vu que les concentrations en ions sont vraiment petites l'influence est probablement minime. Il me dit que pourquoi pas mais non, puis me demande ce que l'eau a de particulier. Je lui parle des liaisons hydrogènes, il acquiesce, puis me fait parler du moment dipolaire permanent des H_2O : c'est ça qui perturbe le champ de la particule. Puis là c'est la plis puisque j'ai aucune idée de comment modéliser ça et je me rappelle de sujets d'écrit où ça parlait de moment dipolaire volumique et je me rappelle surtout que j'avais rien compris à la physique dans ces sujets. Il me fait aller vers la piste de la phy stat en me faisant comprendre que si les dipôles ne s'alignent pas avec le champ de la particule, c'est parce qu'il y a aussi les chocs entre les particules (donc la température qui entre en jeu). La physique statistique de Boltzmann c'est justement la compétition entre une énergie potentielle et la température (il me fait parler de l'atmosphère isotherme, je lui dis que le nombre volumique de particules est donné par une loi de Boltzmann). On part là-dessus et globalement j'ai passé les dernières minutes de mon oral à sortir Boltzmann de sa tombe pour le tuer une deuxième fois en m'embrouillant sur les lois de probas, puis je fais plein de calculs. On remarque que le moment dipolaire moyen selon r vaut le moment dipolaire à basse température : les dipôles s'alignent ; tandis qu'à haute température on trouve 0. Plus précisément, on trouve :

$$\langle p_r \rangle = \frac{p_0}{\tanh\left(\frac{p_0}{\Delta p}\right)} - p_0 = \begin{cases} 0 & \text{si } p \ll \Delta p \text{ (haute température)} \\ p_0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

où : $\Delta p = \frac{k_B T}{E_{ext}}$.

Je passe les toutes dernières minutes de l'oral à trouver le DL3 de \tanh , qui fait apparaître un terme supplémentaire dans le cas faible température (une A.N. qu'il m'a pas faite faire par manque de temps nous confirme qu'on est dans ce cas). Il me dit que le terme est proportionnel au champ électrique extérieur et que le terme devant correspond à la susceptibilité, et qu'après on peut conclure en calculant le champ avec un théorème de Gauss et qu'on voit apparaître le facteur 100 (mais j'ai pas eu le temps de le faire).

Globalement l'oral aurait pu bien mieux se passer. J'étais vraiment trop peu réactif alors que souvent je connaissais ce qu'il voulait me faire comprendre. Malgré tout l'examinateur était vraiment super sympathique et l'oral était agréable, le seul problème c'était ma nullité. L'exo n'était pas aussi infâme que d'autres que j'avais pu lire sur le poly 2022. Conseil pour la postérité : dites franchement tout ce qui vous passe par la tête tant que c'est pas trop débile, sinon vous regretterez. L'examinateur veut pas vous piéger et ne se foutra pas de vous. Bref TLDR apprenez votre DL de \tanh et ayez confiance en vous.

LSR.20 Spire de courant

LSR-23-203

On se donne une spire de rayon R parcourue par un courant I et d'axe z . On donne l'expression du champs crée sur son axe :

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \vec{e}_z$$

1. Déterminer \vec{B} au voisinage de l'axe.
2. Justifier la formule donnée.
3. On astreint maintenant un dipôle magnétique sur l'axe z . Décrire son mouvement.

Déroulement et indications (Élève α)

1. L'examineur m'accueille de façon très chaleureuse et m'informe qu'il attend avant tout que je fasse des commentaires oraux, puis il me distribue mon exercice.
2. Je reconnais alors là la dernière partie de mon oral Centrale Physique-Info que je n'avais pas beaucoup traité, et qui de toute façon employait une méthode « boîte de décoffrage », donc je n'ai pas tenté de reproduire la même chose.
3. Je commence par l'analyse des symétries : on est à symétrie cylindrique donc la norme du champ ne dépend pas de θ . De plus, tout plan contenant l'axe de la spire est un plan d'antisymétrie de la distribution de courant, et comme le champ y appartient, il n'a pas de composante orthoradiale. Pour résumer,

$$\vec{B} = B_r(r, z) \vec{e}_r + B_z(r, z) \vec{e}_z$$

4. J'écris alors les deux équations de Maxwell de la magnétostatique. Je dis que le théorème d'Ampère sur un contour bien choisi ainsi que la conservation du flux sur un petit volume bien choisi nous permettraient de conclure. Je vois ses yeux s'illuminer, alors je me lance. Je commence par le théorème d'Ampère. J'hésite pour le contour avant de me lancer sur rectangle dont les deux axes de symétries sont z et la spire. Je justifie mon choix en dessinant les lignes de champ pour illustrer les parités de B_r et B_z en fonctions de r et z . Au voisinage de l'axe, on ne coupe pas de courant donc la circulation de B est nulle. Cela nous donne une égalité à trois inconnues. Il me suggère alors de décaler mon rectangle pour qu'un de ses côtés soit sur l'axe de la spire : cela permet d'éliminer une inconnue.
5. Je comprend qu'il faut que je considère d'abord ma deuxième idée. On considère donc un petit cylindre d'axe z , de rayon r et d'abscisse entre z et $z + dz$. La conservation du flux donne :

$$B_z(0, z) \times \pi r^2 = B_z(0, z + dz) \times \pi r^2 + B_r(r, z) \times 2\pi r dz$$

D'où

$$-\frac{\partial B_z(0, z)}{\partial z} \times \frac{r}{2} = B_r(r, z)$$

On en déduit B_r puisque $B_z(0, z)$ est donnée.

6. Je repars sur ma première idée, et il me dit que ce serait également plus judicieux de considérer un rectangle de longueur dz plutôt que $2z$. Je calcule alors $B_z(z, r)$ mais il me dit que j'ai fait une faute de calcul (j'avais fait une approximation trop grossière). En fait il fallait à nouveau dériver par rapport à z l'expression que j'avais pour B_r , puis intégrer par rapport à r le long de la largeur. C'est fastidieux, d'autant plus qu'à la fin rien ne se simplifie, on obtient des dénominateurs respectivement à la puissance $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ et $\frac{7}{2}$. J'espère que ce n'est qu'une coïncidence...
7. J'étudie ensuite si ma formule est cohérente par rapport aux parités selon r et z , et il me dit en riant que ça allait justement être sa question. On s'embrouille un peu tous les deux mais finalement on les retrouve toutes.
8. Il me demande ensuite comment je justifierais la formule admise, en me précisant pour me rassurer qu'elle n'est pas au programme. J'hésite un peu puis je lui dit que ça me fait penser à Biot et Savart (j'avais peur qu'il me tacle pour l'avoir mentionné ou qu'il me demande de le montrer), mais ma réponse lui a suffit.
9. Pour la troisième question, on montre que le dipôle va tendre vers une position d'équilibre dont le signe de l'abscisse dépend de l'orientation de ce dernier. On détermine cet équilibre par une étude énergétique rapide. Dès lors que j'ai donné les expressions de toutes les grandeurs que je considérais, il ne m'a demandé aucun calcul.

Examineur très agréable, qui a su m'aider quand il le fallait. On a pas mal échangé au cours de l'oral même si la plupart du temps, je ne comprenais qu'à moitié ce qu'il me racontait. J'étais franchement rassuré par son attitude, mais aussi par l'exercice qui était plutôt dans mes cordes, surtout quand on voit dans les rapports les autres exercices impossibles qui sont tombés cette semaine à LSR ainsi que l'attitude parfois désagréable des examinateurs...

Déroulement et indications (Élève β)

Pour les arguments de symétrie, je commence par expliquer qu'il n'y a pas de dépendance en θ , et pourquoi. Ensuite, je fais une énorme erreur et dis qu'on ne peut pas dire grand chose sur la direction de \vec{B} , ce qui est bien évidemment faux (pas de composante selon \vec{e}_θ) mais très curieusement il est d'accord et me demande juste ce qu'on peut dire pour un point sur l'axe.

Pour calculer les champs, je commence par dire qu'hors de la spire on est dans le vide de charge et de courants, donc qu'on a les équations de Maxwell dans le vide. Je réfléchis 2 minutes et dit que les expressions des opérateurs en coordonnées cylindriques étant HP, il ne faut probablement pas faire comme ça, il est d'accord mais content de mes remarques. Là, je sèche un peu et je rappelle comment on démontre l'expression du champ admis et qu'on pourrait tenter quelque chose du même genre; il me rappelle que c'est hors programme également et qu'on va faire autrement. Il me demande comment lier le champ au courant, j'écris Ampère et la conservation du flux. Je cherche la bonne surface pour appliquer le flux, et après quelques essais infructueux (dont on discute avec l'examineur), on considère finalement un cylindre de rayon a assez petit pour considérer que $B_z(a, z) = B_z(0, z)$ et d'épaisseur dz placé en z . On applique la conservation, on trouve un champ un peu moche.

Vient la partie étrange de cette fin d'oral : pour calculer B_θ (nul donc mais il semble aussi convaincu que moi du contraire), il me dit qu'on va refaire un truc du même genre mais avec Ampère sur un petit contour bien choisi, mais qu'on a plus le temps de mener le calcul. Après une brève discussion on s'accorde sur un contour rectangulaire infinitésimal. Il me demande si on devrait le prendre enlaçant l'axe ou pas, je réponds qu'on se met hors de l'axe en expliquant pourquoi et il a l'air content. En conclusion, il me demande à quoi ressemble le terme suivant du DL de B_z en r , je ne sais pas trop quoi répondre en 15s, on commence à discuter du fait que ce sera en r^2 , fin de l'oral.

Examineur assez sympa, mais apparemment assez dans la lune pour gober et croire dur comme fer à mes bêtises. Ou alors très bon acteur d'improvisation qui invente des méthodes en cours de route pour démontrer des trucs faux.

J'ai pas mal hésité à pas mal de moments, mais j'en suis plutôt content car ça a laissé place à diverses discussions assez intéressantes. Même si j'ai dit des bêtises qu'il n'aura pas remarqué en cours d'oral, je suis plutôt content car pas mal de choses ont été bien faites. Je suis quand même un peu déçu car je sais que Coulon a fait mieux que moi, il faut dire que lui ne s'est d'une part pas trompé et d'autre part avait directement la bonne méthode de calcul de B_r , que je lui ai vendu en le croisant dans la rue sur le chemin du retour. Content pour lui, mais bien le seum donc. Je ne sais donc pas trop à quoi va ressembler ma note, certainement pas catastrophique mais difficile de s'avancer plus.

Les 3 spectateurs étaient des sups de Rodez (venus juste pour assister à des oraux). Durant l'oral ils étaient très silencieux (ils n'avaient pas le choix c'est le règlement...). On a ensuite discuté une bonne demi-heure dehors, ils étaient très sympathiques et posaient beaucoup de questions. Apparemment je suis "très agréable à écouter", c'est déjà ça de gagné! Je leur souhaite toute la réussite l'an prochain.

Déroulement et indications (Élève γ)

On commence par une étude des symétries et des invariances. On écrit donc

$$\vec{B}(\vec{M}) = B_r(r, z)\vec{u}_r + B_z(r, z)\vec{u}_z$$

J'écris les DL à l'ordre 1 des deux composantes grâce aux symétries, mais cela ne m'a pas servi.

On applique ensuite le théorème d'Ampère sur un contour élémentaire et on trouve

$$\frac{\partial B_r}{\partial z} = \frac{\partial B_z}{\partial r}$$

Je pensais que cela suffirait pour trouver l'expression souhaitée (à l'ordre 1 il suffisait de trouver $\frac{\partial B_r}{\partial r}$) mais ce n'est pas le cas. Me voyant un peu hésiter, il me propose de regarder une autre équation de Maxwell. J'écris donc Maxwell-flux et, comme je connaissais la divergence en cylindrique, j'obtiens une équation aux dérivées partielles sur B_r et B_z . Je propose de re-dériver mon équation et permuter les dérivations pour avoir une équation uniquement sur B_z ... mais on ne sait pas la résoudre (c'est malin!). L'examineur me propose de trouver une surface élémentaire pour exploiter plus facilement cette information. En prenant un cylindre de rayon r et de hauteur dz on trouve que

$$B_r(r, z) = -\frac{r}{2} \frac{\partial B_z}{\partial z}(0, z)$$

En trouve alors la composante selon \vec{u}_r , puis en utilisant l'autre relation (dériver+intégrer) on trouve la composante selon \vec{u}_z

Examineur sympathique qui m'a aidé lorsque j'en avais besoin. J'ai néanmoins perdu pas mal de temps à faire des choses inutiles sur un exercice assez classique.

LSR.21 Spire de courant

On se donne une spire de rayon R parcourue par un courant I et d'axe z . On donne l'expression du champs crée sur son axe :

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \vec{e}_z$$

1. Déterminer \vec{B} au voisinage de l'axe.
2. Justifier la formule donnée.
3. On astreint maintenant un dipôle magnétique sur l'axe z . Décrire son mouvement.

Déroulement et indications (Élève α)

1. L'examineur m'accueille de façon très chaleureuse et m'informe qu'il attend avant tout que je fasse des commentaires oraux, puis il me distribue mon exercice.
2. Je reconnais alors là la dernière partie de mon oral Centrale Physique-Info que je n'avais pas beaucoup traité, et qui de toute façon employait une méthode « boîte de décoffrage », donc je n'ai pas tenté de reproduire la même chose.
3. Je commence par l'analyse des symétries : on est à symétrie cylindrique donc la norme du champ ne dépend pas de θ . De plus, tout plan contenant l'axe de la spire est un plan d'antisymétrie de la distribution de courant, et comme le champ y appartient, il n'a pas de composante orthoradiale. Pour résumer,

$$\vec{B} = B_r(r, z) \vec{e}_r + B_z(r, z) \vec{e}_z$$

4. J'écris alors les deux équations de Maxwell de la magnétostatique. Je dis que le théorème d'Ampère sur un contour bien choisi ainsi que la conservation du flux sur un petit volume bien choisi nous permettraient de conclure. Je vois ses yeux s'illuminer, alors je me lance. Je commence par le théorème d'Ampère. J'hésite pour le contour avant de me lancer sur rectangle dont les deux axes de symétries sont z et la spire. Je justifie mon choix en dessinant les lignes de champ pour illustrer les parités de B_r et B_z en fonctions de r et z . Au voisinage de l'axe, on ne coupe pas de courant donc la circulation de B est nulle. Cela nous donne une égalité à trois inconnues. Il me suggère alors de décaler mon rectangle pour qu'un de ses côtés soit sur l'axe de la spire : cela permet d'éliminer une inconnue.
5. Je comprend qu'il faut que je considère d'abord ma deuxième idée. On considère donc un petit cylindre d'axe z , de rayon r et d'abscisse entre z et $z + dz$. La conservation du flux donne :

$$B_z(0, z) \times \pi r^2 = B_z(0, z + dz) \times \pi r^2 + B_r(r, z) \times 2\pi r dz$$

D'où

$$-\frac{\partial B_z(0, z)}{\partial z} \times \frac{r}{2} = B_r(r, z)$$

On en déduit B_r puisque $B_z(0, z)$ est donnée.

6. Je repars sur ma première idée, et il me dit que ce serait également plus judicieux de considérer un rectangle de longueur dz plutôt que $2z$. Je calcule alors $B_z(z, r)$ mais il me dit que j'ai fait une faute de calcul (j'avais fait une approximation trop grossière). En fait il fallait à nouveau dériver par rapport à z l'expression que j'avais pour B_r , puis intégrer par rapport à r le long de la largeur. C'est fastidieux, d'autant plus qu'à la fin rien ne se simplifie, on obtient des dénominateurs respectivement à la puissance $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ et $\frac{7}{2}$. J'espère que ce n'est qu'une coïncidence...
7. J'étudie ensuite si ma formule est cohérente par rapport aux parités selon r et z , et il me dit en riant que ça allait justement être sa question. On s'embrouille un peu tous les deux mais finalement on les retrouve toutes.
8. Il me demande ensuite comment je justifierais la formule admise, en me précisant pour me rassurer qu'elle n'est pas au programme. J'hésite un peu puis je lui dit que ça me fait penser à Biot et Savart (j'avais peur qu'il me tacle pour l'avoir mentionné ou qu'il me demande de le montrer), mais ma réponse lui a suffit.
9. Pour la troisième question, on montre que le dipôle va tendre vers une position d'équilibre dont le signe de l'abscisse dépend de l'orientation de ce dernier. On détermine cet équilibre par une étude énergétique rapide. Dès lors que j'ai donné les expressions de toutes les grandeurs que je considérais, il ne m'a demandé aucun calcul.

Examineur très agréable, qui a su m'aider quand il le fallait. On a pas mal échangé au cours de l'oral même si la plupart du temps, je ne comprenais qu'à moitié ce qu'il me racontait. J'étais franchement rassuré par son attitude, mais aussi par l'exercice qui était plutôt dans mes cordes, surtout quand on voit dans les rapports les autres exercices impossibles qui sont tombés cette semaine à LSR ainsi que l'attitude parfois désagréable des examineurs...

Déroulement et indications (Élève β)

Pour les arguments de symétrie, je commence par expliquer qu'il n'y a pas de dépendance en θ , et pourquoi. Ensuite, je fais une énorme erreur et dis qu'on ne peut pas dire grand chose sur la direction de \vec{B} , ce qui est bien évidemment faux (pas de composante selon \vec{e}_θ) mais très curieusement il est d'accord et me demande juste ce qu'on peut dire pour un point sur l'axe.

Pour calculer les champs, je commence par dire qu'hors de la spire on est dans le vide de charge et de courants, donc qu'on a les équations de Maxwell dans le vide. Je réfléchis 2 minutes et dit que les expressions des opérateurs en coordonnées cylindriques étant HP, il ne faut probablement pas faire comme ça, il est d'accord mais content de mes remarques. Là, je sèche un peu et je rappelle comment on démontre l'expression du champ admis et qu'on pourrait tenter quelque chose du même genre; il me rappelle que c'est hors programme également et qu'on va faire autrement. Il me demande comment lier le champ au courant, j'écris Ampère et la conservation du flux. Je cherche la bonne surface pour appliquer le flux, et après quelques essais infructueux (dont on discute avec l'examinateur), on considère finalement un cylindre de rayon a assez petit pour considérer que $B_z(a, z) = B_z(0, z)$ et d'épaisseur dz placé en z . On applique la conservation, on trouve un champ un peu moche.

Vient la partie étrange de cette fin d'oral : pour calculer B_θ (nul donc mais il semble aussi convaincu que moi du contraire), il me dit qu'on va refaire un truc du même genre mais avec Ampère sur un petit contour bien choisi, mais qu'on a plus le temps de mener le calcul. Après une brève discussion on s'accorde sur un contour rectangulaire infinitésimal. Il me demande si on devrait le prendre enlaçant l'axe ou pas, je réponds qu'on se met hors de l'axe en expliquant pourquoi et il a l'air content. En conclusion, il me demande à quoi ressemble le terme suivant du DL de B_z en r , je ne sais pas trop quoi répondre en 15s, on commence à discuter du fait que ce sera en r^2 , fin de l'oral.

Examinateur assez sympa, mais apparemment assez dans la lune pour gober et croire dur comme fer à mes bêtises. Ou alors très bon acteur d'improvisation qui invente des méthodes en cours de route pour démontrer des trucs faux.

J'ai pas mal hésité à pas mal de moments, mais j'en suis plutôt content car ça a laissé place à diverses discussions assez intéressantes. Même si j'ai dit des bêtises qu'il n'aura pas remarqué en cours d'oral, je suis plutôt content car pas mal de choses ont été bien faites. Je suis quand même un peu déçu car je sais que Coulon a fait mieux que moi, il faut dire que lui ne s'est d'une part pas trompé et d'autre part avait directement la bonne méthode de calcul de B_r , que je lui ai vendu en le croisant dans la rue sur le chemin du retour. Content pour lui, mais bien le seum donc. Je ne sais donc pas trop à quoi va ressembler ma note, certainement pas catastrophique mais difficile de s'avancer plus.

Les 3 spectateurs étaient des sups de Rodez (venus juste pour assister à des oraux). Durant l'oral ils étaient très silencieux (ils n'avaient pas le choix c'est le règlement...). On a ensuite discuté une bonne demi-heure dehors, ils étaient très sympathiques et posaient beaucoup de questions. Apparemment je suis "très agréable à écouter", c'est déjà ça de gagné! Je leur souhaite toute la réussite l'an prochain.

Déroulement et indications (Élève γ)

On commence par une étude des symétries et des invariances. On écrit donc

$$\overrightarrow{B(M)} = B_r(r, z)\vec{u}_r + B_z(r, z)\vec{u}_z$$

J'écris les DL à l'ordre 1 des deux composantes grâce aux symétries, mais cela ne m'a pas servi.

On applique ensuite le théorème d'Ampère sur un contour élémentaire et on trouve

$$\frac{\partial B_r}{\partial z} = \frac{\partial B_z}{\partial r}$$

Je pensais que cela suffirait pour trouver l'expression souhaitée (à l'ordre 1 il suffisait de trouver $\frac{\partial B_r}{\partial r}$) mais ce n'est pas le cas. Me voyant un peu hésiter, il me propose de regarder une autre équation de Maxwell. J'écris donc Maxwell-flux et, comme je connaissais la divergence en cylindrique, j'obtiens une équation aux dérivées partielles sur B_r et B_z . Je propose de re-dériver mon équation et permuter les dérivations pour avoir une équation uniquement sur B_z ... mais on ne sait pas la résoudre (c'est malin!). L'examinateur me propose de trouver une surface élémentaire pour exploiter plus facilement cette information. En prenant un cylindre de rayon r et de hauteur dz on trouve que

$$B_r(r, z) = -\frac{r}{2} \frac{\partial B_z}{\partial z}(0, z)$$

En trouve alors la composante selon \vec{u}_r , puis en utilisant l'autre relation (dériver+intégrer) on trouve la composante selon \vec{u}_z

Examinateur sympathique qui m'a aidé lorsque j'en avais besoin. J'ai néanmoins perdu pas mal de temps à faire des choses inutiles sur un exercice assez classique.

LSR.22 Interférences par une répartition aléatoire cohérente

LSR-23-501

Soit $N \gg 1$. On considère une plaque sur laquelle on a percé N motifs tous identiques (par exemple une plaque dans laquelle on a percé des petits trous). On éclaire la plaque avec une OPPM. Décrire l'intensité sur un plan très loin de la plaque.

Déroulement et indications (Élève α)

1. Je considère dans un premier temps un cas très symétrique (carré de petits trous). Je m'intéresse en fait à un réseau à deux dimensions. Je calcule la différence de marche par rapport au rayon central que j'ai pris pour référence et ensuite je somme en complexe ce qui me donne une expression gentille avec des sommes géométriques sous les bonnes hypothèses (réseau pas trop étendu pour avoir de l'interférence). À la fin de mes calculs l'examinateur m'arrête et me dit que ce cas ne l'intéresse pas vraiment et il me demande ce qu'il se passe si on prend une disposition quelconque des motifs.
2. Je ne sais pas trop quoi répondre. L'idée que les faisceaux puissent être incohérents me traverse l'esprit mais je ne le dis pas (et j'aurais dû puisque c'est un peut ce qu'il se passe!) parce que je ne vois pas comment m'en sortir avec ça : il n'était pas évident qu'ils soient tous incohérents. J'essaye de dessiner des vecteurs de Fresnel pour voir si cela peut me donner une intuition sans grande réussite. J'essaye aussi de réexporter mon calcul en considérant un maillage dans lequel on aurait percé certains trous mais je ne savais pas bien comment contrôler tous les termes qui ne se simplifiait plus et de toute façon je n'étais pas sorti de mon approximation "du réseau peu étendu". L'examinateur m'arrête finalement en me disant que l'oral touchait à sa fin.

Examinateur sympathique mais très silencieux qui ne parlait que si je faisais une erreur de calcul ou pour poser une autre question. Il ne me donnait pas de piste lorsque je bloquais à la fin. En somme, il me laissait faire au tableau en me corrigeant lorsque je faisais des erreurs de calcul. Il faut donc être prêt à parler seul au tableau et à dire tout ce qu'on pense (même si on est pas sûr quitte à mettre des points d'interrogation partout)!

Déroulement et indications (Élève β)

LSR-23-204

L'oral à commencé avec 15 minutes d'avance, ce dont l'examinateur n'était pas conscient avant que l'oral n'ait commencé d'au moins 10 minutes. N'ayant pas vraiment de piste, je commence la discussion assez tôt. Je souligne les ressemblances et les différences avec l'étude d'un réseau, et propose, avec réserve, que la distribution d'intensité soit uniforme. J'apprend alors que le déphasage en sorti d'impureté est le caractère aléatoire, ce qui m'étonne au vu de l'énoncé.

Après quelques calculs sous la forme exponentielle (notamment la différence de marche), l'examinateur développe une analogie avec une surface d'eau pour me faire comprendre que la distribution présentera en fait des zones de sur-intensité et de sous-intensité. On fait quelques raisonnements probabilistes pour simplifier la forme de la fonction.

Je passe alors au module et au carré pour avoir l'intensité. j'arrive alors à la forme $N + \sum_{j \neq k} e^{i(\phi_j - \phi_k)}$. On discute, comme depuis le début, de la conservation de l'énergie et il me demande vaguement de caractériser les zones de sur-intensité, but de l'exercice. Ni le collègue d'après ni moi n'avons réussi à savoir ce qui était attendu derrière cette question. L'oral est alors terminé.

Déroulement et indications (Élève γ)

LSR-23-403

Je démarre par établir la formule du réseau mais il me fait remarquer que les lignes ne sont pas une bonne description.

Je propose et commence à établir pour un couple afin de se ramener aux trous d'Young et amène l'idée d'une généralisation à N ondes, commence à essayer d'écrire pour la somme mais n'arrive pas à aboutir sur l'intensité.

J'essaye alors de revenir à un méthode plus générale avec la représentation de Fresnel mais n'arrive pas à voir comment procéder pour une répartition en particulier donc je regarde la moyenne des répartitions et fais la moyenne des longueurs sur cette représentation de Fresnel et arrive à une intensité nulle qui contredit le résultat pour les trous d'Young.

Je le fais remarquer et reprend mon calcul sans voir tout de suite d'où vient l'erreur. J'ai oublié le carré pour faire l'intensité et obtiens alors une intensité moyenne $I = N \cdot I_0$ (pour I_0 l'intensité initiale, c'est la fin de l'oral).

Examinateur plutôt sympa mais comme attendu ne donnant pas/peu d'indication, il souligne seulement les erreurs/problèmes du raisonnement.

LSR.23 Perchiste

LSR-23-208

On donne le module d'Young d'une perche, 700 MPa, la masse de l'athlète, 70 kg, et sa vitesse maximale 10 m.s⁻¹. Estimer la hauteur maximale que peut atteindre l'athlète avec la perche.

Déroulement et indications (Élève α)

D'abord je fais une analyse qualitative : l'athlète va déformer la perche pour se catapulte. J'ai tout de suite commencé à travailler avec l'énergie. Là où vient le problème est l'utilisation du module d'Young. L'examineur savait que c'était pas vraiment au programme donc il m'a dit de considérer que la perche est un ressort ou la constante de raideur est proportionnelle au module d'Young. Avec ce premier modèle on obtient une première formule. Ensuite on fait un modèle plus précis ou on considère que l'athlète pose la perche avec un certain angle puis qu'elle va commencer à tourner. On fait alors des TMC et PFD sur la perche et il m'a fait discuter de la validité de l'approximation consistant à ne pas considérer le poids avant la fin du catapultage. J'ai dit que je n'étais pas sûr que l'approximation était bonne mais il m'a expliqué qu'en fait elle était pas mal et m'a demandé comment on pourrait le vérifier.

Examineur très gentil qui me corrigeait quand je disais des choses incorrectes et qui demandait souvent des précisions. Il aidait dans l'élaboration des modèles et m'aidait globalement à avancer. J'ai l'impression d'avoir plutôt bien réussi :

LSR.24 Il n'existe pas de petits mammifères marins

LSR-23-205

On modélise un mammifère marin par une sphère de rayon R plongée dans l'eau. La température à l'infini est la température ambiante T_0 . La température de la peau est $T_{\text{cutanée}}$. Expliquer pourquoi il n'existe pas de petits mammifères marins

Données : $R = 25 \text{ cm}$; $T_0 = 20 \text{ °C}$; $T_{\text{cutanée}} = 30 \text{ °C}$; $\lambda_{\text{eau}} = 0,6 \text{ USI}$; $\lambda_{\text{air}} = 0,024 \text{ USI}$.

Déroulement et indications (Élève α) L'exercice est posée sur une feuille. Je commence par dire qu'intuitivement on va avoir une perte d'énergie, disons, en R^2 , et une production en R^3 donc on aura un problème.

Je dis qu'on se place dans l'ARQS, qu'à l'extérieur de l'eau la température est de la forme $T_0 + \frac{A}{r}$ car \vec{j}_Q est à divergence nulle car $\Delta T = 0$. On trouve A avec la condition en $r = R$: $T(R) = T_{\text{cutanée}}$. On trouve donc \vec{j}_Q puis la puissance perdue dans l'eau, $4\pi\lambda R(T_{\text{cutanée}} - T_0)$. La puissance volumique à fournir par l'animal est donc $\frac{3\lambda(T_{\text{cutanée}} - T_0)}{R^2}$, ce qui diverge pour $R \rightarrow 0$.

Je propose de déterminer la taille minimale. Je dis qu'un humain fait 100 L (un humain assez conséquent) et qu'un cycliste peut débiter 1000 W. On peut donc supposer qu'un animal optimisé pourrait fournir cette puissance en continu. On trouve un rayon minimal de 3 cm.

L'examineur propose d'étudier la résistance thermique d'une couche de gras d'une certaine épaisseur. Dans la limite où elle est infiniment fine, je la trouve par analyse dimensionnelle : $\frac{\epsilon}{\lambda S}$. (Si elle n'est pas infiniment fine, la surface n'est pas bien définie.)

Dans le cas général, je mets T_1 à l'intérieur, T_2 à l'extérieur, dis que T s'écrit $A + \frac{B}{r}$ et avec les conditions aux limites on trouve $R = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}{4\pi\lambda}$. On retrouve bien l'autre expression pour $R_2 = R_1 + \delta$ avec $\delta \rightarrow 0$. On trouve un ordre de grandeur de $1 \times 10^5 \text{ K/W}$.

L'examineur n'écoutait pas. Je devais revenir sur mes calculs dix minutes après les avoir faits, ce qui était rendu difficile par la petite taille du tableau (un simple tableau blanc assez petit). J'ai l'impression d'avoir perdu beaucoup de temps à expliquer ce que j'avais déjà fait. L'oral c'est tout de même bien passé.

LSR-23-205

Déroulement et indications (Élève β) L'exercice est posée sur une feuille. Je commence par dire qu'intuitivement on va avoir une perte d'énergie, disons, en R^2 , et une production en R^3 donc on aura un problème.

Je dis qu'on se place dans l'ARQS, qu'à l'extérieur de l'eau la température est de la forme $T_0 + \frac{A}{r}$ car \vec{j}_Q est à divergence nulle car $\Delta T = 0$. On trouve A avec la condition en $r = R$: $T(R) = T_{\text{cutanée}}$. On trouve donc \vec{j}_Q puis la puissance perdue dans l'eau, $4\pi\lambda R(T_{\text{cutanée}} - T_0)$. La puissance volumique à fournir par l'animal est donc $\frac{3\lambda(T_{\text{cutanée}} - T_0)}{R^2}$, ce qui diverge pour $R \rightarrow 0$.

Je propose de déterminer la taille minimale. Je dis qu'un humain fait 100 L (un humain assez conséquent) et qu'un cycliste peut débiter 1000 W. On peut donc supposer qu'un animal optimisé pourrait fournir cette puissance en continu. On trouve un rayon minimal de 3 cm.

L'examineur propose d'étudier la résistance thermique d'une couche de gras d'une certaine épaisseur. Dans la limite où elle est infiniment fine, je la trouve par analyse dimensionnelle : $\frac{\epsilon}{\lambda S}$. (Si elle n'est pas infiniment fine, la surface n'est pas bien définie.)

Dans le cas général, je mets T_1 à l'intérieur, T_2 à l'extérieur, dis que T s'écrit $A + \frac{B}{r}$ et avec les conditions aux limites on trouve $R = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}{4\pi\lambda}$. On retrouve bien l'autre expression pour $R_2 = R_1 + \delta$ avec $\delta \rightarrow 0$. On trouve un ordre de grandeur de $1 \times 10^5 \text{ K/W}$.

L'examineur n'écoutait pas. Je devais revenir sur mes calculs dix minutes après les avoir faits, ce qui était rendu difficile par la petite taille du tableau (un simple tableau blanc assez petit). J'ai l'impression d'avoir perdu beaucoup de temps à expliquer ce que j'avais déjà fait. L'oral c'est tout de même bien passé.

Déroulement et indications (Élève γ)

Je commence par rappeler au tableau la démonstration de l'équation de la chaleur en sphériques. L'examineur m'interrompt pour me dire qu'il ne comprend rien à ce que j'écris, c'est à ce moment que je réalise que les 40 prochaines minutes vont être désagréables. Je lui explique mes notations, pourtant intuitives et il finit par me demander explicitement ce qui le dérangeait : suis-je entrain d'établir l'équation de la chaleur dans l'eau ou dans l'animal ? Sans réfléchir, je réponds qu'on s'intéresse au profil de température de l'animal, ce qui n'est pas le cas, c'est là que l'examineur a décidé de me mitrailler de questions jusqu'à la fin de l'oral qui n'ont que pour effet de ralentir la résolution de l'exercice.

En réalité, il faut s'intéresser à la température dans l'eau et aux conditions limites avec l'animal puisque la donnée qui nous est importante est la température cutanée de l'animal ! Il décide donc de me faire parler de la puissance produite par le mammifère, en me signalant que l'on va admettre que chaque portion élémentaire de volume de l'animal émet la même puissance. Pour ce faire, il me demande de lui donner l'analogie de la conservation de la charge dans le cas de la diffusion thermique. Je rappelle donc l'équation de conservation de la charge et je m'appête à essayer de trouver une formule analogue qui soit homogène. Il me dit que si je ne la connais pas ce n'est pas la peine et qu'on y reviendra plus tard si on a le temps (Après avoir regardé sur internet, la formule attendue était : $\rho c \frac{\partial T}{\partial t} + \text{div } \vec{j} = 0$).

En utilisant les conditions limites à l'infini et au contact entre le mammifère on obtient une condition sur la puissance à fournir par l'animal mais je n'ai pas le temps d'aller plus loin.

En plus d'un examineur désagréable, j'ai foncé tête baissée dans l'exercice sans réaliser que je n'allais pas dans la bonne direction. Je suis déçu et je m'en veux car je sais que l'exercice est classique.

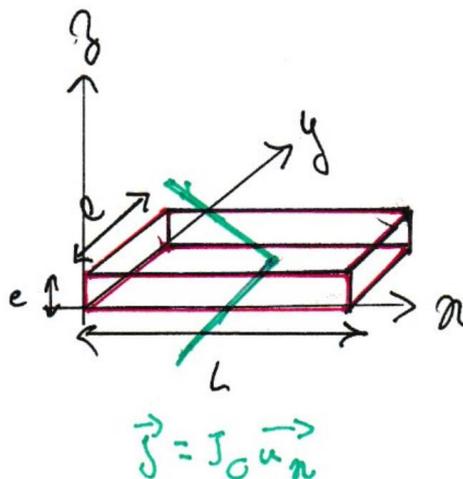
LSR.25 Solénoïde "réel"

Proche de 2023/LSR.26

On dispose d'un solénoïde (infini *réel*) constitué d'un fil entouré d'une gaine isolante d'épaisseur *non négligeable* et enroulé autour d'un cylindre de rayon a . Le fil est parcouru par un courant d'intensité I constante.

Je disposais d'un formulaire donnant les expressions des opérateurs grad , div , rot et Δ en coordonnées cylindriques et sphériques.

1. Trouver le champ magnétique créé par le solénoïde dans tout l'espace et le calculer en particulier pour une distance à l'axe $\rho \rightarrow +\infty$.

Déroulement et indications

Je fais une erreur de compréhension dès le début en pensant que c'est le solénoïde qui est entouré de la gaine isolante. J'ai donc du mal à comprendre le but de l'exercice mais je décide de commencer à calculer : on verra bien si ça marche.

Je donne donc les arguments de symétrie pour appliquer le théorème d'Ampère mais il m'interrompt de suite en me demandant de faire un autre schéma sans perspective et de dessiner le fil qui s'enroule autour du solénoïde *réel*. Je comprends alors que la gaine est celle du fil et donc que l'on aura aucun argument de symétrie puisqu'on ne peut pas considérer les spirales comme une infinité de spires.

Je commence alors à écrire les équations de Maxwell que je simplifie car il me dit que l'on se place en régime permanent. Ne sachant comment procéder et espérant une réaction de mon examineur, je me lance dans des calculs sur les relations avec les dérivées partielles que je peux tirer des équations de Maxwell et du formulaire donné.

Après près de 30min de calculs vains, l'examineur me dit que l'on a $\operatorname{div}\vec{B} = 0$ et $\operatorname{rot}\vec{B} = \vec{0}$ partout sauf sur le fil. Il me demande alors comment je ferai si on était en électrostatique. Je comprends donc qu'on doit introduire un champ scalaire associé à \vec{B} similaire à V pour \vec{E} .

Etant très inspirée, je l'appelle aussi V et j'ai l'équation de Laplace $\Delta V = 0$. L'examineur me dit alors de calculer V . Je bloque un peu puis il me dit qu'on va s'arrêter là.

Examineur dont les remarques étaient rares mais constructives. Il se contentait de hocher la tête dans la première partie de l'oral quand je lui disais des choses justes mais clairement inutiles pour résoudre l'exercice.

Je suis sortie de l'oral avec l'impression sans aucun doute justifiée de ne pas avoir fait ni dit grand chose.

LSR.26 Câble torsadé

LSR-23-504

Proche de 2023/LSR.25



On considère un câble torsadé. Il est constitué de plusieurs fils conducteurs enroulés autour d'un isolant assimilé à du vide de rayon R , comme sur la figure, et isolés les uns des autres par une couche d'isolant d'épaisseur négligeable. Chaque fil est parcouru par un courant d'intensité I .

Déterminer l'effort subit par le cylindre isolant.

Il y avait tout un formulaire avec des trucs du type rotationnel etc... , mais je ne l'ai jamais regardé.

Déroulement et indications

- Je commence par faire du qualitatif, et avec son aide on arrive à voir que la résultante des forces de Laplace sont bien dirigée vers le centre du câble.
- Je calcule le champ du fil infini avec l'idée que l'on pourrait sommer le tout pour avoir le champ subi par un fil.
- Devant la difficulté de l'entreprise, je me dit que finalement il ne s'agit que d'un câble que traverse NI où N est le nombre de fil. Il me fait alors judicieusement remarquer que les fils n'étant pas selon la direction du câble, il y a aussi un courant circulaire.
- Je ne sais pas trop pourquoi, mais je m'interdis de superposer une bobine et fil infini, et j'essaye d'y aller brutalement, à l'intégrale. Non content ce genre de choses horribles, je l'ai fait d'une manière qui ne résout pas le problème qu'il venait de me signaler. Il me le signale donc.
- En discutant un peu je finis par m'autoriser à superposer un fil et une bobine. A partir de ce moment là tout va tout seul en utilisant \vec{j} . Seul petit problème : quel \vec{B} prendre sur la frontière de la bobine. Il me fait signe qu'on s'en fiche, sans doutes car il ne restait alors plus beaucoup de temps.

LSR.27 Atome dans un champ magnétique

LSR-23-102

a et B sont deux constantes positives. On considère un atome d'hydrogène constitué d'un proton de charge e situé en O et un électron de charge $-e$. On se place dans le référentiel du proton. On suppose l'électron initialement à la position $\vec{r} = a\vec{e}_x$, avec une vitesse initiale nulle. L'atome est plongé dans un champ magnétique extérieur $\vec{B} = B\vec{e}_z$. Caractériser le mouvement de l'électron.

Déroulement et indications

1. Je commence par faire un schéma de la situation. Je dis que le mouvement sera plan, car les forces seront dans le plan $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_z)$. J'applique ensuite le PFD et j'obtiens des équations franchement inexploitables.
2. L'examineur me demande si la situation décrite n'est pas analogue à une autre situation. Je dis que sauf l'effet du champ \vec{B} , il s'agit d'un mouvement à force centrale. J'écris alors le théorème du moment cinétique, et j'obtiens une expression de $\dot{\theta}$ en fonction de r . Je m'aperçois d'une erreur d'homogénéité, que je corrige.
3. J'écris ensuite la relation de conservation de l'énergie mécanique (la force magnétique ne travaille pas). En utilisant l'expression précédente de $\dot{\theta}$, j'obtiens une expression de \dot{r} en fonction de r .
4. Je suis alors un peu bloqué. L'examineur me demande si le mouvement sera borné. Je parviens après un peu de temps à montrer que ce sera le cas, en considérant l'énergie mécanique, et même que l'on aura $r \leq a$. L'oral se termine peu après, l'examineur m'explique que dans la suite il aurait fallu tracer l'énergie potentielle effective (j'en avais parlé) et en déterminer d'éventuels minima.

Examineur agréable, qui acquiesce lorsque je dis quelque chose de correct, et qui prend même le temps à la fin de m'expliquer comment continuer la résolution de l'exercice.

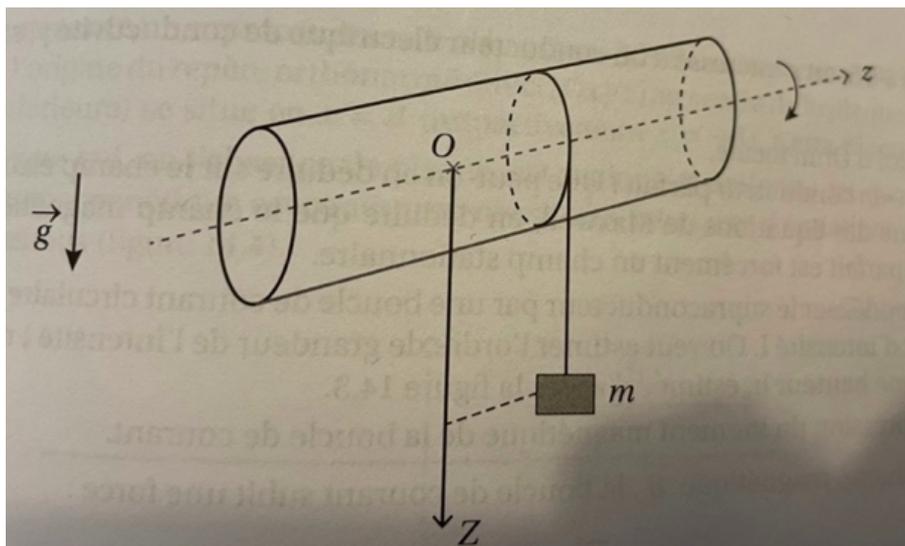
LSR.28 Cylindre chargé en surface avec fil

LSR-23-103

On considère un cylindre uniformément chargé en surface de longueur l_0 de rayon a sur lequel est attaché un fil à l'extrémité duquel est attaché une masse m . Le cylindre tourne à la vitesse w autour de son axe. Décrire son mouvement

Déroulement et indications

J'avais déjà fait cet exercice, pourtant l'oral s'est mal passé. Au début je fais un schéma, et lui explique que la charge Q engendre un champ électrique et la rotation un champ magnétique puis fait un rapide bilan des forces sur la masse : poids et tension du fil transmise sur le cylindre pour un fil sans masse. Je lui dis alors que je vais calculer les champs électriques et magnétiques.



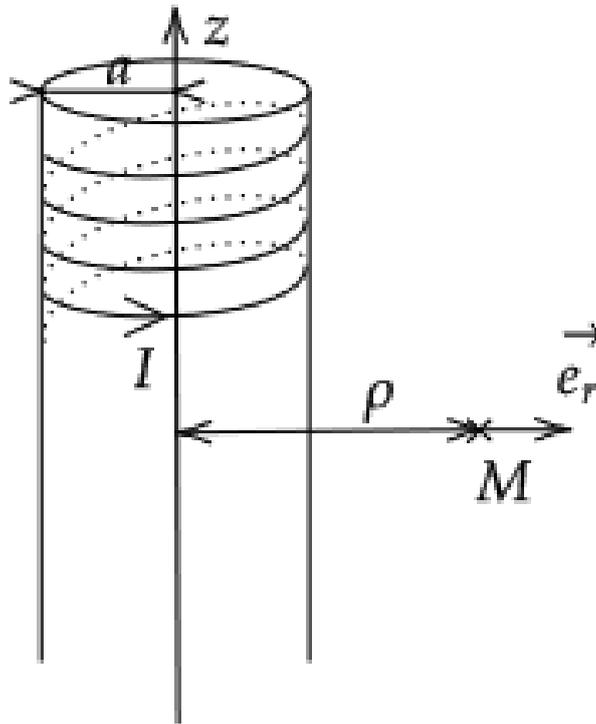
Je calcule avec le théorème de Gauss le champ électrique en un point extérieur au cylindre, le champ à l'intérieur étant nul puis il me demande quelle est la contribution de ce champ au mouvement. Après un moment d'hésitation sur sa demande j'évoque la force de Lorentz, elle est radiale, au début je mets une flèche vers le haut en un point M quelconque ce qui n'a aucun sens (la force s'exerce sur les charges du cylindre), puis après un temps de réflexion je remarque et lui dis que la résultante de cette force est nulle. J'évoque alors des possibles moments, ils sont nuls le champ étant radial, mais je ne m'en rends pas immédiatement

compte, il me demande une "vue de côté", je ne comprends absolument pas ce que c'est, il me dit que c'est un cercle. Après hésitation je dessine les forces de Lorentz autour du cylindre, les forces et les moments sont nuls, aucune contribution au mouvement. Je passe au calcul du champ magnétique, donne le courant total parcourant le cylindre, puis me demande s'il sert à déterminer le champ magnétique, je ne comprends pas où il veut en venir, je dis une bêtise (il faudrait un courant surfacique). Il me demande à quoi ressemble la situation, j'évoque un solénoïde, il me demande la démo du champ du solénoïde, je dessine le bon contour d'Ampère mais fait l'erreur de mal placer le sens du courant, il me le fait immédiatement remarquer, puis je suis très perturbé alors que j'étais parti sur une preuve juste. Il me demande de dessiner une bobine (au début je ne comprends pas sa question, il voulait des spires et je voyais la représentation en électrocinétique dans ma tête) et la représentation du dessus, je place alors le courant dans le bon sens, puis me demande le champ d'un solénoïde, je le lui donne, il fait apparaître une densité linéique de courant et donc par analogie on détermine le champ magnétique dans notre exercice. Enfin la force de Lorentz est radial (j'ometts la charge au début dans l'expression), comme précédemment pas de contribution au mouvement. Il reste très peu de temps, il me demande quelle est la nature du champ électrique, je dis qu'il est engendré par le cylindre, il attendait le mot statique (question encore non comprise), puis celle du champ magnétique et me demande l'accélération angulaire, je dit que c'est la rotation du cylindre qui l'engendre, il me dit qu'en fait la masse est uniformément accélérée (soumise à son poids) donc w est non constant, puis m'explique la fin de l'exercice : par induction il y a (maxwell-faraday) un champ magnétique orthoradial qui lui ralentit le mouvement du cylindre, on le trouve en considérant le système masse+cylindre (quand je l'avais fait on considérait juste le cylindre et la masse séparément, il y a forcément plusieurs façons équivalentes de le faire). L'oral s'arrête là.

Deux minutes pour monter dans la salle depuis la salle d'attente et émarginer. Au début de l'oral il m'explique le déroulé : on s'intéresse à une situation que vous m'expliquez et ensuite il me posera des questions de différentes nature (il prend bien une minute à me faire ce discours inutile). Deux autres minutes pour me donner l'énoncé (donc 5 minutes de perdues sur 40). je reconnais un exercice que j'ai déjà fait dont je ne me souvenait pas parfaitement mais je connaissais la méthode. Jusqu'à la fin de mon calcul du champ électrique ça se passe correctement, ensuite il commence à me poser des questions avec un débit incessant et à commenter tous les signes que j'écris au tableau, alors que parfois j'écris au tableau pour réfléchir et que tout ce que j'écris n'est pas forcément juste. Je suis obligé de parler avec des idées pas du tout claires dans ma tête ce qui est inconfortable. Son ton est de plus légèrement agressif ce qui ne me met pas à l'aise. À certains moments je ressens le stress et essaie de me calmer (surtout quand il m'interrompt sur le champ du solénoïde, j'aurais bien aimé avoir fini mon calcul et pensais à ce que j'allais lui présenté avant qu'il ne m'interrompe pour la flèche de courant mal placée). Je fais un mauvais oral, l'exercice n'est pas évident mais je l'avais déjà fait, j'ai donc la bonne démarche et le bon schéma mais j'ai très mal réagi aux remarques de l'examinateur qui ne servaient pas du tout à me guider dans l'exercice mais à tester mes (mauvaises) compréhensions et réactivité.

LSR.29 Effet Joule et transferts thermiques

LSR-23-105



Une plaque métallique de longueur L , de largeur l et d'épaisseur e possède une conductivité σ et une conductivité thermique λ . Un courant $\vec{j} = J_0 \vec{u}_x$ y circule et la plaque échange une puissance surfacique $P = h|T_0 - T_{\text{air}}|$ avec l'air. Déterminer le profil de température dans la plaque puis calculer la puissance thermique dissipée à travers toute surface.

Déroulement et indications

- Je dis d'abord que la puissance thermique dissipée dans la plaque est due à l'effet Joule. La puissance volumique dissipée s'écrit $P = \frac{1}{\sigma} J_0^2$.
- Puis j'écris l'équation de la chaleur $\Delta T - \frac{1}{D} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{\lambda \sigma} J_0^2 = 0$. Il me demande si $\frac{1}{\lambda \sigma} J_0^2$ est un terme source, je lui réponds que oui. Il me demande d'où vient cette équation. Je lui dis qu'elle provient de la relation $\rho c \frac{\partial T}{\partial t} + \text{div} \vec{j}_q = p_{\text{source}}$ et de la loi de Fourier $\vec{j}_q = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}} T$, je lui demande si je le redémontre et il me dit que non, puis finalement que si. (Je pense que c'est parce que j'avais oublié le terme p_{source} dans l'équation de conservation, je l'ai remarqué en cours de démonstration). J'obtiens en simplifiant l'équation dans la situation de la plaque, puis j'intègre mais comme je n'ai pas la valeur de $\frac{\partial T}{\partial z}$ en $z = 0$ ou $z = e$, je le prends égal à 0 bêtement sans réfléchir. J'obtiens donc des problèmes dans la suite et je n'arrive pas à trouver où est mon erreur. Au bout d'un moment il finit par m'aider et m'interroge sur le phénomène sans reprendre les calculs, pour que je lui explique ce qui se passe dans la plaque, jusqu'à ce que je finisse par dire que la température varie bien sur les bords mais que je ne peux pas obtenir la valeur de $\frac{\partial T}{\partial z}$ à ces endroits. Il me fait comprendre que c'est faux, et je comprends qu'on peut l'avoir grâce à la loi de Fourier, qui s'écrit au bord $P = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z}$, et grâce à l'expression de P donnée dans l'énoncé. Il me dit alors de réintégrer correctement l'équation, mais je m'embrouille parce que mon problème précédent m'a déstabilisé, il s'impatiente un peu. Quand j'y arrive, il me demande de dessiner le profil de température dans la plaque, et l'oral s'arrête là sans que j'aie le temps de réfléchir à la question suivante.

L'examineur était chaleureux et souriant au début et à la fin de l'oral, mais impassible pendant l'oral, et a semblé agacé (il a soufflé) quand j'ai commencé à écrire des bêtises en intégrant l'équation de la chaleur.

LSR.30 Mascaret

LSR-23-201

Expliquer le phénomène de mascaret, qui a lieu sur certains fleuves. Dire comment il se propage, et sous quelles conditions. En dessus, une photo floue d'une vague sur un fleuve chinois.

Déroulement et indications

1. Je suis initialement content car l'exercice est assez classique (du moins je croyais), *id est* on fait un bilan de masse et on conclut sur la vitesse de propagation de la discontinuité de hauteur en fonction des paramètres : débit en amont, en aval et hauteur de la marche de discontinuité (vu la tête de l'énoncé, je suis déjà plutôt content de savoir ce qu'est un mascaret).
2. Je fais un schéma, parle de bilan de masse. Je dis initialement que d'un côté, il n'y a pas de débit, hypothèse que je justifie vaguement : il me contredit en disant que si de l'eau arrive sur un mur en béton plus bas que sa surface, pas de pseudo-mascaret (alors que le raisonnement devrait marcher, on devrait avoir une vague rapide sur la dessus du muret, du moins je crois). Ma compréhension commence déjà à décliner.
3. Je finis quand même mon truc en déterminant la vitesse du front de discontinuité en fonction des débits. Il a l'air d'accord.
4. Une fois les calculs menés, en raison des apartés sur les murs en béton, un gros quart d'heure s'est écoulé. L'examineur de dit rien, pourtant le calcul est fini. Je tend une perche pour savoir quoi faire : « On pourrait s'intéresser à l'origine de la différence de hauteur, (d'autres trucs dont je me souviens plus), en tout cas le calcul est fini au vu des paramètres introduits ». Il lève les yeux et affirme « Je doute qu'on ait fini, je crois même qu'on a pas commencé ».
5. Me remettant tant bien que mal de cette punchline monumentale, je formule mes difficultés : comment lier les débits en amont et en aval ? (d'après ma compréhension du phénomène, on avait un certain débit de part et d'autre de la discontinuité). Il commence alors à partir dans des exemples farfelus du genre :
« Vous avez vu des films d'apocalypse, où un barrage se rompt ? »
Je dis que oui mais là, le truc se propage parce que la hauteur de la discontinuité décroît du fait de la gravité... il se corrige et dit que son barrage est continuellement alimenté en eau, de sorte à garder une hauteur constante. Au vu de ce qu'il dit, je fais l'hypothèse que dans le référentiel de la discontinuité, les molécules du côté de la marche n'ont pas de mouvement macroscopique, vu que c'est le cas intuitivement pour le barrage qui se brise. Il m'interrompt pour me donner l'exemple d'une chaîne d'atomes dans laquelle se propage une onde sans mouvement macroscopique des atomes. Je commence vraiment à en avoir assez : en clair, il me donne des pistes, j'effectue des hypothèses en conséquence, puis il me critique sur le caractère non général des hypothèses faites.
6. Résigné, je reste calme et commence à faire de la mécanique sur des volumes infinitésimaux de fluide. Il est d'accord quand je propose des approximations. Je n'arrive évidemment pas à conclure car je n'ai pas vraiment conscience de ce que j'essaie de faire. L'oral s'arrête là.

Examineur assez voire très désagréable par moments, relativement sympa le reste du temps. Il m'engueule au début de l'oral car j'attends devant la salle et pas dans une salle d'attente située deux étages plus bas.

Ayant cherché sur internet des solutions plus subtiles au problème du mascaret, je tombe sur un document qui fait des bilans de quantité de mouvement, c'est sans doute ce que l'examineur attendait. Sans doute aurait-il donc pu mieux poser son exercice, ou me donner des indices un peu plus pertinents... car là, j'aurais sans doute trouvé plus vite sans indications.

Éléments de correction Voir cours.

LSR.31 Condensateur

LSR-23-202

On considère une sphère métallique creuse, de rayon R . En coordonnées sphériques, la partie telle que $0 \leq \theta < \theta_0 < \frac{\pi}{2}$ est au potentiel V , celle telle que $\pi - \theta_0 < \theta \leq \pi$ est au potentiel $-V$ et la zone entre les deux est au potentiel nul (des isolants sont placés aux transitions).

1. Donner l'équation vérifiée par le potentiel $V(r, \theta)$.
2. Utiliser un changement de variable $K = \cos \theta$ pour trouver les deux équations clés du problème.

3. Justifier que $V = \sum_{\ell=0}^{+\infty} A_{\ell} \left(\frac{r}{R}\right)^{\ell} P_{\ell}(\cos \theta)$ où P_{ℓ} est le polynôme de Legendre.

Note : Les polynômes de Legendre forment une suite de polynômes orthogonaux. Ce sont des solutions polynomiales $P_n(x)$, sur le segment $[-1, +1]$, de l'équation différentielle de Legendre :

$$\frac{d}{dx} \left[(1-x^2) \frac{dP_n}{dx} \right] + n(n+1)P_n(x) = 0$$

dans le cas particulier où le paramètre n est un entier naturel. On peut définir le polynôme P_n comme l'unique solution de l'équation pour un n entier donné, si on impose $P_n(1) = 1$.

Éléments de correction Il dit plusieurs fois de penser au cas du condensateur plan.

LSR.32 Supraconducteur

LSR-23-206

On étudie la propagation d'une onde électromagnétique dans un matériau supraconducteur (brève description des supraconducteurs, mention de l'expulsion des champs magnétiques ou effet Meisner et l'absence de résistance électrique pour des températures très faibles). On nous donne la loi de London : $\vec{j} = \gamma \cdot \vec{E} - \frac{1}{\mu_0 \lambda_L^2} \cdot \vec{A}$, avec $\text{rot} \vec{A} = \vec{B}$.

1. Trouver l'équation de dispersion dans le supraconducteur.

On ajoute un champ extérieur uniforme $\vec{B} = B_0 \cdot \vec{u}_y$ parallèle à la face gauche du supraconducteur. On se place en outre désormais dans un régime basse fréquence de sorte que $\vec{j} = -\frac{1}{\mu_0 \lambda_L^2} \cdot \vec{A}$.

2. Déterminer la force surfacique subie par le supraconducteur.

Déroulement et indications

1. Je commence par dire que l'on va comme d'habitude utiliser Maxwell-Faraday et Maxwell-Ampère pour les ondes planes pour avoir l'équation de dispersion. Je réinjecte la première dans la deuxième pour avoir une relation entre \vec{E} et \vec{A} . Là, j'ai le malheur de désigner ce deuxième vecteur par « potentiel vecteur », et l'examinateur s'excite : « Potentiel vecteur ? Qui a parlé de potentiel vecteur ? ». Je capitule et l'appelle donc a .
2. Je passe ma relation au rotationnel, et il ne reste que du \vec{B} , ce qui me donne la relation de dispersion (de mémoire, elle doit être de la forme $k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{1}{\lambda_L^2} + i \cdot \mu_0 \gamma \omega$). Je fais quelques commentaires : je dis que le milieu est dispersif, que le terme de propagation ressemble à celui du vide, et que le terme d'atténuation est de la même forme que pour un conducteur classique avec l'épaisseur de peau qui apparaît. Il me demande la définition d'un milieu dispersif, je réponds que le comportement du milieu vis-à-vis de l'onde dépend de sa fréquence.
3. L'examinateur me demande la dimension de λ_L , j'utilise la relation de dispersion, puis il me demande de la vérifier d'une autre manière. Je repars alors de la loi de London et je galère ; je finis par obtenir un résultat très bizarre. Finalement, après un certain temps, je dis que je vais recommencer et il me dit de multiplier par μ_0 des deux côtés, et les calculs sont alors faciles grâce à Maxwell-Ampère qui nous donne la dimension de $\mu_0 \vec{j}$ par rapport à \vec{B} .
4. J'obtiens une dimension différente de celle obtenue précédemment (c'est une longueur), j'ai donc fait une erreur dans ma relation de dispersion (d'où l'insupportable analyse dimensionnelle), et j'ai de fait oublié un facteur $i\omega$ en changeant de tableau. Il me demande si nos commentaires changent, je dis que non.
5. Je commence la deuxième question, la relation de dispersion se simplifie, et je retire le terme en $i \cdot \mu_0 \gamma \omega$. Je parle de force de la forme $\vec{j} \wedge \vec{B}$, mais je confonds avec \vec{j}_s et je dis donc qu'elle est surfacique et non volumique, ce qu'il me fait remarquer plus tard. Je dis que je veux donc regarder \vec{j}_s mais il répond qu'avant ça il faudrait quand même étudier \vec{j} . J'essaie donc de trouver des équations et de retrouver l'analogue de l'équation de Poisson avec le potentiel vecteur. Je parle alors de Jauge de Coulomb, et il s'énerve presque de nouveau : « Jauge de Coulomb ? C'est quoi ? Vous en connaissez d'autres des jauges ? ». Je réponds que non mais que c'est celle qui m'arrange. Mais en fait je ne peux pas choisir la jauge puisque \vec{A} apparaît dans la loi de London.
6. Entre-temps, je dis (le stress sans doute) qu'il faut en fait superposer le B_0 au champ dans le supraconducteur pour la force, et il me rappelle que c'est débile en prenant l'exemple d'un conducteur parfait dans un champ magnétique uniforme. Il me dit aussi de négliger le terme en $\frac{\omega^2}{c^2}$ dans ma relation de dispersion. C'est quasi la fin de l'oral, et il choisit ce moment pour me dire que j'avais encore une erreur de calcul (j'avais $k^2 = \frac{1}{\lambda_L^2}$ au lieu de $k^2 = -\frac{1}{\lambda_L^2}$) qui change tout. Je lui explique alors à l'oral qu'on a une atténuation pure, qu'on a un champ B et des courants en $\exp\left(-\frac{x}{\lambda_L}\right)$, d'où le modèle des courants surfaciques et la force que l'on pouvait calculer facilement.

Oral horrible : outre quelques bêtises de ma part, le fait que l'examineur ne me signale mes fautes qu'au dernier moment m'empêche d'avancer dans le problème. J'ai aussi été surpris par ses réactions lorsque je mentionnais des notions hors-programme.

LSR.33 Pression dans une colonne

LSR-23-210

- Déterminer la pression, la température et la masse volumique dans une atmosphère isotherme.
- On étudie un tube à essai rempli d'eau, cylindrique sur une hauteur h dont la base est hémisphérique de rayon R . Calculer la résultante des forces exercées sur le tube.

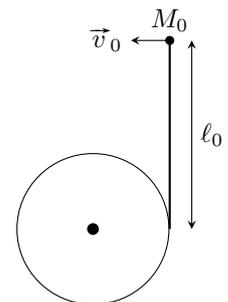
Déroulement et indications Je repose la situation classique de l'atmosphère isotherme, mais j'oublie complètement l'existence de la loi de Laplace, qui aurait permis de traiter la première question immédiatement. Je tente donc plusieurs formules, repartant des principes de la thermodynamique, et finit, après un moment, par retomber par hasard sur la démonstration de la loi de Laplace. On obtient donc une équation différentielle sur P , qui conclut. Ayant perdu près de trente minutes sur la loi de Laplace, il ne me restait plus beaucoup de temps pour la question principale. Je commence à expliquer à l'oral quelques forces s'exerçant et comment on peut tenter de procéder, puis l'oral s'arrête.

Examineur très silencieux, qui se contente de recopier sur sa feuille mes calculs et raisonnements. Ses seules interventions sont pour corriger des erreurs de calcul, et s'assurer qu'il recopie bien la bonne ligne.

LSR.34 Enroulement sur une bobine

LSR-23-211

Une masse m , repérée par le point $M(t)$, est accrochée au bout d'un fil inextensible et sans masse de longueur initiale ℓ_0 , qui est accroché en son autre extrémité à un point de la circonférence d'une bobine de rayon R . On lance la masse m avec une vitesse \vec{v}_0 , perpendiculaire au fil, lui-même tendu tangentiellement à la bobine. On néglige, dans tout ce qui suit, l'effet de la pesanteur. Déterminer la durée que met le fil à s'enrouler complètement sur la bobine.



Exercice un peu trop calculatoire ou en tout cas pas assez physique à mon goût, il n'y avait pas grand chose à comprendre ni à modéliser. Examineur très agréable, il intervenait peu mais de manière pertinente et me laissait avancer même si je n'étais pas sur la bonne piste, pour me laisser me rendre compte seule du chemin à suivre.

LSR.35 Un microscope

LSR-23-401

On a une masse m suspendue à un ressort subissant des frottements fluides $f = -\alpha v$. Par ailleurs, comme la masse est très proche d'une autre surface située en-dessous, elle subit une force d'attraction vers le bas $F = \frac{K}{D(z)^2}$ où $D(z)$ est la distance entre la masse et la surface. Décrire le mouvement.

Déroulement et indications

- Je pose mon PFD et me retrouve face à une équation différentielle d'ordre 2 non linéaire. Bref un truc horrible
- Je cherche des simplifications, essaye des changements de variables, ...
- Désespéré, alors que je n'ai aucun ordre de grandeur, je tente de négliger des termes. Cela ne mène pas à grand chose
- Après plus de 25min d'oral, première véritable intervention de l'examineur. Il me demande de chercher les positions d'équilibre stables
- Je les cherche et arrive sur une équation polynomiale d'ordre 3 (sans racine évidente cela va de soit)
- Il me laisse devant mon tableau encore longtemps...

7. Finalement, il me fait tracer la fonction représentant l'équation
8. Là je remarque un encadrement des positions d'équilibre et apparemment cela lui suffit
9. On me fait chercher les positions d'équilibre stable ce n'est pas trop dur mais la dérivation est assez lourde
10. FIN DE L'ORAL

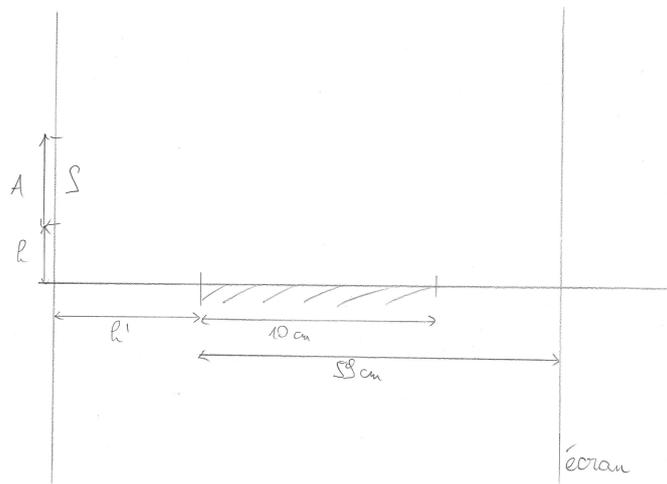
L'exercice et l'examineur étaient assez déroutants. A moins que je sois passé à côté de quelque chose je n'ai pas eu l'impression qu'il y avait des remarques plus précises à faire. Finalement j'ai plutôt une bonne note. Ne jamais désespérer.

On ne peut pas dire que l'examineur ait été très loquace. L'exercice était assez étrange car il relevait plus de l'étude d'équation différentielle que de physique. Peut-être ai-je loupé une méthode, mais je n'ai pas eu l'impression qu'il y avait quoi que ce soit de très intéressant à dire... Toujours est-il, on ne choisit ni son exercice ni son examineur et il faut faire avec, rester concentré, ne pas se démonter et réussir à trouver toujours de nouvelles voies d'approche.

LSR.36 Miroir de Lloyd

LSR-23-402

On considère le dispositif interférométrique constitué d'une source étendue S et d'un miroir suivant :



À quelle condition sur A observe-t-on un brouillage des franges sur l'écran ?

Données

- Pas de données

Déroulement et indications

1. L'examineur m'a fait redémontrer la formule de Fresnel.
2. L'examineur m'a posé des questions sur la cohérence des sources ponctuelles obtenues par discrétisation de la source étendue.

L'examineur a très peu parlé et m'a laissé dérouler mon raisonnement.

LSR.37 Voile solaire

LSR-23-404

Proche de 2022/LSR.50

Même exercice que LSR.50, mais avec la précision de l'onde électromagnétique (pas de photons), énoncé approximatif

On considère un conducteur parfait de surface S avec une Onde Plane Progressive Monochromatique (OPPM) polarisée rectilignement incidente normalement. Déterminer la force exercée sur la voile.

Déroulement et indications

Je commence par faire l'analogie avec des solides et la conservation de la quantité de mouvement, puis regarde les ondes réfléchies.

On prend \vec{E} selon \vec{u}_y , \vec{B} selon \vec{u}_z et pour $x > 0$ on a le conducteur, avant du vide.

On a pour \vec{E} l'onde incidente et réfléchi, par relation de passage d'amplitudes opposées (pas de charge surfacique), puis pour \vec{B} on utilise la relation de structure $\vec{B} = c\vec{u}_x \wedge \vec{E}$ (que j'écris initialement n'importe comment, corrigé par l'examinateur mais encore fausse ensuite, à la fin ne trouvant pas le bon résultat elle est corrigée) et ainsi on trouve un courant surfacique $\vec{j} = 2\frac{\vec{E}}{c\mu_0}$ par relations de passage. On a une force de Laplace $d\vec{F} = id\vec{l} \wedge \vec{B}$ mais ici elle est surfacique. L'examinateur tente de me faire faire de l'analyse dimensionnelle pour trouver une force surfacique $d\vec{F}_S = \vec{j} \wedge \vec{B}$. On a un B^2 qui donne bien avec un \cos^2 une valeur moyenne de $\frac{1}{2}$ (j'avais avant travaillé en amplitude pour j donc j'avais un simple \cos pour la force ce qui est absurde). On a finalement $\vec{F} = 2S\varepsilon_0 E^2 \vec{u}_x$.

Il reste une minute, l'examinateur me demande ce qui se passe si l'onde incidente n'est pas normale, je réponds qu'il faut projeter comme pour la méca et il développe ça.

La ligne 4 est pleine de surprises (signal d'alarme porte d'Orléans) donc il faut partir en avance.

L'examinateur pose les bonnes questions pour faire avancer, ne laisse pas le silence s'installer. Il corrige les erreurs si nécessaire.

J'ai pu finir mais le démarrage a été lent (pour poser \vec{E} puis avancer).

Par ailleurs l'expression proposée en LSR50 est fausse (pas la bonne dimension, il faudrait un c^2 pour une force surfacique).

LSR.38 Fil pesant

LSR-23-405

On considère un fil de masse m et de longueur l dont l'un des bords O est fixé et l'autre est libre. Étudier le mouvement du fil (a priori on le lâche tendu d'un angle θ_0 par rapport à la verticale mais je ne suis pas sûr que les conditions initiales soient importantes).

Déroulement et indications

1. Tout d'abord, l'examinateur m'accueille avec 15 minutes d'avance par rapport à l'oral ce qui fut surprenant et m'explique les modalités de l'oral.
2. Ensuite, il me donne l'exercice sur feuille et me laisse quelques instants pour me l'approprier. J'introduis pour commencer, comme dans tout bon exercice de méca, le référentiel (ici galiléen) et le système. Et viens aussi la question de la base de projection. Au début, je vais me placer dans la base cylindrique de centre O . Puis, je fais l'hypothèse que le fil est homogène, pour considérer sa masse linéique et m'intéresser à des petites tranches.
3. Là, j'entame ce qui, je vais me rendre compte plus tard, n'est pas exactement le bon exo, soit la résolution du pendule pesant. Donc avec un PFD, j'ai des équations sur les forces de tension internes sur une portion infinitésimale (pendant cette partie, il me demande de reprouver l'expression de l'accélération en coordonnées cylindriques). Cependant quand j'écris mon TMC, il m'interrompt. Il me demande ce qu'est J son expression pour un fil la preuve de cette expression (j'ai donc répondu ce que je savais en ne considérant pas le fil souple et il acquiesçait sur ce que je disais, mais il me faisait comprendre que j'utilisais une hypothèse que je ne devais pas utiliser). Il me demande également les hypothèses d'application du TMC et là je lui donne toutes les hypothèses que je connais sur O (fixe dans le référentiel galiléen, $O = G$, ou $\vec{v}_O \parallel \vec{v}_G$) mais ce n'est pas ce qu'il attend.
4. Il s'ensuit une discussion longue et pleine de blanc à base d'exemples peu clairs (vraiment peu clairs) pour me faire comprendre que le solide sur lequel j'applique le TMC doit être indéformable. Je réalise alors que le fil peut être souple et donc que J est variable et que mes projections de mon PFD sont fausses... Donc il faut recommencer l'exo... Cette fois-ci je me place dans la base de Frenet qui, j'espère, est adaptée. Je donne l'expression de l'accélération dans cette base, il me demande de la redémontrer. Au début j'ai un petit blanc et il m'assure (en vérifiant) que c'est au programme. J'ai encore des doutes mais soit. Ne me laissant pas entraîner dans les calculs, j'introduis l'abscisse curviligne et fait un schéma en introduisant le cercle associé au rayon de courbure. J'explique ce qu'il se passe en dérivant. Il acquiesce et semble content. Je projette (après m'être trompé sur ma base de Frenet sur mon schéma) afin d'obtenir des expressions du rayon de courbure d'une tranche, des forces de tension internes... (enfin de recommencer ce que j'ai fait avant mais en espérant que ce soit bon) et il me dit que l'oral s'arrête là.

L'examinateur était assez distant, pas très bavard et me laissait souvent discuter seul. Parfois, il me disait qu'il y avait une erreur et assez rapidement, je la trouvais et la corrigais. Il m'a posé de redémontrer des expressions du cours à plusieurs reprises pour vérifier que je maîtrisais

les concepts sous-jacents (typiquement les hypothèses du TMC que j'ai cité dans le déroulé où il fallait expliquer de quels calculs ils venaient) et je pense m'en être plutôt bien sorti sur le niveau discussion physique.

Après pour ce qui en est de la prestation orale, je dirais que c'est un peu plus mitigé dans le sens où chaque fois que j'avais, l'erreur que je faisais me faisait recommencer l'exo du début.

LSR.39 Condensateur sphérique

LSR-23-502

On considère un condensateur sphérique composé de deux parties : une boule conductrice de rayon R_1 et une sphère conductrice de rayon R_2 tels que $R_1 < R_2$.

1. On considère dans un premier temps que la sphère et la boule sont concentriques, calculer la capacité du condensateur formé par les deux conducteurs. Commenter dans la limite $R_1 \rightarrow R_2$.
2. On considère désormais que la distance entre les centres respectifs de la sphère et de la boule est $s \ll R_1$. Déterminer la capacité du condensateur.

Déroulement et indications

1. Je suis parti de la formule $Q = CU$. J'ai supposé que la boule a une charge $+Q$ et la sphère une charge $-Q$. De plus, je suis parti du principe que la distribution des charges était telle que l'on a une symétrie sphérique. En appliquant le théorème de Gauss, j'ai déterminé l'expression du champ électrique entre la boule et la sphère en fonction de Q . J'ai ensuite intégré entre $r = R_1$ et $r = R_2$ pour avoir la différence de potentiel U entre les deux conducteurs. On obtient $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$.
2. Cette question m'a posé bien plus de difficulté. J'ai d'abord essayé de calculer les champs dus à la sphère et à la boule pour les superposer, l'examinateur m'arrête et me fait dessiner les lignes de champ dans la région entre la boule et la sphère. J'ai constaté que le champ n'était plus radial.

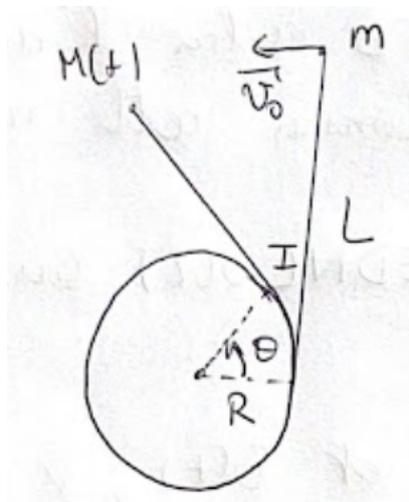
Une dizaine de minutes avant la fin, l'examinateur me pose une dernière question : comment se comporte une charge ponctuelle initialement sans vitesse à l'intérieur d'une sphère chargée uniformément ? Je lui réponds que la charge n'est soumise à aucune force car le champ électrique à l'intérieur d'une sphère chargée uniformément est nul, mais je ne vois toujours pas où est-ce qu'il voulait en venir.

J'ai traité la première question très rapidement, ce qui m'a mis en confiance. La deuxième fut un raté complet et a absolument détruit toute confiance que j'ai pu gagner à la première question et plus encore. Il faut dire aussi qu'un examinateur peu loquace ne facilite pas la tâche.

LSR.40 Corde sur un cylindre

LSR-23-503

On considère une masse m au bout d'un fil inextensible, sans masse de longueur L qui s'enroule autour d'une bobine de rayon R . On néglige la gravité.



1. Le fil reste-t-il tendu au cours du mouvement ?
2. Au bout de combien de temps le fil s'est-il totalement enroulé ?
3. Donner la loi $\theta(t)$.

Déroulement et indications

Je commence par une analyse qualitative et donne une idée du résultat par analyse dimensionnelle. Je définis un système de coordonnées polaires mais l'examineur me suggère de considérer le mouvement du point I . Cela facilite les calculs.

J'écris le PFD selon l'axe orthogonal à T pour éliminer cette inconnue.

On a une EDNL sur θ qu'on peut résoudre.

On trouve τ et $\theta(t)$, je commente puis l'oral prend fin

LSR.41 Chute d'une tour

LSR-23-506

Lorsqu'une tour s'écroule et se casse, on remarque qu'elle se casse toujours au même endroit. Pourquoi ?

Déroulement et indications

J'ai déjà fait cet exo en colle en sup avec M. Devulder mais cela ne veut pas dire que je sais le faire. Je me rappelle de quatre choses : la tour se casse à $1/3$, TMC, deux systèmes, PFD là où elle se casse. Je commence à faire le TMC sur le système (au début je le faisais en un point et l'examineur me demande si on ne peut pas plutôt le faire sur un solide, comme je ne fais pas SI je me sens très peu à l'aise avec la méca du solide mais j'écris $J_z \ddot{\theta} = \text{moment des forces projeté sur } \vec{u}_z$ et il a l'air content). Il me demande la dimension de J_z . Par analyse dimensionnelle, c'est $m^2 \text{kg}$. Si m est la masse de la tour (modélisée par une tige dont la masse est répartie uniformément) et h sa hauteur, l'examineur me dit qu'ici $J_z = \frac{1}{3} m h^2$. J'obtiens $\ddot{\theta} - \frac{3}{2} \frac{g}{h} \sin(\theta) = 0$. On s'intéresse au début du mouvement donc on peut linéariser. Je multiplie par $\dot{\theta}$ pour obtenir les énergies. L'examineur me fait placer un point de la tour à distance r du sol et me dit de considérer deux systèmes : la partie haute et la partie basse. Je dis que la tour va se casser à cause du couple qu'exerce le système du haut sur le système du bas. L'examineur me fait écrire toutes les forces qui s'appliquent. Je commence à calculer un couple mais ce n'est pas le bon. Il me dit qu'il faut étudier les autres forces pour en déduire le couple et que la tour ne se casse pas forcément (si le matériau est solide), c'est pourquoi on regarde en tout point. Je comprends alors qu'on cherche le r où le couple est maximal. Si la tour se casse, elle se cassera pour ce r . L'oral est terminé et l'examineur m'explique qu'ensuite il faut faire un PFD au système du bas et étudier de nouveau le système complet pour trouver la composante tangentielle de la réaction du sol.

Examineur très sympathique et qui m'aidait. Je pense que je n'ai pas été très efficace mais ça aurait pu être pire vu que c'est Physique LSR. Sachant que je l'avais déjà fait en colle, je regrette de ne pas l'avoir revu car j'aurais été bien plus rapide, mais on ne peut pas deviner sur quoi on va tomber.

LSR.42 Potentiel de Yukawa

LSR-23-508

$$V(M) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} e^{-\frac{r}{a}}, q > 0, a > 0.$$

Discuter.

Déroulement et indications Très content en voyant l'énoncé (même s'il paraît bien rachitique...), je connais c'est le potentiel de Yukawa. Je lui dis que ça va modéliser un atome et que pour étudier ça on va regarder la charge contenue dans des boules de rayon r . Il me dit presque rien et je fais le calcul une première fois avec le théorème de Gauss. Je trouve un champ qui tend vers 0 en $+\infty$, donc je dis qu'on est satisfait puisque V tend vers 0 en $+\infty$. Gros problème : je trouve qu'en 0 on a une charge -, parce que j'ai oublié le - quand j'ai fait $-\text{grad}(V)$, et il me l'a pas fait remarquer (je pense qu'il était trop occupé à somnoler). Bref je me dis que c'est louche mais avant qu'on en discute il me dit qu'on va voir si on peut pas faire le calcul d'une autre manière. Je lui dis qu'avec Maxwell-Gauss on peut trouver ρ puis calculer mais qu'en soi ça revient au même. Il m'oriente vers un calcul direct avec le potentiel ? Bref on part sur l'équation de Poisson, je m'enflamme en disant que le Laplacien va juste être une dérivée seconde, il me remet à ma place en me donnant la formule : $\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (r^2 \frac{d}{dr} V)$. Je calcule en refaisant l'erreur de signe avec $-\rho$ à la place de ρ (je me retrouve avec la même erreur qu'avec le théorème de Gauss mais pas de la même manière, c'est quand même très fort de ma part franchement...). Calcul un peu long mais on trouve pas le même $Q(r)$. Je me dis qu'il y a peut-être une erreur, il ne dit rien. Puis je remarque que le terme en plus correspond juste à un $-q$, donc je me dis que peut-être on a ici calculé

$Q(r)$ uniquement pour le nuage d'électrons, mais j'ai le malheur de ne pas le dire à l'examinateur (ou du moins de ne pas assez le souligner), donc il me laisse 10min sans rien dire alors que je cherche une erreur qui n'existe pas (peut-être qu'elle existe mais j'avais pas l'impression). Au bout des 10min il dit qu'il est perdu et qu'il sait pas trop (le correcteur est pas censé avoir le corrigé sous les yeux normalement?). Bref il a l'air tout autant paumé que moi et me fait enfin remarquer l'erreur avec le $-\overrightarrow{\text{grad}}(V)$ (au bout de facilement 25 min, le temps de se réveiller de la sieste j'imagine) en me faisant regarder le potentiel au voisinage de 0 (ce que j'aurai du faire au début en soi...). Bref je corrige toutes les erreurs, on discute un peu sur ce que ça modélise : le champ que va ressentir un électron plus loin du centre va être plus faible puisqu'il sera couvert par ceux des autres, et l'oral s'arrête.

Résultats : Avec le théorème de Gauss, on trouve :

$$Q(r) = qe^{-\frac{r}{a}} \left(1 + \frac{r}{a}\right)$$

Avec l'équation de Poisson, on trouve :

$$Q(r) = qe^{-\frac{r}{a}} \left(1 + \frac{r}{a}\right) - q$$

Je pense que la subtilité, c'est qu'avec le théorème de Gauss on compte aussi le potentiel du noyau, tandis qu'avec l'équation de Poisson on ne considère que le nuage d'électrons autour du noyau (c'est ce que je lui ai dit mais vu qu'il ne confirmait ni n'infirmais et préférait plutôt répéter la question, je ne suis pas super sûr de ce que j'avance).

Examinateur qui ne voulait sûrement pas être là. Aucun sourire pendant l'oral, mais quand je suis sorti il avait l'air d'être l'homme le plus heureux du monde. Il semblait perdu, je pense qu'il n'avait pas prévu le calcul par l'équation de Poisson (ou par le théorème de Gauss, un des deux), ce qui explique peut-être pourquoi il n'arrivait pas à me suivre (ou alors il avait juste la flemme). L'exo était vraiment pas dur et j'ai fait des erreurs franchement évitables, surtout que je connaissais déjà, donc je ressors assez frustré de l'oral.

LSR.43 Force centrale

LSR-23-509

Proche de 2022/LSR.46

On considère un champ de force centrale

$$\vec{F} = -\frac{k}{r^n} \vec{u}_r$$

avec O fixe dans un référentiel galiléen et $\vec{u}_r = \frac{\overrightarrow{OM}}{\|\overrightarrow{OM}\|}$

1. Orbite circulaire?
2. Stabilité?
3. Mêmes questions si

$$\vec{F} = -\frac{k}{r^2} \exp(-ar) \vec{u}_r$$

LSR.44 Dipôle et Cercle

LSR-23-511

On considère un cercle de rayon R chargé linéiquement λ , d'axe Oz et un dipôle électrostatique $\vec{p} = p\vec{u}_z$, astreint à se déplacer selon Oz . Position d'équilibre? Stabilité? Pulsation des petites oscillations?

Déroulement et indications

1. Je commence par dire qu'on doit calculer le champs sur l'axe du cerceau, je discute des symétries, on doit nécessairement avoir $\vec{E} = E(z)\vec{u}_z$, puis je dis qu'on a pas assez de symétrie pour faire le théorème de Gauss et qu'on va donc utiliser l'intégrale de Coulon. Elle se calcule bien, et une fois le résultat, je commente la forme du champs, en disant que très loin du cerceau, le champs est équivalent à une charge ponctuelle Q tels que $Q = 2\pi R\lambda$ et donc que c'est cohérent.
2. Je donne l'énergie potentielle d'un dipôle dans un champs extérieur \vec{E} , $E_p = -\vec{p} \cdot \vec{E}$, qui se calcule facilement. $E_p = K \frac{-z}{(r^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$ où $K \geq 0$. Je calcule la dérivée puis je trouve 2 points d'annulations, symétriques autour de 0, je dis que c'est cohérent étant donné que le champs est lui même symétrique. Je trace E_p , je trouve que la position positive est stable et la négative est instable. Il me demande d'expliquer, je lui dit que si l'on revient à deux charges très proches, les positions d'équilibres correspondent à l'équilibre entre l'attraction de la charge - et la répulsion de la charge +. La solution

positive est stable car si l'on se déplace un peu, disons vers le haut, le champs repousse moins la charge + comparée à la charge - ; et donc, on aura tendance à revenir. tandis que pour la position négative, si l'on déplace un peu, disons vers le bas, le champs va plus repousser la charge + qu'elle n'attire la charge moins (car le + est plus proche) on aura donc tendance à s'éloigner.

3. Il me demande pourquoi la position ne dépend ni de p ni de λ , je lui répond que toutes les équations sont linéaires en ces variables, et que celles-ci jouent donc un rôle sur l'intensité du champs et de l'énergie mais n'influent par sur le moment où la force s'annule, qui est quand la dérivé de E_p s'annule, qui est linéaire en p et λ . Doubler p signifie doubler la force, mais si elle est nulle, et bien ca ne change rien.
4. Pour la pulsation, je dérive E_p pour avoir la force mais je laisse les deux fractions sans le mettre sur dénominateur commun rendant le DL plus compliqué. On a pas le temps de finir, mais j'explique que ω est croissant de p et λ , et qu'on pouvait s'y attendre étant donnée que ces paramètres régulent l'intensité du champs.
5. Il me demande ensuite ce qu'il se passerait si le \vec{p} n'était plus selon Oz , je lui répond que tout pareil à l'exception d'un cosinus qui viendrait se rajouter, qui déterminera la position d'équilibre stable selon son signe, et qu'il faudra aussi prendre en compte un couple qui ramènera \vec{p} selon (Oz)

C'était sympa, l'exo était nul mais j'avais peur de tomber sur de l'optique.

LSR.45 Perle sur un cerceau

LSR-23-512

Proche de 2022/LSR.51

On considère un point de masse m se déplaçant librement sur un anneau de rayon R . On fait tourner cet anneau comme dans la pub de free selon un axe vertical passant par le centre de l'anneau, à la vitesse angulaire ω_0 .

Déterminer les positions d'équilibre de la masse m , et étudier leur stabilité. Tracer ces positions en fonction de $|\omega_0|$.

Déroulement et indications

C'est un classique. Cet exercice peut se faire par le pfd, ou par l'énergie. J'ai utilisé le pfd, mais c'est plus simple en énergétique. L'examinateur n'est pas intervenu dans ma démarche, à part lorsque j'ai commencé à chercher une erreur dans un calcul qui ne tournait pas rond.

Lors des 5 dernières minutes, nous avons discuté rapidement de rupture spontanée d'équilibre (ou bifurcation), et de système chaotique.

LSR.46 Aimant dans un tube de cuivre

LSR-23-513

On considère un tube cylindrique vertical de cuivre, d'épaisseur e et de rayon intérieur $a \gg e$.

On lâche un aimant verticalement dans le tube. On considère que le tube est de longueur infinie.

Discutez du mouvement de l'aimant.

Déroulement et indications

Je demande à l'examinateur si on considère que l'aimant frotte avec le tube, il me répond que non.

Je parle de moment magnétique, je donne le champ B en sphérique créé par l'aimant. Je considère un circuit qui fait le tour du tube à une altitude h constante, et je note z l'altitude de l'aimant, avec l'axe Oz orientée vers le bas.

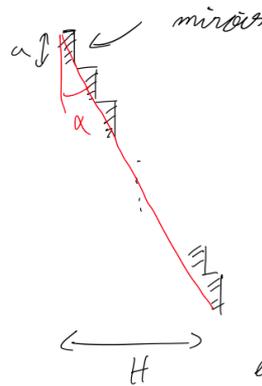
J'essaie de calculer le flux à la spire, mais ça a l'air compliqué en calcul. L'examinateur me demande si je ne peux pas trouver une surface plus intéressante : je prends donc une surface qui correspond à une partie de sphère. Je calcule le flux à travers cette surface, ce qui me prend un peu de temps à cause d'une erreur de calcul qui me donne un flux nul. Enfin, j'en déduis la f.e.m induite.

L'examinateur me demande comment avoir l'intensité i dans la spire. Comme on a aucune information sur la résistance, je me lance dans les puissances en utilisant $P_{laplace} + P_{fem} = 0$. Malheureusement, la force de Laplace est très longue et compliquée à calculer. Après quelques calculs, il ne me reste plus de temps.

Examinateur sympathique qui réagit à ce que je dis, et me ramène dans le droit chemin si besoin. Malheureusement, il attendait à ce que je parle de conductivité du matériau plutôt que de passer par les puissances. Il m'indique que c'est le calcul de la force de Laplace qui est compliqué, ce pourquoi je ne trouvais pas.

J'étais censé trouver à la fin une force de Laplace proportionnelle à z , donc un frottement fluide. Il me dit qu'il aurait aimé que j'explique pourquoi l'aimant va ralentir au début de l'oral, chose que j'aurais du faire...

LSR.47 Réseau blazé



On suppose $a \ll \lambda$. On a N miroirs éclairés en incidence normale. Déterminer l'intensité résultante à l'infini en fonction de paramètres pertinents.

Déroulement et indications

Examineur pas très aimable qui posait beaucoup de questions peu compréhensibles et perturbantes.

LSR.48 Condensateur

On s'intéresse à un condensateur constitué de 2 disques se faisant face. Déterminer le champ électrique entre les plaques.

Déroulement et indications

Je commence par faire un schéma et introduire des grandeurs pertinentes : la distance e entre les plaques, le rayon R des disques, la densité surfacique de charge σ pour une plaque et $-\sigma$ pour l'autre.

Je dis que si $e \ll R$, on est ramené à la détermination du champ entre 2 plans infinis et il me demande de le calculer (cf cours). Ensuite il me dit qu'on rajoute un courant I sinusoïdal et me demande ce que cela va faire sur le champ. Je m'emmêle un peu les pinceaux mais il attendait juste que je dise qu'on obtient un champ variable sinusoïdal aussi. Il me demande ce qu'il se passe si on augmente vraiment fortement la pulsation. Je ne comprends vraiment pas où il veut en venir mais il finit par me faire deviner que l'ARQS n'est plus valable, on ne peut donc pas considérer les plaques comme infinies.

Je propose alors de calculer le champ sur l'axe (cours) afin ensuite d'essayer le champ proche de l'axe (exo vu en cours) mais cela ne lui convient pas.

Il m'oriente vers les équations de Maxwell et on remarque alors qu'il y a maintenant un champ magnétique à calculer aussi. Je le calcule à l'aide du formulaire, et en négligeant, après discussion, la composante radiale du champ électrique.

On applique en fait la méthode perturbative : après le calcul de B , je calcule E à l'ordre suivant et lui dit qu'on peut recommencer le procédé.

L'oral touche à sa fin. Il me dit qu'il avait fait l'exercice autrement, en posant l'onde électromagnétique sous forme stationnaire et en obtenant alors une équation différentielle du type $e''(u) + \frac{1}{u}e'(u) + e(u) = 0$ (pas sûre du signe) où e est la partie spatiale de l'onde et $u = \frac{wr}{c}$. Il me demande si j'ai une idée pour résoudre cette équation. Je lui propose une méthode avec une série entière et il acquiesce. Il me fait remarquer, en pointant mes résultats avec la méthode perturbative, que B correspond aux termes impairs de la série entière que l'on obtiendrait et E aux termes pairs (peut-être l'inverse je ne sais plus).

Examineur assez neutre. J'ai quand même eu du mal à le comprendre à un moment et il a semblé perdre patience mais j'espère m'être rattrapée ensuite.

LSR.49 Surface libre

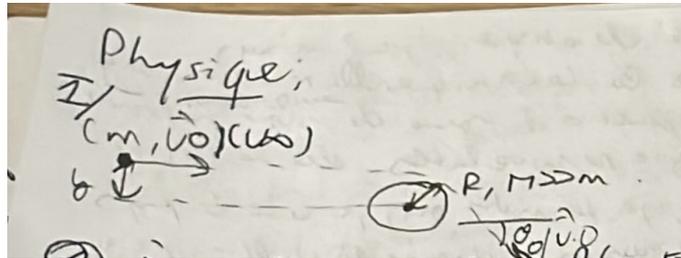
Déterminer l'équation de la surface libre de l'eau dans un tube en rotation à la vitesse angulaire ω .
Force subie par la paroi du bas du tube (due à l'eau et à l'air)?

II. Polytechnique épreuve de Physique

XP.1 Satellite, Diffusion de rutherford, Palet flottant

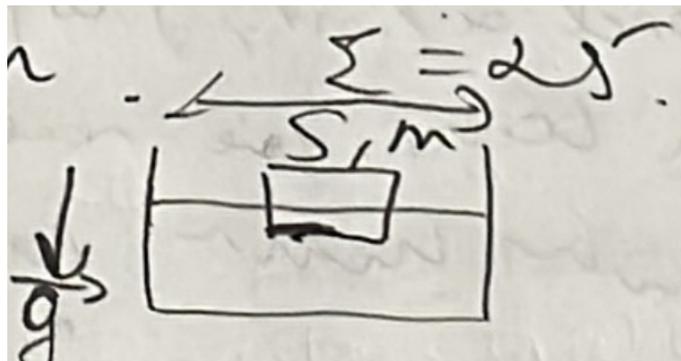
XP-23-104

Exercice 1



1. Soit un satellite considéré ponctuel de masse m , s'approchant à vitesse constante v_0 d'une planète de rayon R , de masse M très grande devant m . À quelle condition le satellite percute-t-il la planète? Il est possible d'introduire d'autres grandeurs.
2. À présent on se place dans le cas où la vitesse du satellite est très légèrement au dessus de la vitesse maximale calculée précédemment. Déterminer l'angle entre son vecteur vitesse final et son vecteur vitesse initial.

Exercice 2 (il reste environ 10 minutes) :



3. On considère un palet de masse m dans de l'eau (fluide incompressible de masse volumique ρ), dont la section est la moitié de celle du fluide. On appuie légèrement sur le palet, que se passe-t-il? (Calculer la période des oscillations).
4. (Discussion qualitative) : On réduit la section de l'eau. Qu'est ce qui change dans le modèle? Comment est dissipée l'énergie perdue?

Déroulement et indications

Exercice 1

1. On a déjà vu cet exercice, je sais comment le faire, mais je suis extrêmement lent. Pour la première question j'explique comment je vais procéder (approche énergétique) et mène lentement à bien sa résolution, j'hésite sur l'interprétation évidente de mon résultat (vitesse maximale v_m pour laquelle il y a collision). (Je dois introduire le paramètre d'impact y , que j'appelle "altitude initiale", il vient au tableau pour voir s'il a bien compris ce dont je parlais, c'était le cas)
2. Pour la seconde, je projette le PFD suivant la direction (y) (verticale), puis par séparation des variables on trouve l'angle voulu (cf. exercice fait en sup avec Mme Fanton). L'examinateur s'approche du tableau pour voir ce que je fait, je me pousse et veut lui expliquer, il me demande de continuer mes calculs. J'ai l'impression de faire une erreur de signe mais je n'en tiens pas compte. Il me demande d'étudier uniquement les cas extrêmes (v_0 proche ou très grand devant v_m) par approche semi-qualitative (je lui demande de préciser s'il veut un raisonnement qualitatif ou quantitatif). Alors après deux minutes je pense qu'il veut un DL dans mon expression, je tente une approche qualitative (que j'espère juste), il arrête l'exercice ici.

Exercice 2

- Je mets du temps à lui suggérer que ça oscille alors que je l'avais anticipé, il commence à m'expliquer que le palet va remonter puis je lui dit. Pour la période des oscillations j'applique le PFD, je veux écrire l'écart à l'équilibre pour faire apparaître un OH (cf. méthode Malek Kious) mais ça ne l'intéresse pas, il veut juste la période, je la lui donne.
- Je réponds succinctement à ses questions : les oscillations seront amorties (viscosité de l'eau), l'énergie est dissipée sous forme de chaleur.

Les énoncés sont entièrement donnés à l'oral, il me l'explique sur un schéma qu'il dessine lui-même. Je n'arrive pas à voir comment j'ai pu ne pas achever le premier exercice, alors que je n'ai eu besoin d'aucune aide et que je n'ai pas bloqué plus de 5 minutes (au moins mes calculs sont bien menés). Très peu de calculs dans le deuxième exercice, je ne sais pas comment formaliser la discussion qualitative. L'examineur parle peu, me laisse faire, fait ses schémas au tableau (j'arrive dans la salle avec un schéma prêt) et ne veut pas que j'efface le tableau à la fin. Il me souhaite bonne continuation.

XP.2 Atome dans un champ magnétique

XP-23-509

On considère un électron en orbite circulaire autour d'un proton. On allume un champ magnétique perpendiculaire au plan de l'orbite. On suppose que cela ne modifie pas le rayon de l'orbite.

- Donner la variation de vitesse de l'électron.
- Comment expliquer que la vitesse change si la force magnétique est toujours selon \vec{u}_r ?
- On considère maintenant que l'on est dans un matériau avec une densité volumique n d'électrons. Donner $\chi_m = \frac{\partial M}{\partial B}$
- Ce modèle rend-il compte de la réalité ?
- On a supposé que r est constant. Peut-on calculer sa variation pour vérifier cette hypothèse ?

Déroulement et indications

- On projete sur \vec{u}_r le PFD à l'électron quand il n'y a pas de champ magnétique

$$-mr\dot{\theta}^2 = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Puis avec le champ magnétique après le régime transitoire

$$-mr(\dot{\theta})^2 = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} - er\dot{\theta}B$$

On résout l'équation de degré 2 qui possède deux solutions. Je ne vois pas tout de suite laquelle il faut choisir donc je continue mes calculs sans choisir. Il me demande d'abord de regarder les ordres de grandeurs et on trouve que

$$\dot{\theta} \simeq \frac{eB}{2m} \pm \frac{v}{r}$$

Il me demande ensuite ce qui se passe quand B est petit. Il faut effectivement que cela soit continu donc $\dot{\theta} \simeq -\frac{eB}{2m} + \frac{v}{r}$

- On écrit $\vec{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$. Je donne une formule de B qui semble coller à son profil $B = B_f(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. En calculant la circulation de E sur un cercle de rayon r on trouve

$$E_\theta = -\frac{rB_f e^{-\frac{t}{\tau}}}{2\tau}$$

Alors en projetant le PFD sur \vec{u}_θ , puis en intégrant, on trouve

$$\dot{\theta}(t) = \frac{eB(t)}{2m} + \dot{\theta}(0)$$

3. On assimile les couples (protons, électrons) à des boucles de courant. Alors $m = I\pi r^2$ avec $I = -\frac{ev}{2\pi r}$. On utilise alors l'expression de la vitesse déterminée à la question précédente et on trouve

$$\chi_m = -\frac{nr^2 e^2}{4m}$$

4. Je parle de la non pertinence de la notion de position / vitesse en physique quantique. Il me demande alors comment on fait. Je ne sais pas trop, ça doit être compliqué... J'évoque la variation de la densité de probabilité (il s'est avéré qu'il attendait : on résout l'équation de Shrödinger).
5. Il me restait plus de temps. Je parle de la conservation de l'énergie mécanique sans beaucoup de conviction.

Examineur assez grognon et pas très bavard. Il m'a quand même gentiment corrigé quels erreurs et discuté de certaines hypothèses.

XP.3 Satellite, Diffusion de rutherford, Palet flottant

XP-23-203

On considère un électron en orbite, qu'on suppose circulaire de rayon R , autour d'une charge positive. On note v sa vitesse. On impose un champ magnétique orthogonal et uniforme qui commence nul et tend asymptotiquement vers une valeur B_0 .

1. Quelle est la variation totale de vitesse de l'électron ?
2. Justifier l'hypothèse qui dit que R est constant.

Déroulement et indications (Élève α) J'écris le principe fondamental de la dynamique en expliquant que je veux intégrer. Puis après je m'embrouille, n'arrive pas à calculer le champ électrique et écris pleins de bêtises. Il me dit après 30 minutes de silence de sa part de repartir de l'équation de Maxwell Faraday.

Il ne me reste que deux minutes pour la deuxième question. Je n'y arrive pas. Il efface mon tableau alors que l'oral n'est pas fini et que je suis encore en train de réfléchir et de tenter vainement de lui expliquer ce qui va se passer. Il réfute et me dit qu'il me libère.

Oral catastrophique. J'ai fait trop de confusions et je n'avais vraiment pas d'idées après les cinq premières minutes. Il ne m'a pas du tout aidé, sauf à la toute fin de l'oral, ce qui fait que je n'ai presque rien fait alors que l'exercice était plutôt abordable.

XP-23-101

Déroulement et indications (Élève β)

Il me donne l'exercice directement au tableau, avec la première question. Je réfléchis un peu, il me demande ce qui cause l'écoulement, je parle de poids et de pression, il est content. Je parle aussi de tension superficielle mais il m'indique qu'on ne s'en occupe pas.

J'écris donc le principe fondamental de l'hydrostatique, qu'il me demande de justifier. Ceci fait, j'écris ce qu'on obtient en appliquant dans l'eau, avec un axe Oz dont l'origine coïncide avec le fond du récipient. J'écris la loi des GP, je paramètre bien le système et après avoir justifié que le processus était isotherme je me lance dans un calcul partant du principe qu'il y a équilibre avec l'atmosphère un peu partout, ce qui rend h la hauteur finale indépendante de h_0 la hauteur initiale, c'est fâcheux. Il me demande ce que je calcule et quelles sont mes hypothèses, j'explique que c'est absurde mais ne comprends pas très bien pourquoi. Après un peu de réflexion, il me fait comprendre que l'écoulement a lieu tant que $P(z=0) \neq P_0$ (ce que j'avais supposé toujours vrai sans m'en rendre compte), je reprends alors mes calculs plus intelligemment et trouve $\Delta h = \frac{h_0 \rho g (H - h_0)}{P_0 + h_0 \rho g}$ (je crois). Je réponds ensuite aux questions qu'il me donne à l'oral, fin de l'oral.

Exercice plutôt sympathique mais pas évident à mon sens. Le phénomène étant causé par le gradient de pression sur un objet dont la taille est de l'ordre de la vingtaine de centimètres, il ne me paraissait pas clair qu'il ait lieu pour cette raison. J'ai été cependant rassuré quand l'ordre de grandeur de la variation était millimétrique (voir plus faible). J'estime avoir donné une performance plus que convenable même si ç'aurait pu être bien mieux.

Examineur assez neutre, plus agréable que désagréable. J'ai souvent discuté avec lui ce qui contraste avec certains retours que j'ai pu avoir des examinateurs de physique à l'X. Très peu d'indications effectives, il fallait que je dise ou demande moi même des choses pour obtenir des pistes ou indications.

XP.4 Oscillation d'un câble parcouru par un courant

XP-23-202

On considère un câble conducteur de longueur L , confondu à l'équilibre avec l'axe des x , fixé en O et L , tendu sous une tension T_0 . L'axe z est l'axe vertical et y complète le trièdre. Le câble est parcouru par un courant $I = I_0 \sin(\omega t)$ et baigne dans un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B_0 \vec{u}_y$.

1. Écrire l'équation des mouvements $z(x, t)$ autour de l'équilibre.
2. Que peut-on dire de cette équation ? Et de l'équation de d'Alembert en général ? Dans quels cas la retrouve-t-on ?
3. Déterminer les modes propres stationnaires.

Un oral qui commence un peu en retard, j'étais étonné. Examineur très chaleureux mais peu attentif, qui de toute évidence faisait autre chose. Par exemple, il n'a pas relevé certaines de mes erreurs de recopiage au tableau, j'ai dû les identifier moi-même et il fronçait les sourcils avant de confirmer. J'ai été assez peu lucide sur mes calculs à la fin, n'ayant jamais explicitement traité le cas $k = 0$ qui était le seul vaguement clair. L'examineur n'a pas donné d'indices véritables sauf un peu dans les questions de la fin.

Déroulement et indications (Élève α)

1. Je retrouve d'abord l'équation de D'Alembert pour la corde vibrante seule.
2. Je rajoute ensuite les effets de l'intensité sous la forme de la force de Laplace dans le PFD. On a une équation de D'Alembert avec un terme en $\cos(\omega t)$.
3. Il valide l'équation et me demande les solutions stationnaires. Je fais un peu n'importe quoi, il me dit des choses peu utiles. Je me reprends mais je fais des erreurs de calculs et trouve une solution divergente. L'examineur vient alors au tableau pour me donner la forme des solutions ($y(t) = C \sin(\frac{\pi x}{L}) \cos(\omega_0 t)$) sans avoir lu ni écouté mes calculs (il a juste réagit quand je lui avais dit "points fixes donc on cherche les solutions stationnaires" et "conditions aux frontières").
4. Je remplace y dans l'équation d'onde par cette expression. Il me demande alors de chercher les L et ω (sans doute veut-il dire ω_0) tels que c'est impossible. Et là commencent les vrais problèmes. J'applique en $x = L/2$ et trouve $\cos(\omega t) = 0 \forall t...$ Je l'écris bien grand sur mon tableau et je le lui dis mais il m'ignore et me demande à nouveau de quantifier les L et ω . Je suis troublée mais je décide de faire ce qu'il me dit et j'essaie des trucs sans succès.
5. Il me demande alors comment l'amplitude varie en fonction de ω et pour quels ω on a une amplitude est maximale i.e. on a une résonance. Je lui réponds que l'on est en $\cos(\omega t)$ donc on veut $|\cos(\omega t)| = 1$. J'essaie de préciser cette condition mais il décide de passer à autre chose.
6. Il reste encore 1 min et il me dit que l'on n'a pas pris en compte la résistance. Il me demande donc de dire quantitativement les effets de la résistance sur l'amplitude. Je réponds que ça influence la tension et qu'intuitivement, ça devrait diminuer l'amplitude. Il me demande enfin si cet effet est immédiat ou au cours du temps. Je n'en ai aucune idée donc j'invente quelque chose et l'oral est terminé.

Même exercice que Sacha Arroues

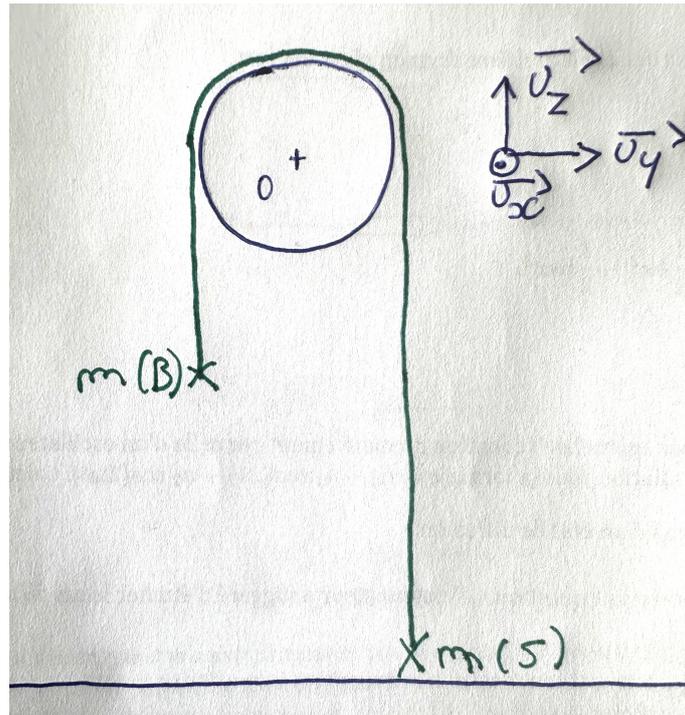
Examineur sympathique mais peu bavard et dont les quelques interventions n'ont pas été d'une très grande aide. J'ai été beaucoup trop lente sur les calculs et très peu efficace.

XP.5 Un singe qui veut rattraper ses bananes

XP-23-520

On considère une poulie sur laquelle on pose une corde. On place à une de ses extrémités un régime de bananes de masse m , à l'autre bout de la corde se trouve un singe de même masse m . On considère qu'il y a des frottements entre la poulie et la corde de telle sorte que cette dernière soit solidaire de la poulie lorsqu'elle tourne.

L'objectif est de savoir si le singe pourra attraper les bananes en montant à la corde.



1. On suppose dans un premier temps que la poulie a un moment d'inertie J . Le singe réussira-t-il à attraper les bananes ?
2. On néglige maintenant le moment d'inertie de la poulie et on suppose que le singe se balance légèrement tout en grim pant. La conclusion change-t-elle ?

Données Pas de données

Déroulement et indications (Élève α)

Examineur qui m'a semblait plutôt désagréable au début puisqu'après m'avoir laissé patauger et aller dans une direction totalement fautive, il m'a répété à deux ou trois reprises qu'il fallait que j'accélère puisque l'heure tournait. Il semblait plutôt satisfait lorsque j'ai effectivement commencé à accélérer, lorsque j'ai paramétré et effectué les calculs correctement. J'ai trouvé sympathique de pouvoir finir la deuxième question en discutant avec lui même si l'oral était fini puisqu'il aurait simplement pu me faire sortir sans avoir la solution.

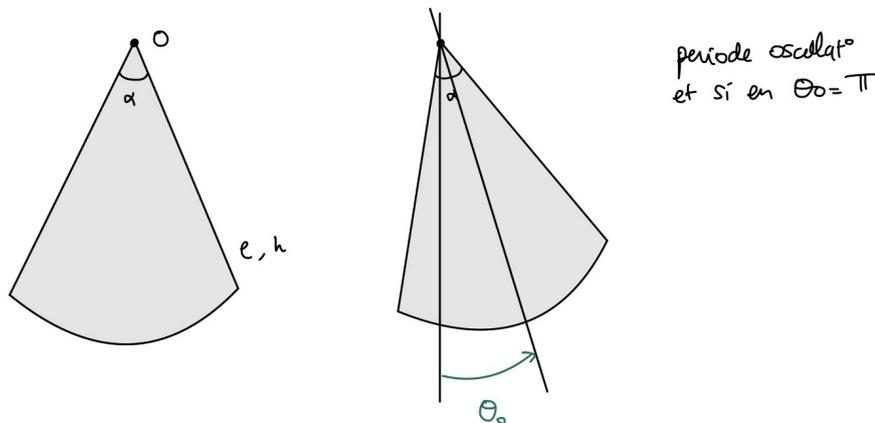
L'examineur n'intervenait pas beaucoup et j'ai perdu pas mal de temps sur le premier cas en voulant conclure trop tôt. J'ai donc l'impression de ne pas avoir fait grand chose.

XP.6

Pendule

XP-23-506

On éloigne une tranche de camembert d'angle α (ce n'était pas décrit comme cela, l'examineur m'a directement dessiné la figure) homogène en masse d'un angle θ_0 .



Déterminer la période des oscillations. Que se passe-t-il si $\theta_0 = \pi$?

Déroulement et indications

J'ai procédé avec le TMC, en calculant le moment d'inertie et le moment du poids en intégrant les volumes élémentaires. On retombe sur la même équation non linéaire que le pendule. On calcule $T/4$ avec une intégrale. Si $\theta_0 = \pi$ alors on obtient une intégrale qui diverge et cela s'explique par le fait que la position $\theta_0 = \pi$ étant une position d'équilibre, la part de camembert met un temps infini à tomber.

Déroulement et indications Le pivot est parfait, la part de pizza n'est soumise qu'à son poids. Je dis que la rotation donne envie d'appliquer le théorème du moment cinétique au point d'attache. Néanmoins, je fais remarquer que pour exprimer le bras de levier du poids, il nous faut calculer la distance du centre de masse de la part de pizza au point d'attache de celle-ci. Je dis que le calcul ne sera pas forcément agréable et qu'avant de me lancer, je vais chercher une solution plus simple. Je dis que comme on cherche une période, on peut simplement appliquer la principe fondamental au centre de masse et nous ramener au cas du pendule simple. L'examineur ne me répond pas mais je poursuis sur cette voie. J'arrive à un système d'équations classique. J'exprime la période sous forme d'une intégrale dont les bornes sont les angles extrémaux que l'on atteint, j'explique qu'ils dépendent de l'angle initial et donne plusieurs exemples d'états possibles en me rapprochant de ce qui est connu pour le pendule simple. Je fais remarquer une faute de signe qui fait que mon intégrale est mal définie. L'examineur parle pour la première fois, il me dit que mon accélération est fautive et que c'est un signe « + » devant le $r\dot{\theta}^2$ pour certaines valeurs de θ , ce qui n'est pas usuel. J'explique physiquement pourquoi c'est logique à l'aide de l'inertie, je veux refaire les projections des vecteurs polaires dans la base cartésienne pour voir d'où venait la faute, mais je me rends compte que l'examineur n'y accorde aucune attention, donc je m'interromps pour gagner du temps. Il me demande de justifier la bonne définition de mon intégrale. Je fais un dl et je compare aux intégrales de Riemann, il ne dit rien. Je demande si je dois calculer l'intégrale, il ne dit rien, je dis que je sais pas si elle est calculable à la main mais que je peux essayer avec des changements de variable. Je propose plusieurs changements de variable. Il y a un blanc puis il me dit qu'elle n'est pas calculable et qu'il voulait juste la forme intégrale. Il y a un seul équilibre stable, on compare rapidement les périodes des petites oscillations à celles du pendule simple selon que la longueur de celui-ci est plus ou moins grande que la distance entre le point d'attache et le centre de masse de notre système. L'exercice se termine sur des explications physiques du point précédent. Je n'arrive à donner que des arguments autour de l'expression intégrale du moment d'inertie, et je fais remarquer que ce n'est peut être pas assez physique. Il ne répond pas et me dit de considérer un gaz parfait dans une enceinte (exercice 2 de la planche).

Examineur à sympathie croissante à mesure que l'oral avançait. Au début, il ne parlait presque pas, à part pour me corriger ma faute de signe que j'avais remarqué moi-même. Il me laissait établir les équations et les expressions demandées toute seule et n'intervenait que lorsqu'il s'agissait d'avoir une discussion physique. De ce fait, l'oral était agréable bien que je ne sois pas sûre d'avoir été assez convaincante sur les arguments physiques.

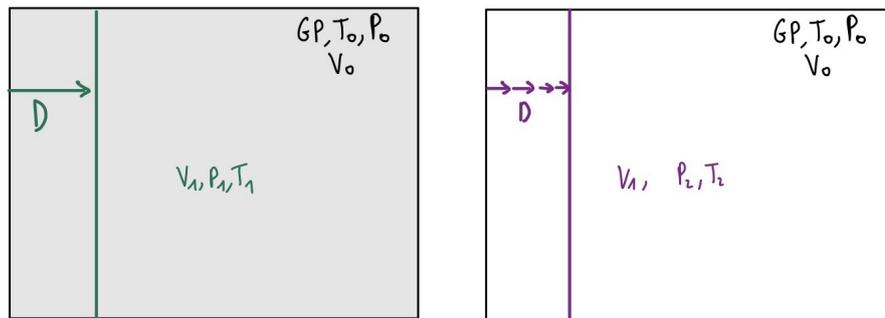
Thermo

XP-23-535

Une quantité de gaz assimilé à un gaz parfait est placée dans une enceinte calorifugée. On va procéder à deux expériences. Dans la première, on déplace rapidement une des parois de l'enceinte d'une distance D ce qui comprime le gaz (ce n'est pas comme

un choc non plus).

Dans la deuxième expérience, on déplace aussi une des parois de l'enceinte d'une distance D mais petit à petit en attendant à chaque petit déplacement l'équilibre (la paroi qui bouge reste calorifugée dans les deux cas).



Si $\text{mon } GP, T_f \text{ sera } > \text{ ou } <$

1. A-t-on le même état final dans les deux cas ?
2. Quelle est la variation d'entropie dans les deux cas ?
3. Calculer les pressions et températures finales dans les deux cas.
4. On ne suppose plus le gaz parfait. Dans le cas 1, par exemple, la température finale sera-t-elle plus ou moins élevée ?

Pour la dernière question, il est utile de se rappeler de l'équation d'état d'un gaz de Van der Waals et de la signification du covolume molaire

Déroulement et indications Dans le cas de la transformation infiniment lente, j'explique que celle-ci est adiabatique réversible (donc isentropique) et je détermine entièrement l'état final à l'aide des lois de Laplace.

Pour la deuxième, je dis que qu'il faut des hypothèses supplémentaires pour avoir l'état final. Je propose de supposer que la température ne change pas. L'examineur me dit que oui, à condition que je lui explique pourquoi on peut faire cette hypothèse. Je dis que le temps d'établissement de la température finale est très grand devant l'établissement des autres équilibres. Il ne me répond pas. Je dis que je vais faire les calculs en attendant de penser peut être à d'autres arguments. J'aboutis à des expressions pour chacun des paramètres en fonction des paramètres initiaux, des dimensions du récipient et de γ . L'examineur me demande de conclure. Je commence à comparer les expressions que j'ai obtenues mais il préfère des arguments physiques. On discute un peu de l'établissement de l'équilibre de température, ce qui nous permet de les comparer, et donc de comparer les pressions (les volumes finaux étant de toute manière égaux). L'oral s'arrête là, il me souhaite de bien réussir ma fin de semaine (alors qu'on était dimanche midi).

Examineur à sympathie croissante à mesure que l'oral avançait. Au début, il ne parlait presque pas, à part pour me corriger ma faute de signe que j'avais remarqué moi-même. Il me laissait établir les équations et les expressions demandées toute seule et n'intervenait que lorsqu'il s'agissait d'avoir une discussion physique. De ce fait, l'oral était agréable bien que je ne sois pas sûre d'avoir été assez convaincante sur les arguments physiques.

XP.7 Gravitation d'un plateau

XP-23-409

On suppose la Terre sphérique de centre O et on donne $\mathcal{G} = 6.67 \cdot 10^{-11}$ USI la constante de gravitation universelle, $R_T = 6370$ km, le rayon de la Terre et $G(R_T) = 9.81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ l'intensité de la gravitation terrestre en la surface terrestre.

On pose un plateau d'épaisseur $e = 1\text{km} \ll R_T$ de masse volumique $\mu = 2700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ sur la Terre (qui ne la recouvre pas totalement mais qui épouse sa courbure).

On note A le point au centre de la surface du plateau et on note l'axe (Oz) l'axe reliant O et A .

Déterminer l'écart relatif

$$\frac{G(R_T) - G(A)}{G(R_T)}$$

Déroulement et indications (Élève α)

1. Je commence par faire un schéma de la situation, en précisant le système, le référentiel (que j'ai choisi galiléen pour négliger les forces d'inertie) et les forces qui s'appliquent sur ce système. Je remarque également qu'on peut écrire deux contributions pour les forces s'appliquant en A : la force de gravitation terrestre et celle du plateau, les deux étant orientées selon l'axe (Oz) par définition et par symétrie.
2. Ainsi les normes vont s'ajouter et je peux mener deux calculs distincts des forces. Pour la première, il suffit de calculer $G(R_T + e)$ ce que je fais rapidement en l'exprimant en fonction de $G(R_T)$ et en faisant un DL car $e \ll R_T$.
3. Pour le deuxième calcul, en supposant que notre plateau soit d'une forme de type cylindrique ou parallélépipédique, je voulais au début calculer la part de gravitation d'un volume infinitésimal de coordonnées r, θ, z et intégrer pour obtenir une formule semblable à celle de Biot et Savard, l'intégrale étant bien calculable.
4. Cependant cela ne l'a pas convaincu, et il tentait de me donner des indications de comment simplifier le calcul mais ses indications n'étaient pas très claires. À un moment, il m'a fait tracer les lignes de champ du plateau en supposant que c'était un parallélépipède, ce que je fis. Je fis ensuite une analogie avec l'électrostatique, en parlant de champ créé par une charge négative.
5. Ensuite, il m'a fait faire l'hypothèse que j'avais des symétries suffisantes pour appliquer Gauss gravitationnel et que je pouvais négliger les effets de bord (il m'a également demandé de rappeler les analogies entre l'électrostatique et la gravitation pour appliquer ce théorème). Je fis donc le calcul en bafouillant un peu sur ma surface fermée mais obtient le résultat tout de même. Je remarque alors que dans ce résultat seul e intervient et aucune autre dimension du plateau n'a d'impact. Il me demande de justifier cela qualitativement ce que je fais un peu hésitant au début, puis un peu plus sereinement avec des symétries. Il me demande également si ma formule me fait penser à quelque chose, ce qui au début ne me paraît pas évident. Mais en utilisant les formules de passage de la gravitation vers l'électrostatique, j'obtiens $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ ce qui est bien un champ électrique, et je continue en disant que le champ uniforme aux petites distances me fait penser à un condensateur plan.
6. Je conclus en menant le calcul et en obtenant une application numérique. Il me dit alors ce que j'en pense (elle était de l'ordre de 10^{-4}), je dis que ça me paraît cohérent. Puis il me fait faire une analyse dimensionnelle (notamment celle de \mathcal{G}) pour justifier mon calcul, mais je n'ai pas le temps de la mener à son terme car il me dit que l'oral s'arrête là. Finalement, je ne sais pas si j'ai obtenu le bon résultat, car il n'a rien laissé transparaître.

L'examineur était globalement assez distant, ne parlant quasiment pas et n'étant pas très clair par moment.

Je pense tout de même avoir un peu réussi mon oral surtout grâce aux discussions physiques, mais c'est difficile à dire car il y a clairement eu des exercices plus compliqués qui ont été donnés cette année.

XP-23-515

Déroulement et indications (Élève β)

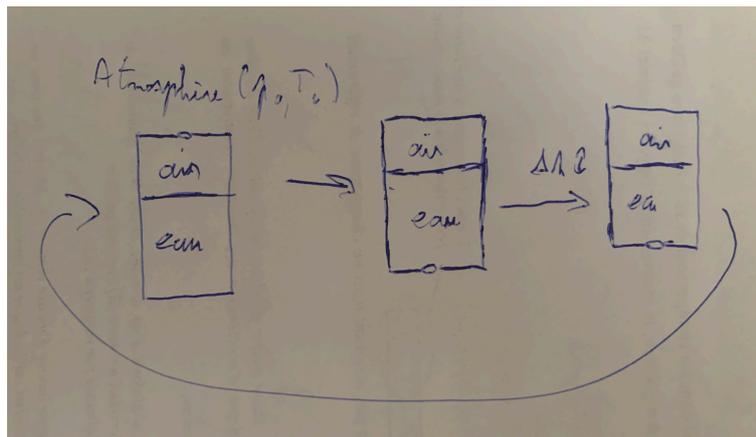
Discussion tout du long sur les approximations à faire et leur validité.

Même examineur que celui de Gabriel, ni méchant ni sympa. Il me donnait des indications quand je ne comprenais pas ce qu'il voulait ou quand j'avais un doute sur ce que je faisais (je n'étais sans doute pas assez confiant).

XP.8 Bouteille percée

XP-23-101

On considère un récipient percé d'un petit trou de diamètre de l'ordre de quelques millimètres en haut. On le remplit partiellement d'eau (supposée incompressible). Le tout est plongé dans l'atmosphère ambiante (P_0, T_0) (l'air est considéré comme un GP). On renverse le système et un petit écoulement a lieu, puis s'arrête.



1. Quantifier la hauteur d'eau Δh perdue lors de l'écoulement.
2. Calculer un ordre de grandeur, commenter.
3. Représenter $\Delta h(h_0)$ graphiquement, commenter. (h_0 est la hauteur initiale de l'eau)
4. Je crois qu'il y avait une suite dans laquelle on itère le processus en redressant le récipient et en le re-retournant.

Déroulement et indications

Il me donne l'exercice directement au tableau, avec la première question. Je réfléchis un peu, il me demande ce qui cause l'écoulement, je parle de poids et de pression, il est content. Je parle aussi de tension superficielle mais il m'indique qu'on ne s'en occupe pas.

J'écris donc le principe fondamental de l'hydrostatique, qu'il me demande de justifier. Ceci fait, j'écris ce qu'on obtient en appliquant dans l'eau, avec un axe Oz dont l'origine coïncide avec le fond du récipient. J'écris la loi des GP, je paramètre bien le système et après avoir justifié que le processus était isotherme je me lance dans un calcul partant du principe qu'il y a équilibre avec l'atmosphère un peu partout, ce qui rend h la hauteur finale indépendante de h_0 la hauteur initiale, c'est fâcheux. Il me demande ce que je calcule et quelles sont mes hypothèses, j'explique que c'est absurde mais ne comprends pas très bien pourquoi. Après un peu de réflexion, il me fait comprendre que l'écoulement a lieu tant que $P(z = 0) \neq P_0$ (ce que j'avais supposé toujours vrai sans m'en rendre compte), je reprends alors mes calculs plus intelligemment et trouve $\Delta h = \frac{h_0 \rho g (H - h_0)}{P_0 + h_0 \rho g}$ (je crois). Je réponds ensuite aux questions qu'il me donne à l'oral, fin de l'oral.

Exercice plutôt sympathique mais pas évident à mon sens. Le phénomène étant causé par le gradient de pression sur un objet dont la taille est de l'ordre de la vingtaine de centimètres, il ne me paraissait pas clair qu'il ait lieu pour cette raison. J'ai été cependant rassuré quand l'ordre de grandeur de la variation était millimétrique (voir plus faible). J'estime avoir donné une performance plus que convenable même si ç'aurait pu être bien mieux.

Examineur assez neutre, plus agréable que désagréable. J'ai souvent discuté avec lui ce qui contraste avec certains retours que j'ai pu avoir des examinateurs de physique à l'X. Très peu d'indications effectives, il fallait que je dise ou demande moi même des choses pour obtenir des pistes ou indications.

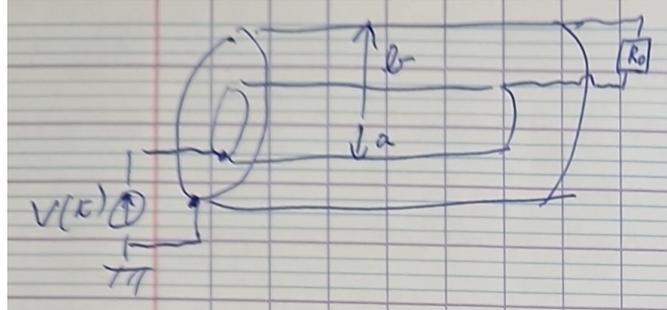
XP.9 Câble coaxial

XP-23-102

On considère un câble coaxial de longueur L , composé de deux cylindre creux, le cylindre intérieur étant de rayon a et le cylindre extérieur de rayon b . En $x = L$ les deux cylindres sont reliés par une résistance R_0 . Le potentiel du cylindre intérieur est $V(t)$ et le cylindre extérieur est relié à la masse.

1. Donner une condition pour pouvoir se placer dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires.

2. Calculer les champs \vec{E} et \vec{B} dans tout l'espace.
3. Calculer la puissance à travers une section du câble, commenter.



Déroulement et indications

1. Penser à comparer un temps caractéristique de propagation de l'information et un temps caractéristique de variations des champs.
2. Utiliser le théorème de Gauss et le théorème d'Ampère, on pourra appeler $Q(t)$ la charge du cylindre intérieur.
3. Calculer le flux du vecteur de Poynting à travers une section, comparer à la puissance dissipée par effet Joule.

Après m'avoir annoncé qu'on allait commencer dans cinq minutes, je vois l'examineur faire des allers-retours au bout du couloir, cherchant désespérément un ami qu'il n'a pas trouvé pour partager un café. Il me donne ensuite l'exercice et me laisse réfléchir. Je commence à parler, il me demande des explications complémentaires lorsqu'il en souhaite ou m'aide à me rattraper lorsque je me trompe. Il ne voulait pas particulièrement parler mais est intervenu à chaque fois que cela était nécessaire. L'oral était plutôt agréable.

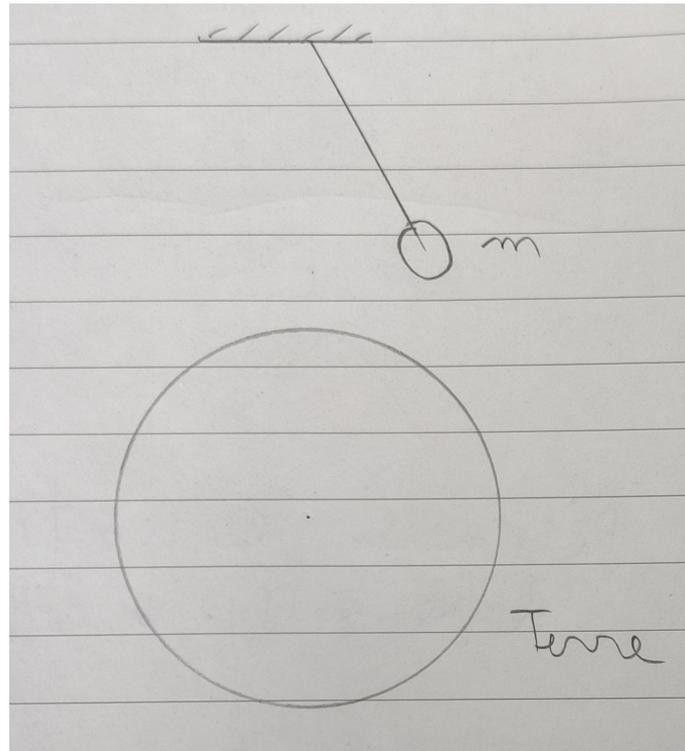
XP.10 Réflexion d'une onde plane

XP-23-103

Exercice 1 On considère une onde électromagnétique $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx) \hat{z}$ qui se réfléchit en incidence normale sur un miroir. Le champ électrique dans le miroir est nul et on pourra admettre la continuité du champ électrique. Donner l'énergie dans le vide.

L'énoncé a été écrit au tableau par l'examineur sans schéma.

Exercice 2 L'énoncé a été posé moins formellement. L'examineur m'annonce que nous allons faire une expérience de pensée. On considère un pendule de masse m flottant au-dessus de la Terre, et on cherche à déterminer sa période.



Déroulement et indications

Le premier exercice est très pauvre et est complètement inclus dans le cours. L'examineur a essayé de l'enrichir en posant des questions sur la polarisation du champ électrique (il m'a demandé ce que voulait dire une polarisation circulaire, j'ai fait le graphique avec E_x en abscisse et E_y en ordonnée, il m'a demandé ce que représentait ce graphique) et sur les discontinuités (Comment concevez-vous physiquement une discontinuité du champ électrique?).

La résolution du premier exercice et la discussion ont duré 40min donc je n'ai pas eu le temps de réellement avancer sur le second. J'ai pu dire que l'on pouvait assimiler la Terre à un point matériel qui a la même masse pour la force gravifique, et ai essayé d'écrire les forces qui s'appliquaient au pendule, sans grand succès.

Rien de particulier à noter.

J'ai eu 15 à cet oral.

XP.11 Étude de l'influence de la lumière solaire sur une poussière en orbite ^{XP-23-107}

On considère une poussière en orbite autour du Soleil, et on se propose d'étudier l'influence de la lumière solaire sur la poussière en plus de la gravitation

1. Question de cours : donner la dépendance entre la vitesse et le rayon de l'orbite pour un mouvement Képlerien (ici pour la gravitation)
2. Étudier dans un premier temps l'effet de la lumière du Soleil sur la poussière, sans prendre en compte l'émission de radiations par la poussière
3. Reprendre la question précédente, en prenant cette fois en compte les radiations de la poussière

Données Pas de donnée particulière

Déroulement et indications

1. Pour la première question, j'écris la 3ème loi de Kepler, puis j'exprime la période de révolution en fonction de la vitesse. J'oublie dans un premier temps que la longueur de l'orbite dépend de son rayon, l'examineur me demande si je suis sûr, je corrige mon expression. on obtient v proportionnel à $\frac{1}{\sqrt{a}}$, où a est le rayon de l'orbite. je me rends compte après l'oral que des considérations énergétiques auraient permis d'obtenir le résultat plus directement.

- Je ne vois pas trop comment partir au début (et je ne me souviens plus de l'expression de la pression de radiation, qui m'aurait bien servie ici), et après un temps de réflexion, je commence à raisonner sur l'impact d'un photon sur la poussière. Je mène lentement mes calculs, et en posant un taux de photons émis par unité de temps, j'arrive à un premier résultat à l'aide du PFD. Je suppose dans la suite que la poussière est une sphère de rayon d , ce qui me permet (en corrigeant quelques erreurs sur la dépendance de mes variables grâce à l'examinateur) d'exprimer l'accélération de la poussière en fonction des variables. On obtient que la force due à la pression de radiation est proportionnelle à $\frac{1}{d r^2}$ et dans le sens opposé de la force de gravitation. Avant de passer à la suite, l'examinateur me demande d'interpréter mon expression, en particulier l'influence de la taille de la poussière.
- L'examinateur me demande dans un premier temps si la poussière peut absorber la lumière solaire à l'infini. Je dis en hésitant que oui, mais je n'arrive pas vraiment à comprendre ce qu'il se passe. L'examinateur me fait comprendre en prenant l'exemple de son téléphone au soleil que la poussière va à son tour émettre des photons, et me demande d'étudier le phénomène. Je dis dans un premier temps que la poussière émettant dans toutes les directions, la contribution moyenne à sa quantité de mouvement est nulle, mais l'examinateur me fait remarquer que la poussière est ici en mouvement, et je comprends qu'il faut prendre en compte l'effet Doppler. J'ai ici un peu de mal à mener mes calculs, mais j'obtiens une force orthoradiale, de norme proportionnelle à $\frac{1}{r^{\frac{3}{2}}}$ et dirigée dans le sens opposé de la vitesse. L'oral se termine par une discussion avec l'examinateur pour analyser mon expression.

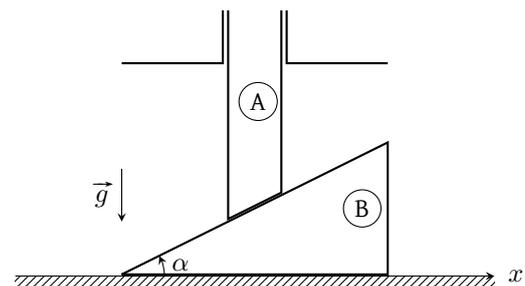
Examinateur réactif (ce qui est remarquable vu que mon oral était un dimanche à presque 18h), engage régulièrement une discussion physique et me débloque quand j'en ai besoin.

XP.12 Glissement de blocs

XP-23-201

On considère le dispositif ci-contre, vertical dans le champ de pesanteur \vec{g} . Les deux solides sont homogènes de masses respectives m_a et m_b . La liaison entre le plafond et le solide A est glissière parfaite.

- On suppose que les glissements se font sans frottement. Déterminer les accélérations de A , B en fonction de α , m_a et m_b .



On suppose que la liaison glissière entre le sol et le solide B se fait avec un coefficient de frottement (statique et cinétique) μ

- Déterminer μ_c pour qu'il y ait mouvement. Dans ce cas, déterminer la puissance perdue.

XP.13 Induction sur un électron

XP-23-203

On considère un électron en orbite, qu'on suppose circulaire de rayon R , autour d'une charge positive. On note v sa vitesse. On impose un champ magnétique orthogonal et uniforme qui commence nul et tend asymptotiquement vers une valeur B_0 .

- Quelle est la variation totale de vitesse de l'électron?
- Justifier l'hypothèse qui dit que R est constant.

Déroulement et indications J'écris le principe fondamental de la dynamique en expliquant que je veux intégrer. Puis après je m'embrouille, n'arrive pas à calculer le champ électrique et écris pleins de bêtises. Il me dit après 30 minutes de silence de sa part de repartir de l'équation de Maxwell Faraday.

Il ne me reste que deux minutes pour la deuxième question. Je n'y arrive pas. Il efface mon tableau alors que l'oral n'est pas fini et que je suis encore en train de réfléchir et de tenter vainement de lui expliquer ce qui va se passer. Il réfute et me dit qu'il me libère.

Oral catastrophique. J'ai fait trop de confusions et je n'avais vraiment pas d'idées après les cinq premières minutes. Il ne m'a pas du tout aidé, sauf à la toute fin de l'oral, ce qui fait que je n'ai presque rien fait alors que l'exercice était plutôt abordable.

XP.14 Gravité dans les cavernes

On constate qu'en allant dans des cavernes, le champ gravitationnel peut augmenter.

1. On modélise une planète de rayon R_T par une boule uniforme de masse volumique ρ_m , puis une épaisseur δ_r à ρ_s . Sous quelles conditions a-t-on $g(R_T - \delta_r) \geq g(R_T)$?
2. On modélise maintenant la terre comme une boule de masse volumique $\rho(r)$ variant continûment avec le rayon. Sous quelle condition a-t-on $\frac{dg}{dr}(R_T) < 0$?
3. À quelle condition a-t-on $\frac{dg}{dr} < 0$ pour tout r ?

L'examineur était très silencieux mais plutôt gentil.

Je ne suis pas mécontent de l'oral car j'ai tout fait moi-même, mais je suis allé lentement (comme d'habitude à l'oral, je suppose que je suis comme ça). J'oublie tout le temps votre conseil selon lequel on ne peut pas aller trop vite à l'oral. J'ai démontré Gauss gravitationnel alors que je le connaissais, je détaillais beaucoup les calculs. Bref, ce n'est pas grave, je suis satisfait de l'oral et suis content d'en avoir fini avec le plus gros coefficient de l'X.

XP.15 Chute d'un crayon

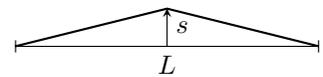
On considère un crayon, tige fine homogène de masse m , posé verticalement sur une table. Le coefficient de frottement sur la table est μ (statique et cinétique).

Le crayon commence à tomber. De quel côté glisse-t-il et à partir de quel angle ?

XP.16 Vibrations d'une barre

On a une barre horizontale, de longueur L et de tension constante f qui vibre dans l'air à la température T , selon la géométrie de la figure : s est la hauteur du point au milieu de la barre au cours de la vibration.

Déterminer $\langle s|s \rangle$ et $\langle s^2|s^2 \rangle$.



Déroulement et indications Je vois vite que ça va être un exercice qui mélange différents chapitres, donc d'abord je pense à de la physique statistique, mais aussi à de la mécanique.

Mes premières idées sont : modéliser les chocs de l'air, mais cela ne marche pas. Puis il convient de définir une énergie associée à une longueur s donnée.

Il me pose beaucoup de questions quant à ma compréhension du problème : quelle va être l'influence de la température. Je dis même en début d'oral que par symétrie $\langle s|s \rangle = 0$, et que $\langle s^2|s^2 \rangle$ sera proportionnel à la température ou du moins augmente quand T augmente.

Je perds du temps à considérer que l'énergie est l'énergie potentielle de pesanteur. En fait on a $s \ll L$. Donc je m'intéresse à l'énergie élastique : je la défini comme un travail de la force d'un opérateur qui viendrait tirer le fil de la position d'équilibre à la position s . C'est une succession d'états d'équilibre infinitésimaux : on connaît la norme de la force : il suffit de projeter car la tension du fil est constante. On trouve $E_e l \propto s^2$.

On déroule le cours de physique statistique (j'ai été plutôt lent sur cette partie), pour trouver $\langle s|s \rangle = 0$ et $\langle s^2|s^2 \rangle \propto \frac{T}{f}$, il me demande de commenter : c'est assez cohérent si l'on voit $\langle s^2|s^2 \rangle$ comme la valeur moyenne de la distance à 0.

XP.17

Masse sur un plan, force centrale

On dispose d'un ressort, de raideur k et de masse négligeable, posé sur une table horizontale. Un bout du ressort est fixé en un point, avec une liaison pivot parfaite, et l'autre attaché à un objet ponctuelle de masse m glissant sur le plan.

1. Déterminer les conditions pour que l'objet fasse une rotation circulaire autour du point fixe du ressort. Déterminer la vitesse \vec{v} correspondante.
2. Quel serait le mouvement si on fait une perturbation sur \vec{v} , c'est-à-dire avec $\vec{v} + d\vec{v}$ avec $\|d\vec{v}\| \ll \|\vec{v}\|$?

Parallélépipède dans un fluide

XP-23-213

Dans un récipient rempli d'eau, on considère un parallélépipède flottant. Le fluide ne déborde pas au cours des mouvements. Étudier le mouvement du parallélépipède.

Aucune donnée fournie, exercice ouvert.

Déroulement et indications Il me pose des questions qualitatives sur l'énergie et où elle est dissipée.

XP.18 Étude de l'ADN

XP-23-209

On considère une molécule d'ADN comme une échelle dans un milieu à la température T . Les barreaux représentent les liaisons hydrogène entre les deux brins. L'énergie de liaison est \mathcal{E}_0 . On considère que la molécule d'ADN se sépare comme une fermeture éclair, *id est* un barreau ne peut s'ouvrir que si le précédent l'est déjà.

1. Quel est le signe de \mathcal{E}_0 .
2. Quel est le nombre moyen de barreaux ouverts. Donner les limites pour $T \rightarrow 0$ et $T \rightarrow \infty$. Expliquer.

Examineur gentil, mais austère.

XP.19

Aviron

XP-23-210

On considère une yole (embarcation utilisée dans la pratique de l'aviron) dans laquelle sont situés n rameurs, chacun fournissant une puissance X à la yole. Le volume de la yole est g et la masse volumique de l'eau ρ .

1. Par analyse dimensionnelle, trouver une formule donnant la vitesse de la yole en fonction des paramètres du problème.
2. On considère que les particules d'eau conduisent à des chocs élastiques avec la yole. Justifier la formule obtenue à la question précédente.

Aucune donnée fournie.

Déroulement et indications Je ne comprends pas trop si je dois retrouver une formule exacte ou juste justifier qualitativement pourquoi les termes sont situés de cette manière dans la formule. Quand je lui demande, il esquive la question, me laissant encore plus d'interrogations quant à mon objectif. J'écris les grandeurs conservées, je tente d'obtenir la vitesse après le choc avec une particule, il m'interrompt régulièrement pour me redire qu'on cherche la puissance transmise par les particules (on sait jamais, au cas où j'oublie). Après un énième dialogue de sourds, je tente une justification qualitative, je ne sais pas s'il était convaincu ou s'il en avait marre, mais il m'a fait changer d'exercice.

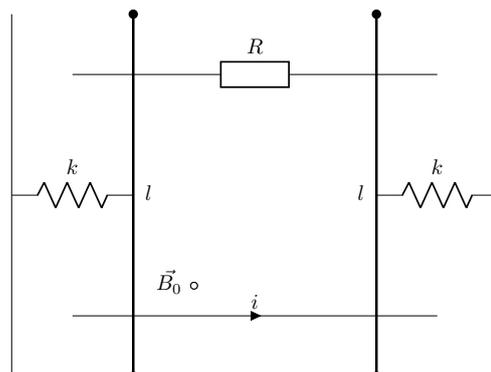
Peut-être que passer un dimanche à 8h30 n'a pas aidé. En tout cas, l'examineur semblait complètement ailleurs. Il ne suivait pas vraiment ce que je faisais, et quand il sentait que j'étais vraiment coincé, il se contentait de répéter la dernière chose qu'il avait écoutée de mon raisonnement (ce qui n'aide que très peu). Les questions étaient assez vagues, et comme il n'intervenait pratiquement pas, je n'avais aucune idée du style de réponse attendu.

Rails de Laplace

XP-23-214

On considère le circuit suivant. Les deux rails, de longueur ℓ , couissent sans frottement. On considère que B_0 est faible.

Exprimer la position des deux rails au cours du temps. Tracer leur allure, en sachant que $B_0 \ll \ell^2/R$.



Aucune donnée fournie.

Déroulement et indications J'écris les forces s'exerçant sur les deux rails, en exprimant l'intensité dans le circuit en fonction de la vitesse des rails, on arrive à des équations couplées. Devant son silence, je commence à résoudre le système. Une fois que c'est fait, il me demande de tracer les allures, me rapelant à plusieurs reprises que B_0 était considéré faible. Je tente une explication, il ne semble pas convaincu, l'oral s'arrête là.

Peut-être que passer un dimanche à 8h30 n'a pas aidé. En tout cas, l'examineur semblait complètement ailleurs. Il ne suivait pas vraiment ce que je faisais, et quand il sentait que j'étais vraiment coincé, il se contentait de répéter la dernière chose qu'il avait écoutée de mon raisonnement (ce qui n'aide que très peu). Les questions étaient assez vagues, et comme il n'intervenait pratiquement pas, je n'avais aucune idée du style de réponse attendu.

XP.20 Un aspirateur

XP-23-401

On considère un condensateur cylindrique vertical de hauteur h dont le cylindre intérieur permet de capturer la poussière. On modélise la poussière qui le traverse par des particules de masse m allant de haut en bas avec une vitesse selon l'axe vertical $v_v = cste$, et portant un moment dipolaire $\vec{p} = \alpha \vec{E}$. A quelles conditions sur les paramètres du condensateur et sur la vitesse verticale v_v des particules, les particules seront capturées avant de sortir du condensateur ?

Déroulement et indications

1. L'examineur commence par me demander de calculer le champ électrique à l'intérieur du condensateur
2. Ensuite je fais un PFD sur une particule en négligeant le poids.
(On se rappelle que pour un dipôle \vec{p} , on a $\vec{F} = (\vec{p} \cdot \text{grad}) \vec{E}$)
3. On obtient alors une équation différentielle sur r . A partir de là, on cherche le temps que va mettre la particule pour aller de la plaque extérieur du condensateur à la plaque intérieur.

XP.21 Réaction chimique dans un conducteur thermique

XP-23-402

On considère un milieu conducteur thermique d'épaisseur L selon x et infini selon y et z . On note c sa capacité thermique massique, μ sa masse volumique et λ sa conductivité thermique.

Une réaction chimique a lieu à l'intérieur du conducteur et lui fournit une puissance thermique volumique $\mathcal{P}_v = \beta T$.

1. Donner l'équation vérifiée par la température dans le milieu.
2. On considère maintenant que le milieu est en contact en $x = 0$ et en $x = L$ avec des thermostats à 0 K. Déterminer une condition sur les paramètres du problème pour que cela soit possible.
3. On considère maintenant un milieu semi-infini selon x , présent pour $x \geq 0$. On impose comme condition limite $T(x = 0, t) = \frac{T_0}{2} (1 + \cos(\omega t))$. Déterminer le profil de température dans le milieu.

Déroulement et indications

1. L'examineur m'a demandé de traiter la question 3 qualitativement car il ne restait plus de temps. Il ne m'a pas indiqué l'expression exacte de $T(x = 0, t)$ mais a dessiné un sinus au tableau.

XP.22 Moteur ditherme cyclique

XP-23-403

1. On considère deux réservoirs d'eau 1 et 2, identiques à la température près : $T_1(t = 0) < T_2(t = 0)$. On donne l'entropie d'un réservoir : $S(T) = mc \ln(T)$, où c est la capacité calorifique massique de l'eau.
2. Quel est le travail total maximal fourni par un moteur cyclique ditherme relié aux réservoirs ?

Déroulement et indications

Au début j'avais noté $S(t) = mc \ln(t)$ avec t le temps, il me le fait remarquer après deux minutes et je corrige en disant vaguement pourquoi c'était absurde d'avoir écrit ça.

Je commence en expliquant ma démarche, je me place dans le cas où les évolutions sont réversibles en justifiant intuitivement et je dis que l'évolution s'arrête dès que $T_1 = T_2$. Je considère l'échelle de variation des températures faible devant la durée d'un cycle, et j'applique les premier et deuxième principes au fluide du moteur, le deuxième aux réservoirs. On obtient le travail fourni en fonction des températures T_1 et T_2 et que leur produit est constant, ce qui permet de conclure.

Je dis que le travail fourni ne dépend que des températures initiales et finales, et qu'il est bien maximal quand $T_1(\text{final}) = T_2(\text{final})$. Il me demande s'il existe un autre état final possible que $T_1 = T_2$, je réponds que non.

Ensuite je dis qu'on s'attend à ce que le travail soit maximal lorsque l'évolution est réversible, et j'explique comment reprendre les calculs pour le vérifier. Il me fait faire les calculs. On a un problème à la fin et il me dit de négliger l'entropie créée dans le bilan pour un réservoir ("parce qu'on connaît l'entropie des réservoirs", j'ai pas compris pourquoi). On obtient l'expression pour le travail total et on conclut. Il me demande pourquoi la température finale est supérieure à celle d'avant, je justifie avec l'expression de $S(T)$ puis avec les mains (mal).

Ensuite il me demande si on peut s'assurer que le travail fourni est bien toujours positif, car ce n'est pas clair lorsque l'évolution est irréversible. Je ne vois pas que c'est forcément le cas, je commence à reprendre mes équations en intégrant les termes de création mais il me dit de considérer les bilans sur le moteur uniquement. J'obtiens une inégalité insuffisante, il me demande de tracer les inégalités sur Q_1 et Q_2 , je constate que dans la région du plan où $Q_1 < 0, Q_2 > 0$ (reçus) on a le résultat et j'explique qu'on s'attend bien à ces signes. L'oral s'arrête là.

L'oral était très interactif, même si l'examineur parlait peu, l'énoncé servant de base pour poser des questions. J'étais très hésitant. L'examineur était relativement à l'écoute même si parfois il expliquait des choses que j'avais comprises. Lorsque je répondais de façon peu convaincante, il me laissait jusqu'à ce que je précise exactement ce que je voulais dire. Il passait beaucoup de temps à réfléchir à sa prochaine question sans me donner quelque chose à faire.

XP.23 Stabilité gravitationnelle d'une étoile

XP-23-404

On étudie la stabilité gravitationnelle d'une étoile.

1. Quelle est l'énergie potentielle d'une étoile (masse M , rayon R) dans son propre champ gravitationnel ?
2. Qu'est-ce qui permet à l'étoile de ne pas s'effondrer sur elle-même ?

Déroulement et indications

1. Je commence en modélisant l'étoile par une distribution sphérique. Cela me rappelle bien sûr le cas de l'électrostatique : si nous avons n particules M_1, \dots, M_n de charges respectives q_1, \dots, q_n , l'énergie d'interaction entre les particules vaut

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n E_p(M_i)$$

où $E_p(M_i)$ est l'énergie potentielle de la particule M_i dans le champ créé par toutes les autres.

Je réalise cette analogie avec l'étoile modélisée par une distribution sphérique de masse. Le champ exercé sur une masse dm à une distance $r < R$ du centre est en coordonnées sphériques :

$$\vec{F} = -\frac{GMr}{R^3} \vec{u}_r$$

Je dis que l'énergie potentielle de la masse dm dans le champ créé par toutes les autres est alors

$$\frac{1}{2} \frac{GMr^2}{R^3}$$

. Par intégration j'obtiens une énergie proportionnelle à $\frac{GM}{R}$, positive donc. L'examineur me dit que ce n'est pas possible physiquement d'obtenir une énergie potentielle positive car l'énergie ayant tendance à diminuer, cela voudrait dire que R tendrait vers l'infini sous l'effet de la gravitation. J'acquiesce, mais je ne vois pas où j'ai pu faire une erreur dans mon raisonnement, et l'examineur n'a pas non plus été capable de me l'expliquer. Il me donne alors son raisonnement, qui consiste à agglutiner successivement des couches de masses (en les faisant venir de l'infini). L'énergie potentielle correspond alors au travail à fournir pour créer l'étoile, qui est négatif car la gravitation est une force attractive (je me trompe de signe initialement mais je me corrige assez vite). On obtient quelque chose de proportionnel à $-GM/R$.

2. Je parle d'interactions nucléaires et de rayonnement. Il me dit que le rayonnement joue en effet un rôle mais qu'on va plutôt considérer l'énergie cinétique des particules, et notamment des électrons. Pour calculer l'énergie cinétique d'un électron dans une étoile je propose de dire que cela vaut $\frac{3}{2}k_B T$ mais s'il n'objecte rien, il me dit qu'on va procéder autrement en considérant des boîtes quantiques. Je trouve ça un peu louche de considérer une étoile comme une boîte quantique mais je réalise les calculs. Il me dit qu'en fait la modélisation est fautive et que les électrons ne se marchant pas les uns sur les autres, les tailles des boîtes quantiques ont pour ordre de grandeur l'espace moyen disponible pour un électron qui est proportionnel à $\frac{R}{N^{1/3}}$ où N est le nombre d'électrons. Je fais l'erreur au début que c'est proportionnel à $\frac{R}{N}$ en oubliant la modélisation volumique. Toujours en est-il qu'on trouve une énergie cinétique totale de la forme

$$A/R^2$$

. Il me demande de calculer le rayon de stabilité. Je fais l'erreur initialement en écrivant l'annulation de l'énergie (ce qui n'a aucun sens physique) au lieu de la minimisation. Mais après une minute je me rends compte de mon erreur et je me corrige. Cela n'a pas empêché l'examinateur de dire au spectateur de mon oral "Le problème des préparateurs c'est qu'après deux années de prépa ils ne savent pas distinguer un zéro d'énergie d'un minimum d'énergie".

Pour calculer l'énergie cinétique d'une particule j'avais utilisé la formule $E = p^2/2m$ où p est la quantité de mouvement. L'examinateur conclut l'oral en me demandant de refaire les calculs dans un cadre relativiste (ce qui se trouve être le cas en fait). L'énergie cinétique totale devient de la forme A/R . L'énergie totale est donc de la forme

$$\frac{A - B}{R}$$

où $-B/R$ est l'énergie potentielle gravitationnelle. Il y a donc deux cas :

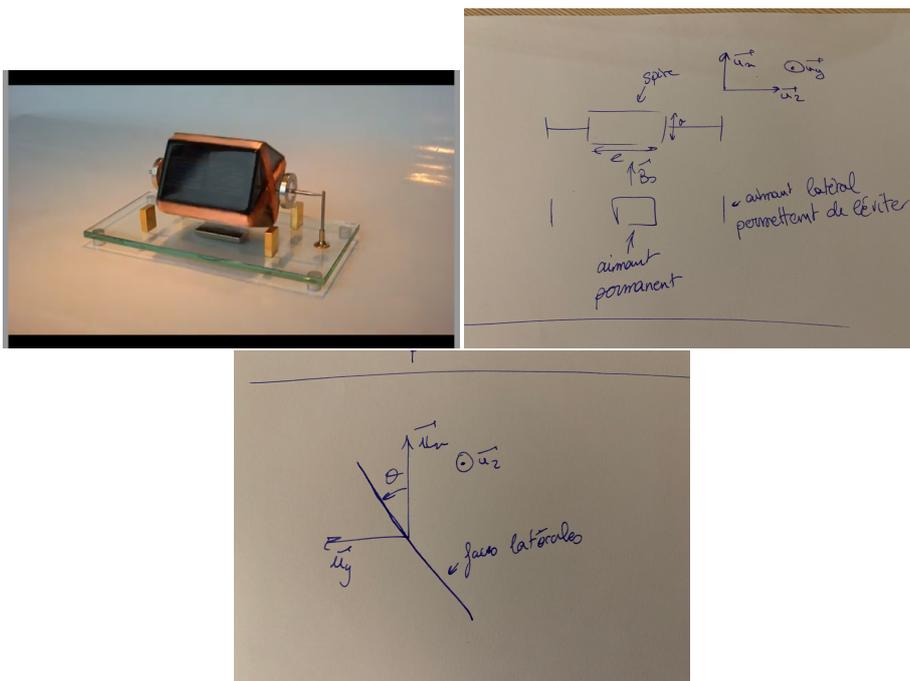
- (a) Si $A > B$, pour minimiser l'énergie, R doit tendre vers l'infini : l'étoile se dilate comme un gaz parfait
- (b) Sinon : effondrement.

J'ai commis quelques erreurs, même si je me corrigeais assez rapidement. Toutefois je suis assez abasourdi par le fait d'avoir donné une démarche fautive à la première question sans que l'examinateur n'ait pu trouver l'erreur. Il me semble que j'ai eu le même examinateur que Samy Meziane. Il paraissait souffrant, déprimé. Son air n'inspirait aucune sympathie. Note obtenue : 12.5

XP.24 Effet Mandocino

XP-23-405

Quatre panneaux photovoltaïques sont reliés à des bobines et transmettent une intensité grâce à la puissance lumineuse d'une lampe fixe. Deux aimants latéraux permettent au dispositif de léviter. Un aimant permanent au centre impose un champ permanent B_0 . Le dispositif tourne. Trouver sa vitesse angulaire.



Déroulement et indications

L'examineur me montre une vidéo du dispositif en m'expliquant comment il fonctionne : la bobine est enroulée autour du panneau solaire qui lui fournit une intensité, le dispositif tourne. Je modélise d'abord le moteur au tableau en prenant une spire (voir schéma). Puis je parle de force de Laplace qui va s'appliquer sur chaque portion du fil mais qui va s'annuler sur certaines, et qui va surtout créer un moment. Je le calcule avec le bras de levier (je ne vois pas au début qu'il varie au cours du mouvement...). Je trouve (plus tard), en prenant compte le bras de levier non constant : $\vec{M} = i_{tot} l B_0 \cos(\theta) a \vec{u}_y$.

Puis je calcule la variation du flux au cours du mouvement et je détermine la force électromotrice associée. Je veux introduire une inductance mais il me dit que ce n'est pas la peine et que pour prendre en compte la longueur du fil on peut modéliser la dépendance entre e et i par une résistance R . Pourquoi pas... en plus les calculs deviennent plus simples. Ça fait finalement $Ri = -B_0 S \dot{\theta} \cos(\theta)$. Il ne faut pas oublier qu'il y a une autre intensité, celle créée par les panneaux, qu'on note i_0 . Je l'avais supposée constante mais l'examineur me fait remarquer qu'elle dépend de l'inclinaison des panneaux, il y a donc un $\cos(\theta)$ à ajouter. Finalement on a, d'après le théorème du moment cinétique (il me dit qu'on peut supposer le moment d'inertie connu et que de toute façon il dépendrait trop des panneaux) :

$$J\ddot{\theta} = \left(i_0 - \frac{B_0 S \dot{\theta}}{R} \right) (\cos \theta)^2 l B_0 a$$

Après quelques péripéties dues à des erreurs de signe, il me demande ce qu'il se passe si on ajoute les deux autres panneaux solaires (on n'en a considéré que deux pour l'instant). Je réponds que c'est pareil et qu'il faut juste changer le \cos en \sin puisque on ajoute $\frac{\pi}{2}$ à θ . Il acquiesce, et finalement on trouve l'équation, en faisant la somme :

$$J\ddot{\theta} = \left(i_0 - \frac{B_0 S \dot{\theta}}{R} \right) l B_0 a$$

C'est juste une équation du premier ordre. En voyant les solutions, il me fait remarquer que c'est contre-intuitif que aux temps longs la vitesse soit inversement proportionnelle à B_0 . Je crée l'illusion en essayant d'interpréter. L'oral se termine juste après.

Examineur sympathique, plutôt jeune et intéressé. Il n'hésitait pas à intervenir mais aussi à laisser le temps quand il le fallait.

XP.25 Irréversibilité d'un transfert thermique

XP-23-406

On considère un solide de capacité c_1 et de température initiale T_1 , qu'on met en contact avec un liquide de capacité c_0 et de température initiale T_0 . On néglige les variations de volume de sorte que l'on peut définir l'entropie par :

$$S(T) = c \ln(T) + cste$$

Calculer la variation d'entropie du système (1 + 0) et conclure quant à l'irréversibilité de la transformation. On suppose que $\frac{c_1}{c_0} = \epsilon$ est très petit devant 1.

Déroulement et indications

1. J'étudie le système (1 + 0), isolé, 1er ppe,....
2. Je fais un commentaire sur pourquoi la température d'équilibre est un barycentre, et pourquoi si le liquide à une capacité infinie (=thermostat), l'expression trouvée est logique.
3. Il me pose une question sur mon premier principe, je réponds que c'est ok car on avait supposé aucune variation de volume. Je parle de l'extensivité de U , et dit que c'est une fonction d'état (idem de S par la suite).
4. J'écris l'entropie, il me fait remarquer que je n'ai pas besoin de poursuivre mes calculs pour l'entropie échangée, puisque pour un système isolé, elle est nulle : je me sens bête.
5. Il faut exprimer à l'aide de DL le ΔS . Beaucoup de calculs (trop à mon goût).
6. Il vient me voir et me propose d'écrire ΔS en fonction de T_0 , $\Delta T = T_1 - T_0$ (ou l'opposé, je ne sais plus, mais on s'en fiche au final), ϵ , c_0 .
Je fais les calculs, interminables.
7. A la fin du calcul, j'ai (évidemment) un terme de trop, qu'il vient rayer au tableau. Je peux alors conclure par concavité du logarithme. Je remarque que le résultat est vrai (l'irréversibilité), que $T_1 - T_0$ soit positif ou négatif.

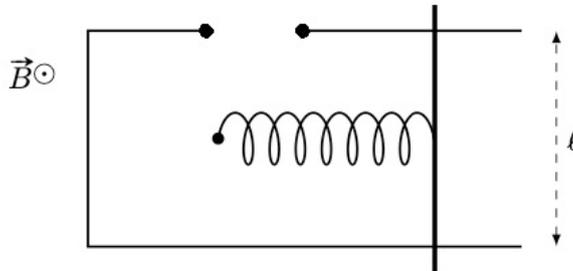
8. Il me pose quelques questions d'interprétations de l'irréversibilité, je parle de phénomène de convection dans le liquide, donc de déplacement de matière dûe au transfert thermique. Fin de l'oral.

J'espérais avoir de la méca ou des ondes car j'avais vraiment bossé un max ce genre d'exos, et je me mange de la thermo : comme quoi, il faut vraiment s'attendre à tout. Je sors déçu de cet oral, je n'ai pas pu montrer ce que je connaissais en physique. Au lieu de ça j'ai été plutôt jugé sur mes connaissances des DL de $\ln(1+x)$ et de $(1+x)^a$. Pour de la thermo de sup, je ne comprends pas comment j'ai pu y passer 50min, alors que l'exo est ultraclassique et ne pose pas de difficultés. Examineur plutôt agréable au début de l'oral, lorsque tout va bien jusqu'alors. Viennent les DL en cascade, je crois qu'il en avait marre, et il intervenait juste une ou deux fois pour me dire quelle expression étudier. Au final, je crois que malgré tout je ne m'en suis pas trop trop mal sorti même s'il m'a corrigé par endroits et que ma performance était loin d'être parfaite.

XP.26 Laplace

XP-23-407

Il n'y avait pas d'énoncé, seulement le schéma déjà dessiné par les soins de l'examineur. Il m'explique que l'on va introduire différents composants électriques dans le circuit et voir les divers effets qu'ils produisent sur le mouvement de la barre mobile. (dans l'ordre : résistance, condensateur, inductance, condensateur et inductance en série)



Déroulement et indications

- On place d'abord une résistance R. L'examineur me demande de prédire ce qu'il va arriver. J'explique que la résistance va provoquer une perte d'énergie par effet joule, et donc se comporter a priori comme une sorte de frottement, on aura donc sans doute un mouvement d'oscillateur harmonique amorti. Il ne valide ni n'invalide ma prédiction et me dit de mettre ça en équation, ce que je fait. Je fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de frottement et que le poids n'intervient pas, il me demande pourquoi et je réponds qu'on peut supposer que le montage est horizontal et que le poids est donc compensé par la réaction du support, il acquiesce. J'applique donc la 2e loi de Newton et arrive à l'équation d'un oscillateur harmonique amorti, dont j'exprime la pulsation caractéristique et le facteur de qualité. Il me reprend sur l'expression de la pulsation car il y manque un carré, et je corrige un oubli que j'avais fait au début. Puis il me demande d'interpréter le résultat et la dépendance notamment en R et en B (le champ). Je remarque une étrange dépendance en R : augmenter la résistance semble diminuer l'"amortissement", il me conforte dans le fait que c'est étrange, et je pense avoir fait une erreur mais ce n'est pas le cas, s'ensuit un échange plus proche d'une discussion physique que d'une interrogation mais qui a le mérite d'être très intéressante. Je comprends que la résistance confère au champs B le rôle de "frottement" plus qu'elle ne l'exerce elle-même. Il me parle aussi de la dépendance en l (longueur du circuit), et je dit que si on considérait la résistance du circuit proportionnelle à l, la dépendance étrange en R disparaît et que cela rend la chose finalement cohérente.

Il me demande enfin de tracer la trajectoire de la barre mobile en fonction de la valeur du facteur de qualité, ce que je fais selon moi correctement, mais je ne le trouve pas convaincu.

- On place ensuite un condensateur à la place de la résistance. Il ne me demande pas de prédire ce qu'il va se passer cette fois-ci. Une fois l'équation trouvée, je la commente en disant qu'il n'y a pas de dissipation cette fois-ci puisqu'on trouve l'équation d'un oscillateur, et le condensateur a une influence sur la fréquence de ce dernier (on rajoute un terme au dénominateur, donc à la masse). Il me demande avec qui le condensateur échange de l'énergie, je réponds d'abord le champ B, mais je comprends au fil de la discussion que c'est avec le ressort. Je remarque que comme pour la résistance, le condensateur "donne" un rôle au champ B : celui de rendre plus difficile la mise en mouvement de la barre en rajoutant de l'inertie. Par contre, augmenter C diminue cet effet (comme dans le cas de la résistance).

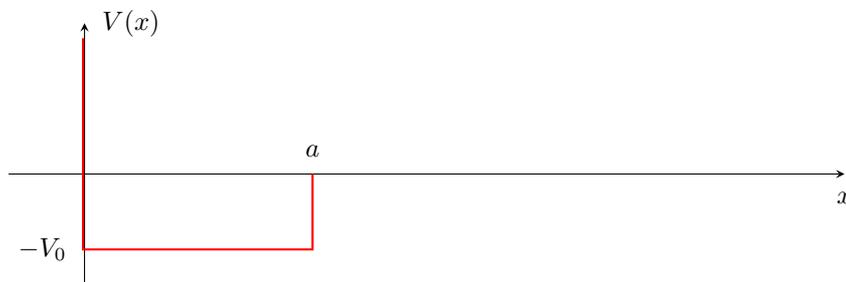
- Le cas de l'inductance est quasi similaire au précédent, mais c'est l'effet inverse puisqu'on augmente le numérateur de la pulsation. Il me fait remarquer qu'on peut voir un terme qui s'apparente à une constante de raideur d'un nouveau ressort. Il me demande "Comment doit être placé ce nouveau ressort si on veut que les raideurs s'ajoutent?" Je réponds en parallèle.
- Enfin il me fait placer L et C dans le circuit. Il me demande de prédire qualitativement ce qu'il va se passer. Je dis que je pense qu'on aura toujours un oscillateur non amorti, et qu'on va sans doute observer les deux effets contraires, mais que je ne peux pas prévoir si l'un d'entre eux va dominer, ou même s'il vont se compenser. Il me dit de formaliser cela. Cette fois-ci, la mise en équation est plus difficile. J'explique que je veux pouvoir remplacer le courant i dans ma force de Laplace par une fonction de x , mais pour cela je dois résoudre une équation différentielle. Il fallait en fait passer en complexe. Je n'y ai pas pensé toute seule et je commence à résoudre l'équation (oscillateur avec second membre). Il me demande comment je compte m'y prendre et je fais part malgré mes doutes quant au fait que ce soit la solution la plus simple de la possibilité d'utiliser la méthode de variation de la constante. Il semble amusé et me dit "la variation de la constante à l'ordre 2! Vous savez le faire??" donc je me doute que ce n'est pas ça, mais je me dis qu'il faut prouver ma persévérance, et il m'encourage presque à le faire. J'arrive donc finalement à quelque chose de très laid, et ce n'est qu'à la fin qu'il me dit très amusé "et si vous passiez en complexe par exemple?". C'est donc ce que je fait, et j'arrive à une équation finale qui ne fonctionne que pour certaine valeur de pulsation, mais je n'ai pas le temps de finir. Il m'interrompt et on parle quelques minutes des dépendances en L, C et en B, en fonction notamment des valeurs de la pulsation.

Exercice assez simple en terme de calcul et de mise en équation, mais dont l'intérêt était l'aspect qualitatif. L'examinateur était initialement très blasé et lassé, je l'ai entendu avant mon oral se plaindre à un collègue en expliquant à quel point les élèves qu'il avait vu avant n'étaient pas bons, et manquaient d'initiatives. Pendant l'oral je l'ai trouvé plutôt sympathique mais quand même assez difficile à sonder. De plus, à la fin de l'oral, il m'a dit au revoir et est sorti en courant de la salle avant même que je lui réponde, j'ai trouvé ça étrange mais j'espère juste que ce n'est pas moi qui l'ai fait fuir.

XP.27 États liés d'une particule

XP-23-408

On considère une particule de masse m dans un potentiel :



Déterminer W_0 le V_0 le plus bas tel qu'il existe un état lié.

Déroulement et indications

L'examinateur commence par demander la définition d'état lié, ce qui va se passer en termes d'énergie (on veut $E_0 \leq 0$, avec des énergies quantifiées).

J'essaie de partir sur le cas d'égalité de l'inégalité d'Heisenberg mais bloque sur l'expression de Δp_x en fonction de E , l'examinateur m'oriente plutôt vers le calcul des fonctions d'onde.

On résout Schrödinger avec des états stationnaires pour $0 < x < a$ et $a < x$ et on utilise la continuité de ψ en a pour obtenir des égalités sur les pulsations.

L'examinateur me demande l'interprétation physique de la fonction d'onde, de sa continuité, de la continuité de sa dérivée spatiale, de $V = +\infty \Rightarrow \psi = 0$, je bredouille des choses qu'il accepte (« si une particule est à un endroit elle peut être à côté »).

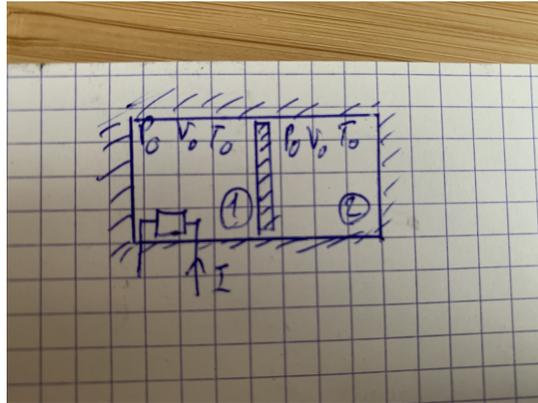
En $0 < x < a$ on a $\phi = A \sin(\alpha x)$ et en $a < x$ $\phi = e^{-\omega x}$ donc $\tan(\alpha a) = -\frac{\alpha}{\omega}$ mais aussi $\alpha^2 = -\omega^2 + \frac{2mV_0}{\hbar^2}$. L'examinateur me dit de me placer dans l'espace (ω, α) où on a l'intersection d'un cercle et d'une courbe bizarre en $\frac{x}{\tan(x)}$, c'est la fin de l'oral il me demande de conclure, je suppose l'intersection en 0 ce qui donne une condition.

L'examinateur discute à certains moments, à d'autres il ne semble pas trop s'intéresser à ce que je fais.

XP.28 Thermodynamique et piston

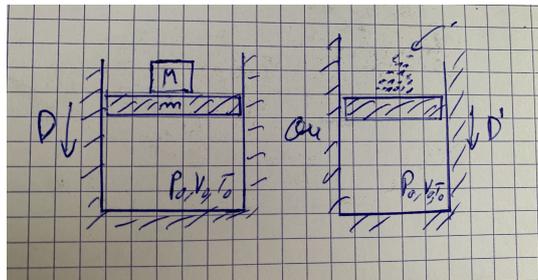
XP-23-412

1^{er} exercice



On part d'une situation initiale où 2 compartiments calorifugés sont séparés par un piston et sont à P_0, T_0 et V_0 . On met une résistance dans la partie de gauche et on fait passer un courant I faible. On atteint $P_1 = 3P_0$. Déterminer la température dans les 2 compartiments.

2^e exercice On place sur un piston de masse m soit une masse M , soit des grains de sable 1 par 1 jusqu'à avoir une masse totale M . On note dans chaque cas la distance dont descend le piston D et D' . Comparer D et D' ?



Déroulement et indications

1^{er} exercice Je me rappelle que on a fait cette exercice en cours. Je regarde donc les évolutions de chaque système et dis que le système 2 subit une transformation adiabatique. Je dis que $V_1 + V_2 = cst = 2V_0$ et dis la loi des gaz parfaits qui nous sera bien utile. J'applique le 1er principe sur le système 1 entre t et $t + dt$ et obtient une formule avec une dépendance en dt qui ne me plaît pas. Je fais donc la même chose sur le système 2 et obtient un lien entre V et T avec des dérivés logarithmiques et la loi de Joule. Je bloque un peu pour trouver la dernière équation et il me demande de trouver le lien entre P_1 et P_2 . Après un peu de temps je me rends compte que à toute instant on a l'équilibre et alors $P_1 = P_2$. On a toutes les équations et je résous.

2^e exercice Je décide de commencer par le cas où on place la masse d'un coup qui me parait plus simple. J'applique le premier principe sur le gaz dans le piston entre l'instant initial et l'instant final. J'écris au départ le travail comme PdV mais fait une erreur. Je m'en rend compte car le résultat ne dépend pas de M . J'exprime alors le travail comme l'intégrale de $F \cdot dl$ avec $F = (m + M)g$ le poids. On a alors toutes les équations et je résous (il faut sûrement aussi la loi des gaz parfaits mais je sais plus).

Pour le 2ème cas, je me trompe au départ et dis que aucun calcul ne change et donc que l'expression de D non plus. Mais je dis que je trouve cela bizarre et je pense que D' va être plus faible. Je comprend en fait que c'est le travail qui change car le poids ne va pas être constant égal à $(m + M)g$. Il dit que effectivement c'est cela et l'oral se finit là.

Exercice vu en préparation pour les oraux! L'examineur n'était pas très bavard mais me disait une phrase quand j'étais bloqué pour me rappeler ce que je devrais chercher. Je suis content de mon oral.

XP.29 Accélération de la pesanteur

XP-23-418

On s'intéresse à l'accélération de la pesanteur terrestre : lorsque la verticale diminue on observe que l'accélération augmente, expliquez.

Déroulement et indications

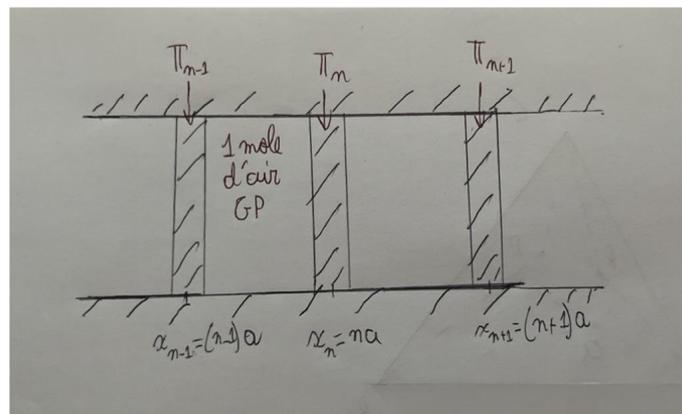
1. Il me dicte l'exercice et me dit "Si on prend une cavité en dessous de la surface, l'accélération va être plus importante"
Sur le coup je crois qu'on modélise une cavité alors je fais un schéma de la Terre et utilise des relations vectorielles pour faire par superposition dans la cavité.
Il me dit qu'en fait il n'y a pas de cavité, c'est juste un point de mesure et de toute manière ma modélisation ne correspond pas au problème.
2. Il me dit qu'on va plutôt considérer les différences de masse volumique entre la surface et le centre. On prend donc deux masses volumiques différentes pour des sphères cocentriques et j'applique le théorème de Gauss aux deux endroits.
Là je comprends ce qu'on est en train de faire : normalement l'accélération augmente lorsque $r \nearrow$ mais dû aux inhomogénéités de la Terre ce n'est pas le cas et on cherche une condition.
3. On compare donc les deux valeurs de $g(r)$ et après un long calcul on obtient une inégalité moche. Il me dit de regarder un cas limite (quand le rapport des rayons est très petit) et après simplifications ça donne $\rho_1 \geq \frac{3}{2}\rho_2$. Je dis que c'est une grosse discontinuité.
4. Il me dit de revenir dans le cas général, sur le coup je vois pas mais en notant x le rapport des rayons on peut tout simplifier et il faut résoudre une équation du second degré pour obtenir explicitement x en fonction des masses volumiques.
Pour $x \rightarrow 1$ on retrouve $\rho_1 \rightarrow \frac{3}{2}\rho_2$. Comme je paraissais surpris il me dit de donner des valeurs pour les masses volumiques, "par exemple entre un liquide et un solide". Sur le coup je me souviens plus du tout duquel est plus dense que l'autre parce que je mélange avec l'eau donc je dis n'importe quoi mais là je me dis qu'on est peut-être en train de regarder un océan donc je propose $\rho_s \geq \rho_l$. Il me demande si c'est tout le temps le cas, je réponds non avec l'eau et la glace mais "la terre sous nos pieds est quand même beaucoup plus lourde que l'eau", il à l'air convaincu.
5. On passe au continu dans l'inégalité $\rho_1 \geq \frac{3}{2}\rho_2$ soit $\rho(R + dR) = \frac{3}{2}\rho(R)$ et avec un développement de Taylor je compte intégrer mais ça ne marche pas, il me dit de séparer les variables mais ça marche pas. En fait il faut reprendre "l'équation aux masses" (l'inégalité moche) puis intégrer, l'oral s'arrête là.

Je n'ai pas l'impression d'être allé très loin car le passage au continu semblait devenir plus intéressant et j'ai surtout fait des calculs. Le sujet était intéressant, au moins j'ai fait des choses.

XP.30 Etude d'un système de pistons

XP-23-419

On considère un système de pistons en équilibre (les pistons sont de masse m et de poids négligeable), les parois et les pistons sont adiabatiques. À l'équilibre la distance entre deux pistons successives est a , On fait bouger le n -ième piston avec une petite amplitude.



1. Donner l'équation dynamique du mouvement
2. On fait subir à l'entrée une variation sinusoïdal, décrire le mouvement, qu'est ce qui se passe ? Par quoi peut-on caractériser cela ?

Déroulement et indications

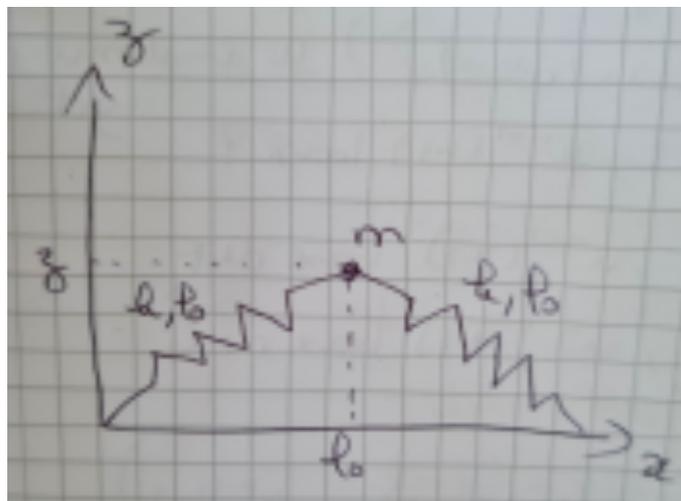
1. On applique le principe fondamental de la dynamique au nième piston, il y a deux forces de pressions, au début j'ai supposé que si on met les compartiments en contact avec un thermostat la température restera constante et on pourra alors exploiter l'équation d'état des gaz parfaits pour déterminer la pression, mais l'examinateur me dit que ce n'est pas le cas et que la température n'est pas forcément constante, et alors en regardant le système je lui dit que j'ai l'impression que la transformation va être réversible et il me demande pourquoi c'est le cas, je ne vois pas comment justifier cela et on part dans une discussion global d'irréversibilité, mais enfaite c'était irréversible juste parce que les mouvements sont de faible amplitude. On utilise ensuite la loi de Laplace et un développement limité et on obtient l'équation recherché, il me demande alors d'analyser l'équation et si on peut faire des analogies, c'est la même équation qu'on retrouve dans le système de masse ressort.
2. L'examinateur m'a demandé qu'est ce qui se passerait au système si on lui applique une entrée sinusoïdale. La perturbation subit à l'entrée va se propager le long du système et on aura une onde qui se propage, il me demande quelle est la forme qu'on peut attendre de l'onde, elle sera de la forme (pour la variation par rapport à l'équilibre du nième piston) $\varepsilon_n = e^{i(\omega t - an)}$, et on la remplace dans l'équation du mouvement, et on obtient alors l'équation de dispersion, et le prof me demande à la fin de donner l'expression de la vitesse de groupe et de phase et ce qu'ils représentent et tracer ces courbes.

En général, je pense j'ai perdu beaucoup de temps pour justifier que l'évolution était réversible, et on en avait besoin pour mettre le système en équation, et un oral ca passe très vite.

XP.31 Oscillateur anharmonique

XP-23-501

Une masse m est attachée à deux ressorts de même raideur k et de même longueur à vide l_0 . À l'équilibre, les ressorts sont selon l'axe \vec{u}_x . On lache la masse à une hauteur z_0 et son déplacement est selon \vec{u}_z . On néglige l'effet de la pesanteur et on considère $l_0 \gg z_0$. Si pour $z_0 = 1$ cm on a $T = 2$ s, quelle période a-t-on pour $z_0 = 2$ cm?



Déroulement et indications

Je pense que j'ai mal placé mes paramètres au départ (j'ai noté θ l'angle entre la verticale et le ressort de gauche) donc en faisant le PFD j'avais du mal à faire disparaître un des deux paramètres. L'examinateur m'a aidée et j'avais finalement une expression de $\frac{d^2z}{dt^2}$ en fonction de quelque chose fois z^3 . L'examinateur cherche à me faire dire que c'est un oscillateur non-linéaire et anharmonique (la pulsation dépend de z_0). Je construis une pulsation en multipliant le facteur devant z^3 par z_0^2 et je réponds à la question. Pour trouver cette pulsation plus formellement, l'examinateur me demande comment je ferais pour trouver la période d'un pendule. Je pense alors à trouver $\frac{T}{4}$ en intégrant entre 0 et z_0 . Je finis par trouver une expression qui donne la même dépendance en z_0 que la précédente et l'oral se termine.

L'examineur n'était pas méchant mais pas très souriant et il m'a dit à la fin d'être plus combative (le z^3 n'était pas très engageant...)

XP.32

Rupture dans une bobine

XP-23-502

On prend un fil conducteur tel qu'il casse si un élément de fil est soumis à une force de tension $T > T_0$. On fait une bobine de longueur L , de spires de rayon R et de nombre de spires N .

1. On suppose la bobine infinie (i-e, $R \gg \frac{L}{N}$). Calculer l'intensité maximale que la bobine peut supporter sans casser.
2. On suppose maintenant que la bobine est finie. On fait augmenter progressivement l'intensité dans la bobine jusqu'à ce que l'intensité dépasse l'intensité maximale. A quel endroit la bobine va-t-elle céder (plutôt aux bords ou au centre)?

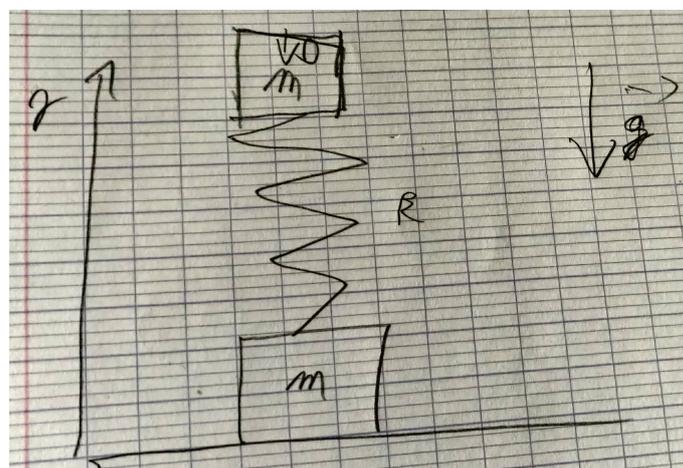
Dérroulement et indications

1. Je commence par expliquer que physiquement le courant dans la bobine va générer un champ magnétique et que chaque élément de la bobine allait être soumis à une force de Laplace
2. Je dois donc calculer le champ dans une bobine infinie sauf que j'ai un problème puisque le champ est discontinu sur le fil (0 à l'extérieur et non nul à l'intérieur) et c'est du champ sur le fil dont j'ai besoin pour la force de Laplace. Il me dit qu'on peut considérer que c'est la moyenne entre le champ à l'intérieur et à l'extérieur.
3. On fait le calcul puis on intègre la force de Laplace s'appliquant à un petit élément dl de fil sur la moitié d'une spire pour trouver la tension. On en déduit i_{max} .
4. Pour la deuxième question, il suffit de dire que le champ créé par une spire est décroissant de la distance à cette spire et que donc le champ sera le plus intense au milieu et que donc la bobine cassera au milieu.

Masse ressort

XP-23-523

On prend deux masses m reliées par un ressort de raideur k astreintes à se déplacer sur l'axe Oz . Les masses sont dans le champ de pesanteur terrestre. On déplace celle du haut de sa position d'équilibre d'une distance D . On néglige les frottements. A quelle condition sur D la masse posée sur la table décolle-t-elle?



Déroulement et indications

1. L'exercice 2 est un classique que j'ai pu refaire sans trop de problème, on fait un PFD à la masse du haut en supposant que celle d'en bas ne bouge pas puis on réinjecte dans un PFD à la masse d'en bas et on écrit la condition pour décoller.

Examineur peu loquace mais pas désagréable. Je pense que j'ai été un peu lent sur le premier exercice mais globalement l'oral s'est pas trop mal passé.

XP.33 Astéroïde

XP-23-503

Astéroïde de masse m , vitesse initiale v_0
Astre de masse M et de rayon R grand devant l'astéroïde.

1. Donner une condition pour qu'il y ait collision.
2. Calculer l'angle de déviation (pour r_{min} légèrement supérieur à R)

Déroulement et indications

Exo vu en sup (merci M Brunel) mais malheureusement un peu oublié pour ma part...

L'énoncé m'a été dicté tel que je l'ai écrit, j'ai dû faire les schémas et le paramétrage.

Je déroule la 1ère question (faire avec l'énergie, on obtient un polynôme du 2nd degré en r_{min})

Il m'interroge souvent sur les notations et par ex sur pourquoi je considère le mouvement plan alors que l'espace est tridimensionnel.

Il me demande aussi la forme de la trajectoire.

J'ai un peu de mal pour la 2e question surtout que j'avais pas bien paramétré l'angle θ .

L'examineur me laisse bien galérer au départ mais finit par me guider et me dit de regarder la constante des aires : en effet on obtient une relation $d\theta$ en fonction de dt puis je fais un changement de variable et enfin on intègre entre r_{min} et $+\infty$ par exemple.

On a $\phi - (\pi + (\phi - \pi)/2) =$ une intégrale peu sympathique de r_{min} à $+\infty$ (initialement $\theta = \pi$ et à la fin, $\theta = \phi$ donc au milieu, en r_{min} , on a avancé de $(\phi - \pi)/2$ par symétrie)

L'examineur m'a dit que c'était une bonne idée lorsque j'ai essayé de simplifier l'intégrale mais le temps était écoulé

Je ne dirais pas que l'examineur était vraiment sympathique mais au moins il n'était pas méchant et m'écoutait un minimum.

XP.34 Puits de Potentiel

XP-23-504

On considère une particule de masse m contrainte à se déplacer dans un puits unidimensionnel de taille L .
On note sa fonction d'onde :

$$\Psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\varphi_1(x) \exp \left\{ \left(-\frac{iE_1}{\hbar} t \right) \right\} + \varphi_2(x) \exp \left\{ \left(-\frac{iE_2}{\hbar} t \right) \right\} \right)$$

où φ_1 est la solution de l'équation de Schrödinger à l'état fondamental, et φ_2 la solution dans le deuxième état d'énergie.

1. Calculer $\langle x \rangle$ et montrer la dépendance en t .
2. Interpréter cette dépendance en t et calculer la période T des oscillations.

3. Trouver une équation analogue au critère d'Heisenberg entre T et $\Delta E = E_2 - E_1$.
4. Calculer T pour un électron en mouvement autour d'un noyau d'atome.

Déroulement et indications (Élève α)

Antoine

1. Je donne la définition de $\langle x \rangle$. Il faut calculer $|\Psi(x, t)|^2$ donc φ_1 et φ_2 par Schrödinger. On considère donc un puits de potentiel infini en dehors de $[0, L]$. Après avoir fixé les constantes de normalisation, on obtient un résultat de la forme :

$$\langle x \rangle = L \left(\frac{1}{2} - \frac{16}{9\pi^2} \cos(\omega t) \right)$$

où $\omega = \frac{\Delta E}{\hbar}$

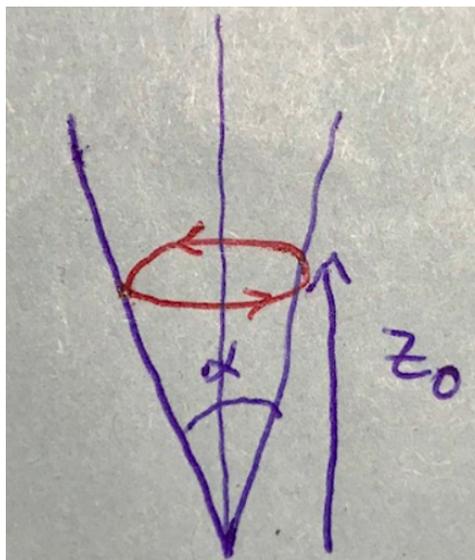
2. J'explique que la dépendance vient du "passage" de la particule de l'état 1 à l'état 2, et qu'on peut modéliser ça comme le temps nécessaire à cette transformation. On calcule $T = \frac{2\pi}{\omega}$
3. On obtient $T\Delta E = \frac{\hbar}{2}$
4. On réalise une application numérique, sans données de l'examineur. On obtient $T \sim 10^{-17} \text{ s}$. Ce résultat est a priori mesurable dans des laboratoires spécialisés

L'examineur n'a presque pas parlé pendant la première moitié de l'oral, et m'a laissé faire tous les calculs. Il a été plus dynamique pour les questions suivantes. Un examinateur néanmoins sympathique.

XP.35

Bille dans un cône

XP-23-505



On lance une bille dans un cône. Le mouvement s'effectue sans frottement.

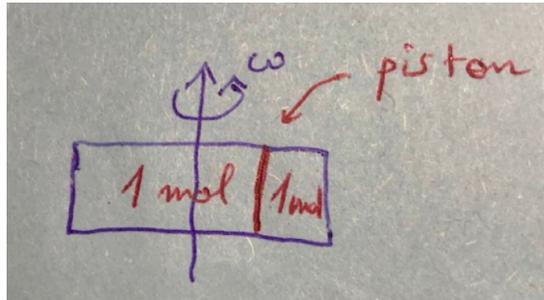
1. À quelle condition le mouvement est-il circulaire ?
2. Donner des conditions pour que la bille reste au voisinage de ce mouvement.

Déroulement et indications

On peut appliquer le PFD (en cylindriques) à la bille. Pour la deuxième question, on peut poser par exemple $z = z_0 + \varepsilon$ et linéariser l'équation différentielle obtenue, puis discuter de sa stabilité.

Piston en rotation

XP-23-526



On place une mole de gaz parfait de part et d'autre d'un piston qui coulisse sans frottement dans un cylindre en rotation sur lui-même. Discuter la stabilité des positions d'équilibre.

Déroulement et indications

On peut appliquer le PFD ou utiliser l'énergie potentielle. Les positions d'équilibre sont solutions d'une équation polynomiale, qu'on peut résoudre graphiquement. À l'aide des courbes et de l'équation du mouvement, on détermine qualitativement la stabilité de chacune des positions d'équilibre.

Le deuxième exercice a été traité pendant la dernière semaine de révision. L'examineur avait l'air gentil mais n'a quasiment pas parlé de tout l'oral, et ne faisait que noter ce que je disais sans faire de commentaire, ce qui était un peu déroutant.

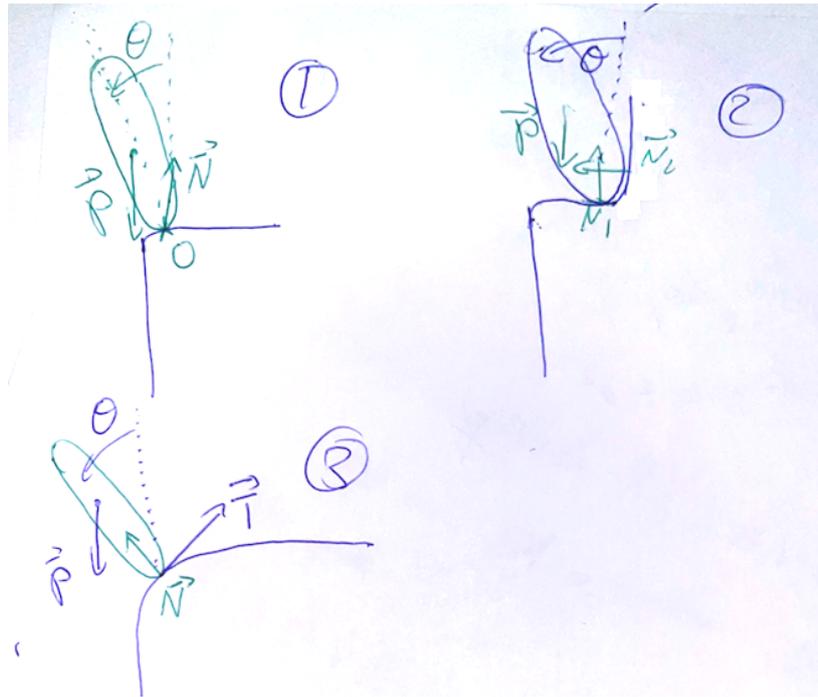
XP.36 Barre qui tombe

XP-23-507

On considère une barre qui tombe d'une table, à partir de quel angle le contact est-il rompu? Si l'on considère des frottements?

Données

$$\bullet J_{\text{barre}} = \frac{1}{3}ml^2$$



Déroulement et indications

1. L'exercice est classique, je commence par dire que la condition de rupture du contact est $\vec{N} = \vec{0}$. Je précise que le problème est à une dimension, et que l'on va appliquer le TMC au point de contact, que je justifie en disant qu'il ne bouge pas trop (et donc que le TMC est valide). Le TMC donne une relation entre $\dot{\theta}$ et $\cos(\theta)$. Je primitive le tout pour avoir une équation de conservation. J'oublie le facteur $\frac{1}{2}$ ce que l'examineur ne me fait pas remarquer de tout l'oral (surtout qu'il me dit que mon équation est juste). Je précise que c'est l'équation de conservation de l'énergie mécanique.
2. J'écris le PFD dans le repère polaire centré sur le point de contact (considéré immobile), je regarde la condition $\vec{N} = \vec{0}$ ce qui me donne une condition sur θ . L'examineur me dit qu'on va maintenant considérer une table différente, donnant lieu à un deuxième \vec{N} . Il me demande en quel point ça va lâcher en premier, je répond qu'intuitivement, c'est au nouveau point. Je dis que le point de contact numéro 2 est suffisamment proche du point de contact numéro 1, pour pouvoir négliger le moment de sa force normale. Il ne semble ni acquiescer, ni réfuter, je continue mes calculs. Je regarde la condition pour que $\vec{N}_2 = \vec{0}$, en jouant avec les équations, je fais disparaître les N_1 , je trouve un θ , puis en regardant quand $\vec{N}_1 = \vec{0}$, je trouve une équation polynomiale en cosinus, avec un discriminant négatif. Je dis donc que ça va lâcher en premier au point de contact sur le côté.
3. On passe avec frottement, mais d'après les conditions initiales, il ne me semble pas que la composante \vec{T} intervienne, mais l'examineur reste de marbre, je fais vite les calculs et je trouve un θ . L'examineur ne montre aucune émotion mais bon..
4. Il me demande de lui rappeler les lois sur le frottement solide, je refais cours avec la vitesse de glissement, je donne les ordres de grandeur des coefficients de frottement et j'explique que les loi de Coulomb sont phénoménologiques et les valeurs des coefficients dépendent très fortement des matériaux et de l'endroit sur le matériaux. Il me demande dans quoi les frottements sont nécessaires, je répond pour faire rouler les voitures, l'examineur rigole ?

Tous mes résultats étaient faux étant donné que j'avais oublié le facteur $\frac{1}{2}$, l'examineur n'a pas parlé de l'oral, sauf pour me donner les énoncés. Je ne savais pas ce qu'il attendait et il laissait des blancs gênants. Je pensais avoir

totallement raté (Mes résultats étaient faux et lorsque j'ai demandé à mon examinateur si ce que je trouvais était juste, il me répondit "suspense..").

XP.37 Molécule d'ADN

XP-23-508

On modélise une molécule d'ADN comme une fermeture éclair partiellement ouverte, avec une interaction attractive qui maintient les liaisons fermées. Il y a N liaisons possibles. L'état fermé est d'énergie 0 et l'état ouvert d'énergie ε . Le tout est en équilibre avec un milieu de température T .

Combien y a-t-il en moyenne de liaisons ouvertes dans une molécule ?

XP.38 Pendule pour horloge

XP-23-510

On considère une horloge à balancier. Le balancier est constitué d'une masse M suspendue à une tige sans masse de longueur l . Pour régler l'horloge, on peut ajouter une masse m sur la tige à une distance x de son point d'attache.

On se place dans l'approximation des petites oscillations et de plus, $M \gg m$.

1. Quelle est le x_0 qui permet de limiter les imprécisions due à une erreur sur la position de m ?
2. Une horloge prend un retard de 4 min par jour. Sachant que $M = 1\text{kg}$, calculer m si on la met en x_0 .

Déroulement et indications

1. Je commence par faire un TMC "pour voir ce qu'il se passe" et trouve une pulsation au carré. Je raconte alors que l'on veut que $\frac{d\omega_0^2}{dx}$ soit minimale en x_0 . Je calcule donc la dérivée seconde pour trouver les extrema. Après bien des calculs, il me fait remarquer que ce qui nous intéresse en fait, c'est la valeur absolue de la dérivée... Avant que je ne me relance dans des calculs, il me fait tracer ω_0^2 . On remarque que la fonction admet un maximum, où la dérivée s'annule : c'est le point qu'on cherche.
2. C'est un peu plus qu'une application numérique. Il me fait exprimer la nouvelle pulsation, et on voit qu'elle est fonction de l'ancienne période : $T_f = T_i(1 - \frac{m}{8M})$. Il reste alors à calculer le rapport. C'est alors que l'examinateur et moi commençons à nous nous embrouiller au sujet du retard : l'horloge tourne-t-elle en 24h04 ou en 23h56 ? Sans réfléchir j'avais écrit 23h56, et il me dit qu'il pense que c'est bon. Comme personne n'est vraiment sûr de lui, je réfléchis et trouve l'opposé (et j'en suis toujours convaincu). Il me dit alors de faire une règle de 3, qui m'embrouille encore plus. Il m'annonce alors que c'est la fin et m'invite à conclure. Avec le recul je me dit qu'il fallait sans doutes dire que cette méthode ne permettait de soigner que les horloges qui retarde.

Examinateur gentil mais assez peu loquace. Il m'a bien laissé m'enfoncer dans mon calcul de dérivée seconde, m'aidant même à le simplifier, tout ça pour m'annoncer qu'il ne servait à rien.

XP.39 Ecart au modèle du gaz parfait

XP-23-511

On veut étudier l'écart au modèle du gaz parfait du modèle du gaz de Van Der Waals. On rappelle son équation d'état :

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

Pour cela, on considère un cylindre fermé en une extrémité par un piston diatherme initialement vide. Initialement, la pression extérieure est de $P_0 = 1,00$ bar et la température est de $T_0 = 20^\circ\text{C}$. On effectue les étapes successives :

- Injection de n mol d'azote jusqu'à ce que le volume injecté soit égal au volume molaire pour le gaz parfait, noté V_{ini} . On mesure alors la pression.
 - Compression du gaz jusqu'à un volume $V_f = \frac{V_{ini}}{50}$. On mesure la pression également.
1. Peut on prendre $n = 1$? Calculer la pression finale en considérant l'azote comme un gaz parfait, puis en utilisant le modèle du gaz de Van Der Waals.
 2. A l'équilibre final, donner la force exercée par le gaz sur le piston

Données

- Pour l'azote, $a = 1,41 \text{ L}^2 \cdot \text{bar} \cdot \text{mol}^{-2}$ et $b = 0,0391 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Rayon du cylindre : $r = 5 \text{ cm}$

[passages censurés]

L'examineur faisait tout pour me piéger, toutes les questions qu'il posait étaient perverses, il faisait tout pour pouvoir me rabaisser puisque l'exo en soi est vraiment simple, et même quand j'avais raison il me coupait pour me parler d'autre chose (souvent avant que je termine la réponse). D'ailleurs chose que j'ai pas trop soulignée mais il n'écoutait rien à ce que je lui disais ni ne regardait ce que j'écrivais lorsque je lui présentais, mais préférait regarder de son côté. Il y a donc eu plusieurs fois où je lui montre un résultat, puis 8 secondes après il me demande de lui parler du résultat en question, donc je lui répétais. Sinon quand j'écrivais juste sans parler il ne regardait pas et faisait autre chose sur sa table (et ce dès le début de l'oral, jusqu'à la fin, donc ce n'était sûrement pas de la prise de notes sur mon oral, ni sur celui de la personne avant moi). Quand je savais pas trop ou hésitait, il m'engueulait et râlait. Il manque pas mal de détails puisque j'écris ce compte-rendu une semaine après (le temps de digérer).

Concrètement ce qu'il faut retenir c'est que vous pouvez avoir dédié votre prépa à la physique, vous être passionné et avoir appris plein de choses super passionnantes pendant 2 ans, vous pouvez quand même tomber sur ce genre d'examineur qui va complètement vous démonter. Le plus important c'est de rester courtois et de ne pas tout foutre en l'air en l'agressant en retour ou en restant muet (c'est ce qu'il attend, comme ça il vous met 0 et basta). Et surtout, le plus important, c'est que même si ça vous arrive, une fois sorti ne vous démoralisez pas longtemps et ravalez la déception, oubliez l'oral, passez à autre chose et concentrez vous sur les prochains oraux dans les autres matières, avec la préparation que vous avez eu même avec un gros raté ça peut largement passer. Au final j'ai eu 6 si vous vous demandez, mais franchement je regrette pas ma performance puisque j'aurai juste pas pu faire vraiment mieux, c'était juste que j'ai pas eu de chance quoi, et ça peut arriver, faut accepter. Même si vous avez la haine et que vous êtes au fond du trou, n'abandonnez pas et battez-vous parce que c'est jamais fini et que vous en êtes largement capables si vous êtes admissibles.

XP.40 Pendule à compensation de température

XP-23-512

On considère une barre de section S , séparée en deux portions, la première de longueur ℓ_1 , de masse volumique ρ_1 et de coefficient de dilatation α_1 , et la deuxième de caractéristiques similaires indicées par 2. On définit les coefficients de dilatation de la manière suivante

$$\alpha_i = \frac{1}{\ell_i} \frac{d\ell_i}{dT}$$

On fixe un pivot à l'intersection des deux portions (la barre reste rectiligne mais elle peut basculer de part et d'autre, comme un pendule dont le pivot ne serait pas à l'extrémité)
 Peut-on choisir l_1 et l_2 de façon à ce que la période des oscillations ne dépende pas de la température ?

Déroulement et indications

1. Je commence par expliquer ce qui se passe, la température fait varier les longueurs mais les masses ne changent pas, seuls les bras de levier et les J changent.
 J'écris le TMC puis calcule les J , on obtient l'équation classique du pendule, je dérive le ω^2 par rapport à T pour avoir une condition de non dépendance.
2. A ce stade, j'ai une égalité affreuse faisant intervenir tous les paramètres (sauf g) qui me laisse un peu de marbre, je dis ce qui se passe si $l_1 \ll l_2$ par exemple mais ça n'aide pas.
3. L'examineur me demande si c'est vraiment les longueurs qui vont compter, je dis que c'est plutôt leur rapport, il acquiesce et me suggère de poser ce rapport, je fais de même avec les masses et les α et obtiens un polynôme de degré 3 en le rapport des longueurs, je dis qu'on a une solution car un polynôme de degré 3 admet une racine réelle. L'oral s'achève

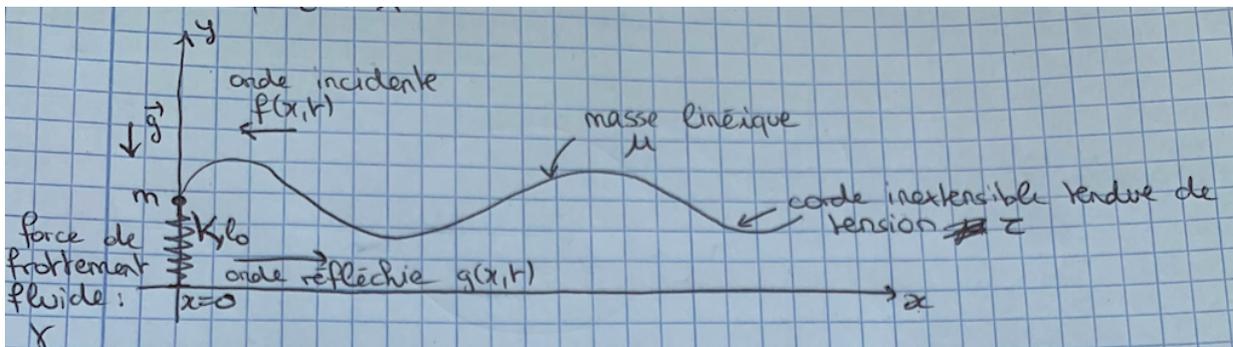
Exercice purement calculatoire sans grand intérêt. Examineur froid mais pas méchant, peu bavard.

XP.41 Ondes sur une corde

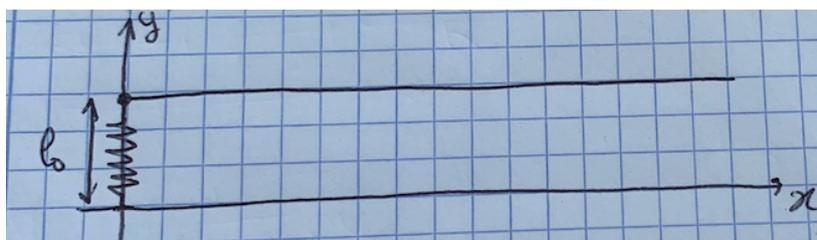
XP-23-513

On prend une corde de masse linéique μ à laquelle on attache une masse m , elle-même attachée à un ressort de raideur K et de longueur à vide l_0 . Le ressort est en fait un amortisseur et on modélise donc aussi des frottements fluide avec une constante γ .

On considère qu'il y a une onde f qui se propage dans la corde et g l'onde réfléchie



On l'absence d'onde, la corde est tendue et la masse m est à l'équilibre.



1. Trouver c par analyse dimensionnelle, est-ce valable pour une guitare ?
2. On prend des OPPM. Déterminer le coefficient de réflexion, quelle est la part d'énergie dissipée par le frottement fluide ?

Déroulement et indications (Élève α) Globalement j'ai été assez nulle, je me suis beaucoup embrouillée dans mes calculs. Pour résoudre j'ai appliqué un PFD à la masse m pour trouver son oscillation puis j'ai dit que $f + g$ devait valoir cette oscillation. J'ai fait énormément d'erreur de calcul et j'ai été très lente. A la fin l'examineur m'a dit que je devais être plus combative (je pense avoir eu le même que Maëlle) et il m'a dit qu'il devait le dire à toutes les filles

XP.42 Piéger des atomes dans la lumière

XP-23-514

Un faisceau gaussien permet de piéger les atomes.

Dans le faisceau lumineux, l'atome considéré a une polarisation \vec{d} telle que

$$\vec{d} = \gamma \vec{E}$$

L'énergie potentielle s'écrit alors

$$U = -\vec{d} \cdot \vec{E}$$

U proportionnel à I avec $U = -\alpha I$.

1. Définir I , trouver α .
2. Expliquer comment il est piégé, définir la profondeur du puits U_0 .
Le faisceau gaussien a une intensité donnée par :

$$I = I_0 \left(\frac{w_0}{w(z)} \right)^2 \exp\left(-2 \frac{(x^2 + y^2)}{w^2(z)} \right)$$

Avec $w(z) = w_0 \sqrt{1 + (z/Z)^2}$

3. Calculer la pulsation des petites oscillations en fonction de U_0 et des paramètres.
4. On veut piéger un atome de sodium. Sa fréquence d'oscillation est 500 Hz. $w_0 = 40 \mu\text{m}$. À quelle condition sur la température les atomes restent-ils piégés?

Proche Ecrit X-ENS MP 2020

XP.43 Particule dans E et B

XP-23-516

On considère une charge q dans un champ $\vec{E} = E_\theta(r, t) \vec{u}_\theta$ et un champ $\vec{B} = B(r, t) \vec{u}_z$

1. Expliquer le principe.
2. Condition sur B pour avoir un mouvement circulaire.

Déroulement et indications (Élève α) On doit avoir $B(R, t)$ affine.

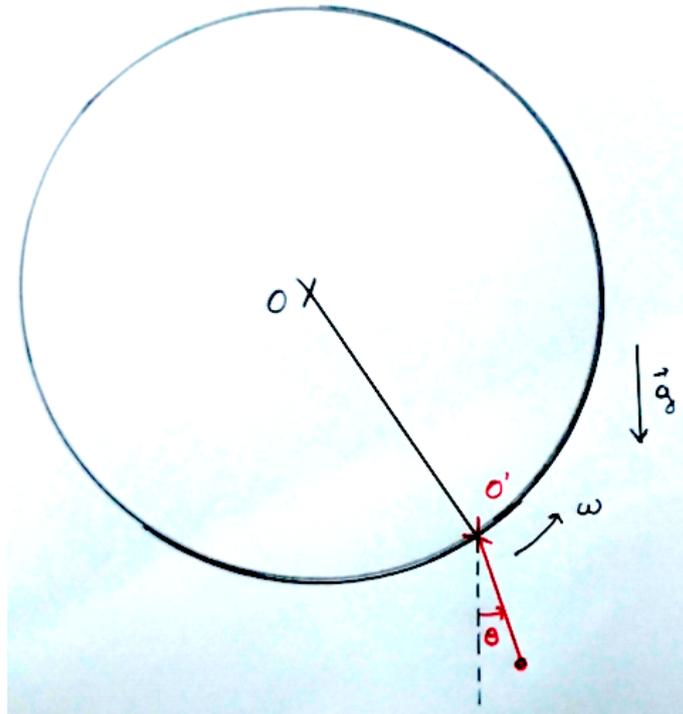
$$B(R, t) = Cste + \frac{1}{R^2} \left(\int_0^R \frac{\partial B}{\partial t}(r, t) r dr \right) t$$

Examineur désagréable et lourd. Il me fait répéter sans arrêt, me fait perdre 10 minutes à essayer de me faire prendre la norme de la vitesse alors que je la prenais algébrique. Les signes se seraient compensés à la fin. J'ai fini l'exo mais de manière trop lente.

XP.44 Pendule en rotation

XP-23-517

On considère le système suivant : un pendule simple de masse m est accroché à un point O' , celui-ci tournant à vitesse constante ω autour d'un point O .
 On note a la distance OO' et l la longueur du pendule.



1. Déterminer les équations du mouvement.
2. Trouver la solution de l'équation approchée.

J'explique tout d'abord en quoi le mouvement est plan.

Puis pour la première question, j'effectue un TMD dans le référentiel O' non galiléen. Je perds beaucoup de temps sur le paramétrage; je prends mes axes dans un sens puis commence à exprimer mes différentes forces, mais l'examineur me demande de changer le sens de l'un de mes vecteurs. Je m'embrouille alors sur les différents signes.

Il me pose des questions sur les forces d'inertie, me demande comment s'appelle une force radiale attractive (j'ai le nom centripète mais je ne pense pas à centrifuge). Une fois le TMD effectué, on obtient une première équation différentielle compliquée. Puis on utilise le fait que la pulsation $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \ll \omega$ pour effectuer une approximation en développant le cosinus.

On obtient alors l'équation différentielle approchée suivante :

$$\theta''(t) - \omega_0^2 \theta = \frac{\omega^2 \omega_0^2 a}{g} \cos(\omega t)$$

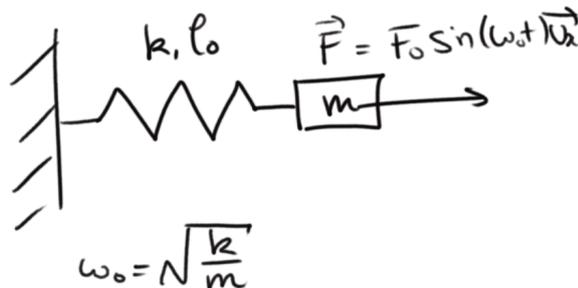
L'examineur me demande ensuite de résoudre cette équation. J'explique qu'on peut regarder l'équation homogène mais que trouver une solution particulière ne sera pas évident. Il me demande comment on fait habituellement pour résoudre une équation en cosinus mais je ne vois pas. Il m'explique alors qu'il suffit de postuler que la solution est elle aussi en cosinus.

L'examineur écoutait ce que je disais et me laissait réfléchir, mais me donnait des indications lorsque je ne voyais vraiment pas quoi faire.

XP.45 Pendule paramétrique

XP-23-518

On considère un système masse ressort.



1. Rappeler l'expression de la période du mouvement de la masse.
2. On applique une force sinusoïdale pendant une demi-période, que se passe-t-il ?
3. Au bout d'une demi période, on réapplique la même force, que se passe-t-il ?

Déroulement et indications

1. On part simplement de $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.
2. En appliquant de PFD, on obtient l'équation différentielle suivante :

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \sin(\omega_0 t)$$

J'étais parti sur une MVC mais je me suis vite arrêté pour "deviner" une solution. On cherche alors x sous la forme $x = \alpha t \cos(\omega_0 t)$. En réinjectant, on trouve une expression pour α . La solution générale est alors de la forme $\alpha t \cos(\omega_0 t) + A \cos(\omega_0 t) + B \sin(\omega_0 t)$.

Pour trouver A et B , l'examineur me demande de considérer que $x(0) = 0, \dot{x}(0) = 0$.

3. En posant $t' = t - \frac{T}{2}$, on étudie le même problème avec des conditions initiales différentes.
4. Question qualitative sur l'énergie fournie à la masse m en une période.

Je n'ai pas été aussi rapide que voulu mais ma perf n'est pas à plaindre non plus. L'examineur était un peu froid, mais rien de bien déstabilisant, il donnait des petites indications de temps en temps (notamment quand il a fallu deviner la forme d'une solution particulière de l'équa diff).

XP.46**Circuit RC**

XP-23-519

On considère un circuit CR . On impose en entrée V_A une fonction porte, et on mesure la sortie V_B aux bornes de la résistance. Tracer la réponse en fonction du temps.

Sillage

XP-23-529

Un bateau dans un lac provenant de l'infini orthogonalement à la rive commence à faire des ronds de rayon R à la vitesse $v_0 = 18$ km/h. Le centre de la trajectoire est à distance $2R$ de la rive. En chaque instant, le bateau émet des vagues dans toutes les directions, qui vont à la vitesse $u = 9$ km/h. Les premières vagues arrivent sur la côte après un temps $T = 3$ min.

Déterminer le rayon R de la trajectoire du bateau.

Physique des vagues

XP-23-530

Commençons par quelques questions un peu en vrac, mais qui suivent un ordre à peu près logique.

1. Comment connaît-on la vitesse des vagues ? De quoi dépend-elle ? Qu'est-ce qui fait qu'elles se propagent ?
2. Quelle est l'homogénéité de la tension superficielle ? Pourquoi ? Qu'est-ce que cela traduit ? Pourquoi une goutte d'eau sur une table est-elle plus étendue que sur un K-way ?
3. On donne $E = \sigma S$, et on considère une bulle d'air de rayon r dans de l'eau. Calculer la différence de pression entre l'air dans la bulle et l'eau.
4. Avec ceci, expliquer comment la sève monte dans les arbres.

indice : Lorsqu'on observe une feuille d'arbres au microscope, on peut observer une multitude de petits trous circulaires. Ceux-ci sont incrustés dans la feuille, et communiquent avec l'extérieur.

Déroutement et indications L'oral commence par un exercice de cours. Je parviens à le résoudre en 10 ou 15 minutes, ayant hélas fait une petite erreur dans la jonction des solutions de l'équation différentielle trouvée sur V_B , rapidement corrigée après avoir été signalée par l'examinateur.

Le second exercice était plus déstabilisant cependant, mais s'apparente en réalité à un exercice de maths. En effet, cet exercice ne demande absolument rien, à part une petite intuition sur les paramètres à introduire. Le bateau allant plus vite que les vagues, et se dirigeant dans son virage vers la côte, on sent bien que dans un premier temps, la composante de la vitesse orthogonale à la rive est plus grande que la vitesse des vagues, puis la situation s'inverse. Ainsi, il est intéressant d'introduire l'angle θ parcouru par le bateau au cours du temps, un référentiel polaire en somme. Il s'agit ensuite de calculer cet angle à l'instant où le bateau émet la vague qui touchera la rive en premier. Quelques considérations de géométrie permettent de déterminer R comme racine d'une fonction affine.

Il me semble qu'il devait me rester 20 ou 25 minutes à la fin de cet exercice.

C'est ici que l'oral devint violent. Alors que je m'apprêtais à réaliser mon application numérique, l'examinateur m'interrompit, et me demanda alors comment pouvait-on connaître la vitesse des vagues. J'étais décontenancé (au moins). S'ensuit alors une période d'échange, ou plutôt d'interrogatoire.

A propos de la physique des vagues, je me souviens du concept de tension superficielle que j'avais vu en Sup lors d'une colle avec M. Fosset. J'expliquais alors à l'examinateur, qui maintenant était à mes côtés au tableau, mon intuition, en tentant d'éviter de dire le mot, puisque je n'y connaissait rien, en parlant de la forme des bulles d'eau sur une table. Cependant, je fus obligé de parler de tension superficielle pour clarifier ce que je tentais de paraphraser.

Il dit alors : "Ah mais c'est très intéressant ça !", puis il m'expliqua que c'était la gravité qui était responsable de l'avancée des vagues, mais puisque nous étions sur le sujet, il me bombarde de questions sur ce concept que je ne maîtrise pas, me dispensant ainsi un cours de 5 ou 10 minutes.

Il me proposa alors l'exercice sur la bulle d'air. Il s'agit ici d'isoler l'interface entre les deux milieux, et d'égaliser force pressante de l'air, et force dérivant de l'énergie potentielle de tension superficielle. L'examinateur m'interrompt encore une fois au milieu de cet exercice, signalant la fin de l'oral, alors qu'il me restait encore 10 minutes : heureusement que j'avais mon chronomètre.

Ayant finalement trouvé une expression, l'examinateur me posa alors une question de bio pour les 5 à 8 minutes qu'il me restait.

Je sortis de l'oral en panique absolue, sans doute à cause du stress initial, de l'adrénaline, et surtout de la phase où j'ai été cuisiné. En réalité, c'était un oral exceptionnel.

Les rapports de jury précisent qu'il existe deux types d'examineurs : ceux qui proposent en premier lieu un exercice de cours qu'il s'attendent à voir résolu en une dizaine de minutes, et ceux qui proposent directement un exercice coriace. Mon examinateur était du premier type.

Il était assez bienveillant, bien que peu loquace en dehors de la phase de question-"réponse", i.e. lorsqu'il a eu envie de "parler physique".

*Il ne faut jamais se démonter lorsqu'on tente d'expliquer une intuition. Les questions n'étaient, je pense, pas là pour me déstabiliser, mais pour me faire arriver à expliciter clairement, avec des concepts physiques (même hors programme), cette intuition. Ma réticence initiale à dire le mot était néanmoins une bonne idée parce que tous les examinateurs ne sont pas pareil, mais le mien avait manifestement envie que je le dise : ne pas hésiter dans ce cas là. Lorsqu'on manque de mots ou de modèle, il faut tenter de proposer une observation physique (la goutte d'eau n'a pas grand'chose à voir avec une vague). **Dans un cas de bombardement de question, il ne faut surtout pas rester muet.***

Enfin, je pense que m'habiller en orange a eu un effet au moins psychologique sur l'oral.

XP.47 Ondes électromagnétiques

XP-23-521

On considère un métal globalement neutre constitué d'ions et d'électrons de densité n pouvant se déplacer en étant soumis à une force $\vec{F} = -mb\vec{v}$.

Un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B_0\vec{u}_z$ règne dans le milieu et on envoie une onde $\vec{E} = e^{i(\omega t - kz)}(E_1\vec{u}_x + E_2\vec{u}_y)$ sur le métal.

Questions posées à l'oral

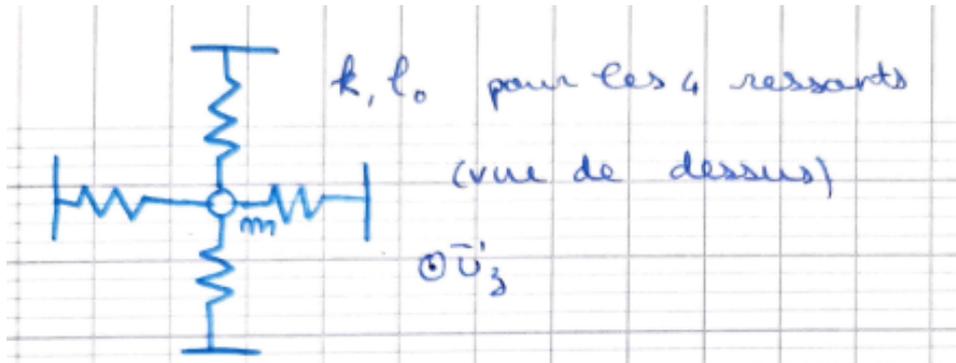
1. a) Quelle est l'homogénéité de b ?
 b) Discuter de la forme de \vec{E}
 c) Discuter de la validité de la forme de la force de frottement \vec{F} .
2. Exprimer la vitesse d'un électron en fonction de \vec{E} .
3. Trouver un lien entre le courant et \vec{E} .
4. Etablir la relation de dispersion.
5. Etudier cette relation.

Examinateur froid (étonnant pour un dimanche après midi) qui me faisait reprendre mes erreurs de calcul à la fin de mon raisonnement.

Il faut passer en complexe dès la question 2 pour alléger les calculs...

XP.48 4 ressorts

XP-23-522



1. Donner la résultante des forces des 4 ressorts.
2. On fait tourner le système selon \vec{u}_z . Que se passe-t-il?

III. Polytechnique épreuve de Chimie

XC.1 Estérification

XC-23-101

On considère la réaction d'estérification de l'éthanol avec l'acide acétique formant de l'acétate d'éthyle et de l'eau :



1. Préciser la structure des réactifs et des produits.
2. On fait réagir 1 mole d'éthanol avec une mole d'acide acétique, on forme 0,667 moles d'eau. Calculer le rendement de la réaction ainsi que sa constante de réaction, commenter.
3. On observe que le rendement de cette réaction ne dépend pratiquement pas de la température. Expliquer en réfléchissant sur les liaisons formées et dissociées lors de la réaction.
4. Calculer l'entropie de réaction à 298K, commenter.
5. Si le ballon dans lequel la réaction a lieu n'est pas complètement sec et contient un peu d'eau, comment est modifié le rendement ?
6. On mélange maintenant 10 moles d'éthanol et 1 mole d'acide acétique, calculer le rendement et commenter.
7. Finalement on mélange 2 moles d'éthanol, de méthanol et d'acide acétique (2 moles de chaque), à l'équilibre on obtient 1,764 moles d'eau. Déterminer l'état final du système et calculer les constantes de réaction.
8. La dernière question parle de catalyse avec des bases mais je ne suis plus très sûr.

Données Aucune, si ce n'est le tableau périodique déjà mentionné.

Déroulement et indications (Élève α)

1. J'écris les formules semi-développées, j'identifie les familles avec les différents groupes caractéristiques. Il me demande ensuite comment justifier la miscibilité, je parle du fait que les molécules soient organiques et il me répond que l'eau ne l'est pas ; ce à quoi je répond par de la polarité, il semble content.
2. Je fais (assez lentement) le tableau d'avancement, j'écris la constante de réaction puis résous pour trouver K après avoir défini et calculé le rendement. Il me demande comment je définis les activités, je comprends (ce que j'avais déjà un peu compris mais ignoré) que la réaction n'est pas en phase aqueuse. Je lui dis qu'on a dit en cours que pour un liquide ou un solide l'activité vaut 1, qu'en phase aqueuse c'est la concentration normalisée et qu'en phase gaz c'est la pression, normalisée mais que je ne sais pas vraiment traiter une telle réaction. Il me dit que c'est la fraction molaire et donc qu'ici "on a de la chance" et ça marche. On trouve $K_1 = 4$.
3. Je ne sais pas trop quoi dire, j'évoque Van t'Hoff qu'il me demande de rappeler ce que je fais, et en déduis que l'hypothèse sur le rendement (qui est en fait une hypothèse sur la constante d'équilibre en vertu du TA) donne que la réaction est athermique. Il me dit que pour expliquer cela on va regarder l'aspect thermodynamique de la réaction et me demande de réécrire les formules semi-développées pour y voir plus clair. On trouve que toutes les liaisons cassées sont reformées ailleurs d'où un équilibre thermique.

4. Ici je bugge, je ne sais plus rien sur l'entropie standard de réaction à part la pseudo loi de Hess que je mentionne en sachant bien qu'elle est inutile du fait du manque de données. J'écris une formule fautive que je piffe un peu (homogène néanmoins), je lui explique comment je l'ai construite, il comprend mais elle reste fautive. Il me demande comment relier les entropies et enthalpies standard de réaction à K , je comprends que c'est la formule $\Delta_r G^0 = -RT \ln(K^0)$, que j'écris d'abord avec un H ce qu'il me fait remarquer directement, il semble ne pas m'en tenir rigueur. On en déduit la réponse avec les approximations raisonnables, on trouve $11 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
5. Je mentionne le déplacement d'équilibre et dis que le rendement diminue, ça lui suffit.
6. Pareil, mais cette fois le rendement augmente et il me dit qu'on va faire le calcul. Pas bien méchant, on connaît K . On tombe sur une équation de degré 2; je fais une petite erreur dans l'AN qu'on identifie très vite et finalement on trouve un rendement de 0,97. Il me demande quel serait l'intérêt industriel de cette méthode, je ne sais plus trop ce que j'ai baragouiné mais il avait l'air plutôt content.
7. La question difficile, je n'ai jamais traité deux réactions simultanées. Je commence par expliquer quelle est la deuxième réaction qui a lieu, puis je fais un tableau d'avancement bizarre mélangeant les deux réactions. Il me dit alors "alors là je suis pas d'accord"; je ne sais pas trop quoi faire et il me dit de faire deux TA. Pendant que j'efface et que je trace les nouveaux TA il me demande si j'ai déjà traité un tel exo, je lui réponds que non, il me dit qu'on va le faire quand même. Je fais intervenir les deux avancements dans les deux tableaux, j'explique qu'on connaît $\xi_1 + \xi_2$. Avec K_1 on peut en déduire ξ_1 (on ne fait pas l'AN) puis on peut obtenir ξ_2 avec ces deux données et finalement l'état final, avec constantes de réactions etc; fin de l'oral une ou deux minutes après sa sonnerie qu'il me demande d'ignorer.

Très bon oral je pense, malgré la petite bourde en thermochimie. Plein de petits commentaires chimiques, quasiment fini l'exo ce que je crois assez rare. Très content d'avoir revu des bases de chimie orga, je vous conseille d'en faire de même en plus des cours de prépa. Très content également d'éviter la cristallo et les diagrammes courant-potentiel que je maîtrise moins finement. (mais révisez-les quand même!)

Examineur très neutre, vérifie tous les résultats et guide quand nécessaire.

Déroulement et indications (Élève β)

XC-23-203

1. Je m'emmêle les pinceaux au moment de définir un acide, puis je reprends mon calme. Elle me demande un couple célèbre acido-basique, je donne, et à ce moment-là j'ai l'impression de ne rien savoir, et j'écris sans m'en rendre compte $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. C'est marrant, ce n'est pas le premier auquel on penserait...
2. Pareil, il a fallu que je creuse dans mes souvenirs de mathématiques supérieures pour savoir ce qu'était un rendement. Il vaut $2/3$, et la constante d'équilibre vaut 4, que je commente. Il faut préciser qu'on est en milieu anhydre donc qu'un tableau en quantité de matière pour l'eau a un sens vu que ce n'est pas le solvant.
3. Il y a autant de liaison qui se brisent et se créent (2), donc les énergies libérées vont se compenser. J'avais du mal à trouver l'argument et je mélangeais beaucoup de choses, donc elle m'a aiguillé.
4. Avec la question précédente, la loi de Van't Hoff et l'approximation d'Ellingham permettent de trouver $\Delta_r S = 11,5 \text{ J.K}^{-1} \text{ .mol}^{-1}$. Je commente le signe, elle ne dit rien.
5. Je dis qu'il y a déplacement d'équilibre, mais je me suis trompé de sens, elle me le signale, puis je conclus qu'il y aura moins d'ester formé.

6. Je démarre par une confusion, avant de calculer l'avancement final en résolvant une équation de degré 2. Je fais un erreur de calcul et je lui dis que ce que je trouve est aberrant. Elle confirme et me dit que l'oral s'arrête là.

Oral moyen. J'ai bien avancé, mais j'ai été ralenti par pas mal de confusions de ma part au niveau des acides, des liaisons chimiques et des quotients réactionnels. L'examinatrice était tantôt contente, tantôt sceptique. Elle intervenait occasionnellement, mais à bien y réfléchir elle ne m'a jamais aidé.

XC.2 Précipitation du soufre

XC-23-505

- Structure électronique du soufre. Nombre d'électrons de valence.
- Formule de Lewis de H_2O , de H_2S et de H_2Se .

On donne la température d'ébullition (sous 1 bar) de ces molécules :

	H_2O	H_2S	H_2Se
T_{eb}	$100\text{ }^\circ\text{C}$	$-49\text{ }^\circ\text{C}$	$-56\text{ }^\circ\text{C}$

- Expliquer cette évolution.
- On donne $\Delta_f H^\circ(H_2S(aq)) = -39,8\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\Delta_f H^\circ(H_2S(g)) = -20,6\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $S^\circ(H_2S(aq)) = 121,4\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$, $S^\circ(H_2S(g)) = 205,8\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. Calculer la constante K_1 de $H_2S_{aq} = H_2S_g$.
- On donne pour H_2S $pK_{a1} = 7,04$ et $pK_{a2} = 11,96$. Calculer le pH d'une solution sous 1 bar de H_2S .
- On donne les $pK_s(MnS) = 12,5$, $pK_s(FeS) = 17,5$, $pK_s(CoS) = 24,6$. Déterminer leur pH limite de précipitation.
- Expliquer comment extraire les 3 cations.

Données Tableau périodique à disposition.

Déroulement et indications (Élève α)

- Voir cours.
- Etudier la présence ou non de liaisons hydrogènes, comparer les interactions de Van der Waals en fonction de la taille des atomes.
- Comparer l'électronégativité des atomes.
- Utiliser la loi de Hess et la forme intégrée de la relation de Van't Hoff
- Considérer la réaction acido-basique du couple H_2S/HS^- , la réaction du couple HS^-/S^{2-} est négligeable (la solution est acide).
- Utiliser les calculs précédents à l'apparition du premier grain de précipité.

L'examineur était agréable. Il est intervenu dès qu'il le fallait.

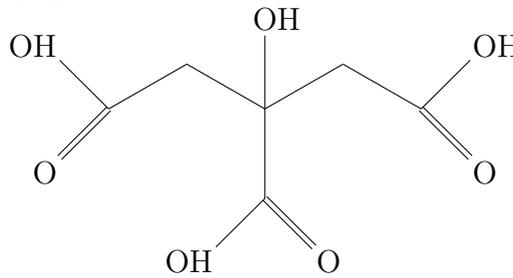
XC.3 Acide citrique

XC-23-508

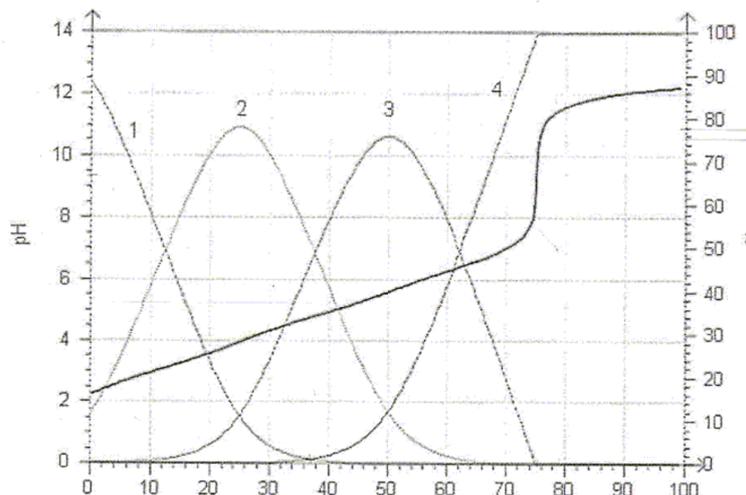
On titre un volume V_0 d'un acide faible de K_a environ 10^{-4} de concentration $C_0 = 10^{-1}$ M par de la soude NaOH notée B, de concentration C_B .

On définit le pouvoir tampon $\beta = \frac{dC_B}{dpH}$

1. Calculer le pouvoir tampon en fonction de x , la fraction molaire de la base faible dans le becher.
2. Pour quel x le pouvoir tampon est-il maximum ? Quel est alors le pH ? *A l'oral* : interprétation sur une courbe de dosage, y a-t-il des avantages à prendre une concentration initiale en acide plutôt qu'une autre ? Un pK_a plutôt qu'un autre ?
3. Calculer β pour une concentration initiale $C_0 = 10^{-1}$ M et $pK_a = 4,75$.
L'acide citrique (H_4Cit) a 4 pK_a différents : 3, 4, 5 et 16. On en titre une solution de volume $V_0 = 100$ mL par de la soude à $C_B = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.



4. Pourquoi les pK_a sont-ils si différents ?
5. Pourquoi ne voit-on qu'un seul saut de pH ? (*Le quadrillage du graphe faisait en effet qu'il était impossible de voir le moindre changement dans la pente de la droite*)
6. Calculer la concentration en acide citrique.
7. Associer à chaque courbe l'espèce qui convient.
8. Graphiquement, comment peut-on retrouver les 3 premiers pK_a ?
9. Calculer le pH pour $V = \frac{1}{3}V_{eq}$, $\frac{2}{3}V_{eq}$ et V_{eq} .



Déroulement et indications (Élève α)

1. Il me dit dès ma première phrase que x c'est le titre par rapport à la concentration d'acide.
2. Pas de problème
3. idem
4. Je lui dis qu'il existe une grande différence entre le 3e et le 4e à cause des différences de fonctions. Il essaye de me faire expliquer pourquoi les H de droites et de gauches n'ont pas les mêmes pK_a sans grands succès.
5. Il me demande si je connais un critère quantitatif sur la différence de pK_a minimale pour voir le saut de pH, apparemment c'est 4.
6. Je ne l'ai pas compris tout de suite mais on nous demande simplement de titrer la solution en exploitant le saut visible.
7. Pas de problèmes.
8. C'est une question de diagramme de prédominance.
9. On trouve la moyenne des pK_a .

Examineur un peu blasé, mais cependant pas désagréable.

Déroulement et indications (Élève β)

XC-23-104

1. Je réponds que la différence provient de l'asymétrie de la molécule. L'examinatrice me demande pour quel groupement on a $pK_a = 16$. Je réponds pour l'alcool. Elle acquiesce.
2. Je fais un diagramme de prédominance puis j'écris la réaction qui se produit. Elle acquiesce puis me repose la question 2. Je ne sais pas quoi dire d'autre, on tourne en rond puis, à court d'idées, je lui réponds que les domaines de prédominance sont trop petits et donc on n'a pas le temps de voir des sauts de pH. Elle acquiesce.
3. Il faut simplement regarder le volume à l'équivalence et calculer. Je prends beaucoup trop de temps à m'en rendre compte.
4. Je lui dis que pour 2 couples, on a $pH = pK_a$ à la demi-équivalence. Elle me demande de le redémontrer, je prends du temps en voulant le faire proprement. Pour le cas de l'acide citrique, je lui dis qu'on regarde les intersections entre les courbes de répartition mais je ne sais pas comment continuer. Elle me dit de regarder le pH sur la courbe de dosage en l'abscisse de l'intersection. En effet, ça fonctionne.
5. Je fais essentiellement des calculs faux. Elle me pose quelques questions à l'oral pour tenter de rectifier mes erreurs et on s'arrête là.

Examinatrice sympathique, sans doute fatiguée au vu de la longue liste d'émargement mais qui suivait bien ce que je disais. Elle semblait contente de mon début d'oral mais à partir de la question 3, sa déception est devenue proportionnelle à mon temps de réponse et à la non-véracité de mes propos.

XC.4 Thermochimie

XC-23-105

On considère une réaction chimique qui réalise un transfert thermique Q avec un thermostat à T_0 et à P_0 .

1. Énoncer le second principe pour ce système. En quoi s'agit-il d'une loi d'évolution?
2. Montrer que $\Delta H = Q$ puis exprimer la différence d'enthalpie libre en fonction de S_{cr} et T_0 .
3. On fait réagir $n_0 = 1$ mol de dihydrogène avec une mole de dichlore selon la réaction $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ à l'équilibre avec un thermostat à T_0 . On donne $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$.
Exprimer K° pour la réaction. Commenter.
4. Exprimer le potentiel chimique pour un réactif.
5. Exprimer l'enthalpie libre de réaction en fonction de R, T, n_0 et $\Delta_r G$.
6. On considère la réaction $N_2O_4 = 2NO_2$ et on donne $\Delta_f H^\circ$ et S_m° pour chacune des espèces.
Donner la structure de Lewis des molécules mises en jeu.
7. Calculer les enthalpie et entropie standards de réaction.

Déroulement et indications (Élève α)

L'oral s'est plutôt bien passé. J'avais le droit à la calculatrice et l'examineur m'a aidé pour la formule de Lewis avec les charges formelles.

L'examineur semblait pressé de rentrer chez lui mais il n'était pas désagréable.

Déroulement et indications (Élève β)

XC-23-401

- Je suis parti sur la loi de Van't Hoff pour la question 2 mais l'examineur m'a dit d'utiliser plutôt $\Delta_r G^\circ$. En effet la constante d'intégration nécessaire pour utiliser Van't Hoff était inconnue.
- D'après les données, le calcul de la question 2 donne l'information que la réaction est totale ($K_1^0 \approx 10^{37}$).
- Je ne savais plus ce qu'était un potentiel chimique. Après que j'ai affirmé que c'était G et déroulé des calculs sans réelle pertinence, l'examineur m'a donné la réponse à la question 4 que j'aurais dû, d'après lui, connaître par cœur.
- L'examineur m'a fait sauter la question 6 pour passer directement à la 7.

Il est recommandé de se souvenir du cours de thermochimie même 2 mois après les écrits...

XC.5 Le fer

XC-23-106

1. Le fer possède 4 isotopes stables, dont les nombres de masse sont 54, 56, 57 et 58. Le fer 57 et le fer 58 existent en proportion négligeable devant les autres. Calculer l'abondance relative du fer 54 et du fer 56.
2. Après avoir représenté une maille, calculer la compacité et la masse volumique du fer γ , qui cristallise selon une structure cubique à faces centrées.

3. Quels sites interstitiels peuvent recevoir des atomes de carbone ?
4. Quels sont les différents nombre d'oxydation existant pour le Fer
5. On solubilise 3 g de FeCl_3 dans 200 mL de solution. Quel pH doit-on avoir pour observer une précipitation de $\text{Fe}(\text{OH})_3$?
6. On se place maintenant dans une solution tampon contenant $0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de NH_3 et $0,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de NH_4^+ . Calculer la solubilité de $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
7. Il restait un peu de temps, l'examinatrice m'a posé quelques question en plus : pourquoi une solution tampon comporte-elle généralement un mélange équimolaire de la base et de l'acide d'un couple ? Dessiner la courbe de dosage de NH_4^+ par une base faible.

Données

- $M(\text{Fe}) = 55,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $Z(\text{Fe}) = 26$
- rayons atomiques du carbone et du fer : $r(\text{Fe}) = 0,140 \text{ nm}$, $r(\text{C}) = 0,077 \text{ nm}$
- $\text{pKs}(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 38$, $\text{pKa}(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9.2$

Déroulement et indications (Élève α)

1. Je pose immédiatement a la proportion de fer 54 et j'exprime la masse molaire du fer en fonction de a en tenant compte du fait que celle de fer 56 vaut avec les hypothèse $1 - a$. Je fais l'application numérique, l'examinatrice acquiesce.
2. Je fais un dessin approximatif de maille, et je compte le nombre d'atomes par maille. Après quelques calculs, je fais ici encore les applications numériques, et l'examinatrice acquiesce à nouveau.
3. C'est ici que les choses se corsent : je ne sais plus placer les sites tétraédriques et octaédriques. Après un échange plein de confusion avec l'examinatrice, elle finit par m'aider, et je parviens à mener le calcul à partir des rayons du fer et du carbone. Conclusion : aucune insertion n'est possible.
4. J'écris la configuration électronique du fer, et je dis que les nombre d'oxydation accessibles pour le fer sont $+2$ et $+3$, mais je n'ai aucune idée de comment le justifier. S'ensuit un échange avec l'examinatrice, je parviens à justifier que le niveau $+2$ est accessible en enlevant les deux électrons de la dernière couche s . Pour le niveau $+3$, il s'agit d'enlever un électron supplémentaire afin que la couche d soit remplie à moitié, et l'examinatrice m'explique qu'il s'agit de moyenner les nombres de spin des électrons. Je ne comprends pas vraiment son explication, mais on passe à la suite.
5. Je calcule la concentration en ions Fe^{3+} dans la solution à l'aide des hypothèses, et j'écris la condition de solubilité sur les concentrations en fonction du pKs. S'ensuivent de laborieux calculs et beaucoup de confusion pour relier la concentration en ions OH^- au pH, mais avec un peu d'aide de l'examinatrice, je parviens à une expression, et une application numérique me donne un résultat absurde. Je tente de corriger mon résultat, mais je n'y arrive pas vraiment dans ma confusion. L'examinatrice me pose une ou deux questions qualitatives ("au vu du pKs, devrait-on avoir solubilité à des pH faibles ou élevés ?"), et on passe à la suite.
6. Je calcule le pH de la solution tampon, mais je fais une erreur de signe qui fausse mon résultat. L'examinatrice me fait corriger mon résultat en me demandant si le pH obtenu est cohérent ; je m'emmêle ensuite (encore) dans mes calculs pour obtenir la solubilité, mais j'y parviens finalement, avec une application numérique ici aussi fausse, que j'arrive malgré tout à corriger.

7. J'échoue plus ou moins complètement à répondre à ses questions supplémentaires. Au bout d'un moment, elle m'arrête et me dit que l'oral est terminé.

Examinatrice plutôt sympathique et efficace, semblait parfois excédée par mes (nombreuses) erreurs de calcul, mais malgré beaucoup de confusion de ma part et une connaissance superficielle de la chimie, l'oral s'est plutôt bien déroulé.

XC.6 Phosphore

XC-23-103

1. Donner la structure électronique du phosphore et ses degrés d'oxydation minimaux et maximaux
2. Le phosphore solide existe sous deux formes, blanc et rouge. Laquelle est (thermodynamiquement) stable à 25°C ?
3. Le phosphore solide se sublime en phosphore gazeux P_4 ? Quelle température faut-il atteindre pour avoir du phosphore gazeux sous pression de 1 bar ?
4. Donner la structure de Lewis de HPO_4^{2-}
5. Deux autres questions de cinétique chimique non traités, réactions simultanées.

Données

- Des enthalpies et entropies standards pour les 3 espèces de phosphore considérées, dont je ne me rappelle plus les valeurs.

Déroulement et indications

1. Je fais les questions 1 et 2 sans trop de difficultés, bien qu'étant un peu lent. Elle me reprend sur le fait que j'ai mis une simple flèche au lieu d'une double pour écrire l'équilibre ("c'est faux") et que je considère l'enthalpie libre standard et pas l'enthalpie libre pour conclure (dans ce cas elles sont identiques).
2. Pour cette question facile j'ai eu des problèmes. J'écris l'équilibre correspondant, mais omet qu'il y a 4 atomes de phosphores sous sa forme gazeuse, et qu'à pression de 1 bar le phosphore est à l'état d'équilibre (j'écris le quotient de réaction, il est donc égal à la constante d'équilibre). Une fois ces deux incompréhensions réglées je propose d'utiliser la relation de Van't Hoff, qui permettra de conclure avec les données thermodynamique à 25°C à disposition (j'annonce ma stratégie). C'est très long, je fais de plus une erreur de calcul et j'aboutis à une formule fautive, je me rends compte en faisant l'application numérique. Elle ne me laisse pas chercher mon erreur, me dit que ma formule n'est pas homogène (ce n'était pas le cas, je lui réponds sur ce point, en admettant qu'elle est fautive), puis me dit qu'il suffisait d'utiliser la relation d'Ellingham pour trouver la température désirée, en remarquant que l'enthalpie standard de réaction était nulle. Je procède alors à l'application numérique rapidement, j'avais déjà tout calculé dans mon raisonnement long.
3. Pour la dernière question il reste 3 minutes, j'ai une intuition de la formule mais n'arrive pas à placer le H et les charges négatives, j'efface plusieurs fois ce que je fait pour réécrire la même chose. L'oral s'arrête, elle me dit que le phosphore est au centre, les charges sur l'oxygène par électronégativité.

Je suis extrêmement déçu : je perds du temps et des points sur un calcul inutilement long, et elle me laisse faire en sachant très bien qu'il y a plus simple. J'aurais pu traiter au moins une question de cinétique si j'avais trouvé la bonne méthode pour la 3, ce qui est très frustrant. Je ne comprends pas pourquoi elle m'a laissé faire au lieu de mieux tester mes capacités en chimie.

XC.7 Complexe du cuivre

XC-23-201

On considère une solution aérée et acidifiée.

1. Donner la configuration électronique du cuivre et de l'azote.
2. On met du cuivre solide dans une solution oxygénée. Calculer $[\text{Cu}^{2+}]$ à l'équilibre. En réalité, l'oxydation est très lente. Pourquoi? Tracer la courbe $I - E$.
3. Donner le schéma de Lewis de N_2 , NH_3 et NO_2 .
4. Déterminer le taux de dissociation de NH_3 en solution aqueuse.

NH_3 et Cu^{2+} réagissent pour former le complexe $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^{2+}$ avec une constante d'équilibre $K_4 = 10^{12}$. On mélange deux moles de NH_3 et deux moles de $(\text{NH}_4^+, \text{Cl}^-)$.

5. Quelle est la propriété de cette solution?

On ajoute 10^{-2} mol de Cu^{2+} .

6. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ va-t-il précipiter?
7. En présence d'ammoniac, donner le potentiel du couple Cu^{2+}/Cu en fonction de E_1° et de K_4 .

Données : $E_1^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$; $E_1^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$; $pK_a(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9,2 \text{ V}$; $K_s(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 4,8 \times 10^{-20}$

XC.8 Pile et Zinc

XC-23-202

On étudie la réaction $\text{ZnCl}_2(\text{NH}_3)_{2(s)} = \text{ZnCl}_{2(s)} + 2\text{NH}_{3(g)}$

1. Donner la configuration électronique du Zinc ($Z = 30$). Préciser les états d'oxydation les plus stables. Préciser pourquoi NH_3 est une base de Brönsted.
2. On constitue une pile



Dessiner la pile, écrire l'équation de fonctionnement, donner le sens de déplacement des électrons dans le circuit.

3. Comment les charges sont échangées dans la solution.
4. Déterminer $\Delta_r G^\circ$ à partir de la force électromotrice de la pile.
5. ?

XC.9 Physique nucléaire puis chimie organique

XC-23-204

L'uranium 235 et l'uranium 238 sont instables et subissent une désintégration radioactive, libérant un noyau ${}^4_2\text{He}$.

1. Écrire les réactions de désintégration. Comment se nomment-elles?

- On donne les proportions d'uranium 235 et 238 actuellement, déterminer les proportions lors de la formation de la Terre il y a 4,6 milliard d'années.
- Il y a un long texte sur certains composés organiques, notamment du TBP. Déterminer les schémas de Lewis de UO_2^{2+} et de NO_3^- . Puis déterminer s'ils ont un moment dipolaire.
- Dans le texte, ils parlent d'une constante de partage P entre la concentration d'une espèce en phase aqueuse et en phase organique (associée à $A = \bar{A}$, avec \bar{A} l'élément A en phase organique). Donner les valeurs attendues de P pour UO_2^{2+} , NO_3^- , $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2\text{TBP}_x$, $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, TBP.
- On est dans une situation où NO_3^- est en excès. $P_U = \frac{[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2\text{TBP}_x]}{[\text{UO}_2^{2+}]}$ (sauf erreur de mémoire); comment le mesurer? L'exprimer en fonction des constantes du problème, de $[\text{NO}_3^-]$ et de $[\text{TBP}]$.
- D'autres questions que je n'ai eu le temps de traiter.

Données :

- tableau périodique
- temps de demi-vie de l'uranium 235 et 238
- d'autres données que je n'ai pas utilisées

Déroulement et indications

- Je me doute que c'est une réaction α , mais j'ai oublié à quoi correspondent α , β et γ . On en parle donc un peu à l'oral.
- On écrit les quantités et on a une équation exponentielle avec les temps de demi-vie.
- UO_2^{2+} est linéaire donc sans moment dipolaire. NO_3^- a en apparence un moment dipolaire, mais je reconnais la structure du rapport de Anna : je dis qu'il n'y a pas de moment en moyenne parce qu'on choisit quels oxygènes ont une charge – aléatoirement.
- On se demande si ces éléments préfèrent une phase aqueuse ou organique. Je parle de polarité/proticité. Pour UO_2^{2+} et NO_3^- , on s'attend à $P = 0$, pour les composés organiques on s'attendrait à $P = +\infty$, mais ce n'est pas si clair ici parce qu'on peut aussi avoir des polarités.
- J'évoque l'utilisation de la spectrophotométrie pour déterminer les concentrations; puisqu'on a de l'uranium il me dit qu'il y a autre chose : il faut mesurer les rayonnements radioactifs. Je ne connaissais pas le nom du compteur Geiger, l'examinateur me demande si je n'ai jamais regardé la TV. Je n'ai pas le temps de finir à l'écrit, mais j'explique à l'oral que ça va marcher en utilisant les constantes P pour passer des phases aqueuses à organiques, la constante β (ils en parlent dans le texte) de formation du $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2\text{TBP}_x$ et le K_s associé à $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$.

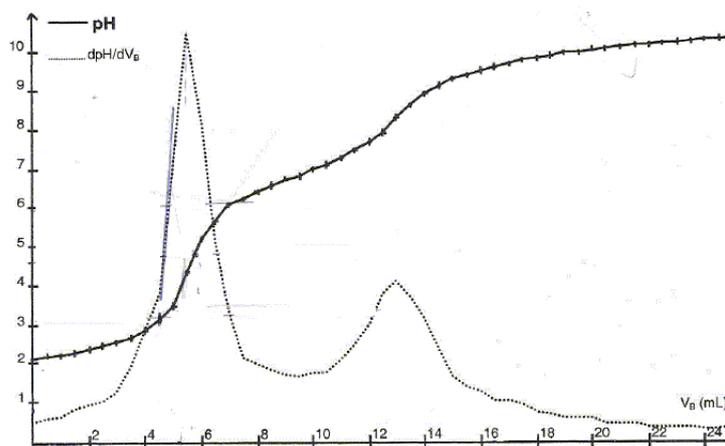
L'examinateur était sympathique, l'oral était une réelle discussion. Au final, très peu de connaissances chimiques ont été nécessaires, ce qui ne m'a pas déplu. Je pense avoir fait un bon oral.

XC.10 Acide Phosphorique

XC-23-205

- Donner les configurations électroniques de l'azote, $Z = 7$, et du phosphore, $Z = 15$. Donner leurs schémas de Lewis.

- On étudie désormais l'acide phosphoreux H_3PO_3 . Donner son schéma de Lewis. Préciser la géométrie de cette molécule. Est-ce un acide, diacide, triacide ?
- Présent dans de nombreuses boissons, l'acide phosphorique H_3PO_4 ne doit pas voir sa concentration massique dépasser $0,6 \text{ g.L}^{-1}$. On cherche à doser cet acide de concentration c_a inconnue dans une solution de volume $V = 25,0 \text{ mL}$ par la soude de concentration $c_b = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La courbe de dosage est la suivante :



Préciser les réactions mises en jeu.

- Comment obtenir les $\text{p}K_a$ à l'aide de la courbe ? Retrouve-t-on bien les données ?
- Calculer c_a . Conclure.
- Calculer la constante de la réaction $\text{HPO}_4^{2-} + \text{HO}^- = \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$. Est-ce cohérent avec la courbe donnée ?
- Calculer la solubilité s du phosphate tricalcique $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
- Calculer la solubilité s' du CaHPO_4 .
- Ces solubilités évoluent-elles avec le pH de la solution ?

Données : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{P}) = 31,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{p}K_a(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}) = 0$; $\text{p}K_a(\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-) = 14$; $\text{p}K_a$ des différents couples associés à H_3PO_4 : 2,1; 7,2; 12,4; $\text{p}K_s(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 26$; $\text{p}K_s(\text{CaHPO}_4) = 7,0$.

Déroulement et indications

- À l'oral question sur les propriétés sur lesquelles diffèrent l'azote et le phosphore.
- Les questions ne posent pas de problème spécifique (et sont au programme, au moins). On trouve $c_a = 4,8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, donc une concentration massique inférieure à la limite voulue. Pour la question 6, $K = 40$, ce qui explique l'absence de saut de pH. On trouve également $s = 2,5 \times 10^{-6}$ et $s' = 3,2 \times 10^{-4}$.

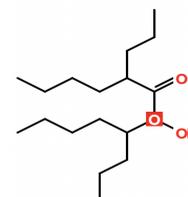
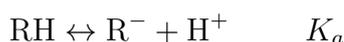
L'examinatrice semblait assez sympathique au premier abord, intervenait ensuite assez peu et prenait beaucoup de notes. Elle me corrigeait néanmoins dès que je faisais une erreur et acquiesçait dès que le résultat était bon. Elle n'a posé que quelques questions en dehors de l'énoncé.

XC.11 Où l'on parle de chimie organique

XC-23-206

Dans une ampoule à décanter, on mélange une phase organique contenant du cyclohexane et le ligand noté RH représenté ci-contre (à la concentration C_H), avec de l'acide nitrite (HNO_3).

On considère les réactions suivantes :



1. Écrire la formule de Lewis de l'ion nitrate. Prévoir sa géométrie à l'aide de la méthode VSEPR. Possède-t-il un moment dipolaire permanent ?
2. Calculer la masse molaire de RH. Écrire les formules développées de R^- et de $(\text{RH})_2$. Décrire, pour cette dernière, la liaison formée. Pourquoi R^- n'existe-t-il pas dans l'eau ?
3. On note D_R le quotient de la quantité de ligand en phase aqueuse par la quantité de ligand en phase organique et C_R^{aq} la concentration en ligand. Une courbe donne que $D_R = aC_R^{aq} + b$ (On détermine a et b graphiquement, je n'ai absolument aucun souvenir de leurs valeurs). Calculer K_{dim} et K_p .

C_H est donné, mais j'ai oublié sa valeur, les masses molaires nécessaires figuraient dans le tableau périodique présent.

Déroulement et indications

1. Je donne d'abord la formule de l'ion nitrate. Je calcule le nombre d'électrons de valence, le nombre de doublets qui vont figurer dans la représentation de Lewis. Je dis qu'il y aura forcément des charges à placer mais qu'il faut généralement privilégier la représentation où il y a le moins de charges possible. Elle me demande si l'azote peut être hypervalent. Je dis que non. Alors elle me dit que l'on aura pas d'autre choix que de placer plusieurs charges. Elle me demande de commenter le fait que l'azote est l'atome central. Je dis que la plupart du temps, c'est l'atome le plus électronégatif qui se trouve au centre, ce qui n'est pas le cas ici. Elle me demande comment évolue l'électronégativité dans le tableau

périodique puis comment évolue le caractère oxydant. La représentation finale est : Je dis que la molécule est de la forme AX_3 et que sa géométrie est plane. Je n'avais aucun souvenir de comment marchait la théorie VSEPR mais j'ai dit avec un ton confiant ce qui me paraissait le plus naturel, l'examinatrice m'a dit oui et ça m'a fait rire. Au début, je dis qu'il y a un moment dipolaire permanent au vu de la disposition des charges sur ma représentation car il n'y a aucune chance que les vecteurs moment dipolaires (que je représente approximativement) se compensent. Elle me dit de faire attention car j'ai placé les charges aléatoirement. Je me reprends et dis que, comme la disposition est aléatoire, on a bien un vecteur moment dipolaire moyen nul. Elle me dit oui. Je rajoute quelques commentaires inutiles sur un ton sympa pour rattraper le fait que j'avais dit une bêtise.

2. Après avoir compté les quelques milliards d'hydrogènes sur la formule de RH, je calcule la masse molaire. Elle me dit que le candidat avant moi (c'était Aymane, de ma classe) n'avait pas trouvé la même valeur. J'essaie de la convaincre que mon calcul est juste et elle a l'air convaincue. J'écris, sous forme topologique les deux formules développées. Pour la deuxième, elle me parle de mésomérie et je sors mes souvenirs douteux du lycée. On parle de la liaison hydrogène qui se forme. Elle me demande les conditions d'apparition d'une telle liaison. Je parle des énergies de liaison mais elle voulait des arguments autres, je lui ai dit que je n'en savais rien. Pour ce qu'il en est de R^- dans l'eau, je n'en

sais rien. Elle me demande de lui parler des propriétés des phases organiques dans l'eau. Je lui dis que c'est exactement ça que je ne sais pas. Elle me dit qu'elles sont très peu solubles. Je réponds à la question avec des arguments douteux que je n'ai plus en tête mais elle avait l'air convaincue.

3. J'écris les différentes constantes de réaction en fonction des concentrations, elle me dit d'utiliser la question précédente. En effet, on peut négliger la concentration de R^- devant d'autres concentrations dans certains cas. J'arrive à une expression affine de D_R en fonction de C_R^{aq} et j'identifie les coefficients a et b . J'ai deux équations pour deux inconnues, je lui dis qu'on pourra déduire les constantes recherchées mais l'oral s'arrête là.

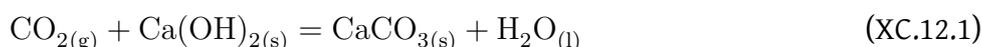
L'examinatrice était très sympathique, j'ai eu l'impression d'avoir une vraie discussion de chimie, surtout autour de la deuxième question. Je trouve ce style d'exercice bien mieux pour essayer de se démarquer que les exercices de chimie trop proches du cours ou trop classiques. Même si l'on est forcément déçu au premier abord d'avoir quelque chose à quoi l'on est moins entraîné, il faut se dire que c'est le cas de tout le monde (même si ce n'est pas forcément vrai, il y a des Alexis). Hormis les propriétés des phases organiques dans l'eau, il n'y avait rien de trop éloigné du programme. Je n'ai certainement pas brillé mais je trouve que mon oral était correct.

XC.12 Calcification des océans

XC-23-402

On me parle d'un plongeur qui utilise un certain dispositif pour absorber le CO_2 émis lors de la respiration de sorte à protéger la flore marine

On donne l'équation qui se produit :



1. Donner la configuration électronique de Ca. Comparer les rayons atomiques entre Ca et Sr.
2. L'air qu'il respire avec ce dispositif est humide et chaud. Expliquer, sachant que pour une bouteille de plongée classique, il est plutôt froid et sec.

On récupère 1 g de poudre composée des 2 solides, qu'on va doser (*).

On considère que (XC.12.1) est avancée à moitié : donc on a autant de quantité de matière de $CaCO_3$ que de $Ca(OH)_2$, notée n_0 .

3. On suppose la dissolution des solides totale. Donner les concentrations de Ca^{2+} , HO^- et CO_3^{2-}
4. On se place à $pH = 12$. Avec les résultats de la question précédente, montrer que $Ca(OH)_2$ n'existe pas. Et pour $CaCO_3$?

On donne une courbe de dosage de la solution (*) avec de l'acide chlorhydrique $pH = f(V)$, sur laquelle on peut observer deux sauts de pH

5. Donner les espèces présentes à l'état initial. Ecrire les réactions associées aux sauts.
6. Je ne sais plus la question, mais il fallait trouver les concentrations initiales de OH^- et de CO_3^{2-}

Données

- les pKs de $CaCO_3$ et $Ca(OH)_2$, les pKa des acidités de CO_3^{2-} , les $\Delta_f H^0$ des éléments de la réaction (XC.12.1)

Déroulement et indications

1. J'écris la configuration électronique, et évidemment je me plante. Il me dit que c'est faux, je rectifie, et c'est bon. Pour les rayons atomiques, j'ai parlé d'électronégativité, qui expliquait que R(Sr) est plus gros que R(Ca). Il me dit 'ok', mais que c'est surtout que Sr a beaucoup plus d'électrons...
2. Il faut voir que (XC.12.1) est exothermique (avec Hess). Puis il me demande si j'ai déjà fait de la plongée. Je réponds que oui, une fois, mais il y'a longtemps. Je commence à expliquer le fonctionnement d'une bouteille d'air comprimé, pensant que j'allais l'amener sur de la physique où je me sens plus à l'aise que sur des solutions aqueuses... On parle sur la détente d'un gaz, à V constant, ce qui donne que T diminue, d'où la température plus froide dans la bouteille classique. Il fait une analogie avec le déodorant... Pour la question concernant l'humidité, il faut dire que l'eau liquide est créée avec (XC.12.1)
3. Je m'emmêle les pinceaux, en considérant des ions communs limitant la dissolution; il me dit que je me complique la vie et que la question est "TRES BASIQUE". J'écris alors que $n_o(M(CaCO_3) + M(Ca(OH)_2)) = 1g = m_0$. Il me dit qu'on prend un volume $V_0 = 1L$. En écrivant les dissolutions, on trouve les concentrations demandées.
4. J'écris la première précipitation, faisant intervenir certaines des concentrations précédentes, et un K_e du fait des HO^- : $Ca^{2+} + 2OH^- = Ca(OH)_2$. Je compare Q à $K_1^0 = 1/K_{s1}$. J'obtiens un premier résultat qui montre qu'il y'a précipitation, je suis perplexe. Je vérifie ma calculatrice, et je constate qu'un + occupait la place d'un \times ... Je refais l'AN et ça marche. Pour l'autre précipité, il y'a formation (même méthode) Il me dit que pour la suite on suppose qu'aucun des deux précipités n'est formé.
5. J'écris la formation des deux acidités, il y'a au départ : H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} et une ou deux autres espèces.
6. Je n'ai pas vraiment traité cette question, il me demande juste quelle est la base la plus forte entre CO_3^{2-} et OH^- . Je réponds la seconde. Ca s'arrête là.

Quand le candidat avant moi est sorti de la salle, il a laissé la porte ouverte, ce qui ne se fait pas d'après moi; je n'avais jamais été confronté à cette situation, donc je ne sais pas si je dois me présenter ou pas à l'examineur. Je toque sur la porte pour lui montrer que je suis là et savoir si mon oral doit commencer. Il me fait : "Oulaaahhh attendez! Attendez! ne soyez pas stressé!!!" Je ne réponds rien et retourne m'asseoir, surpris de ce premier contact, quelque peu abrupte. Les 3 examinateurs de chimie se retrouvent ensuite dans une de leur salle d'interrogation pendant 5/10min. Je les entends rigoler assez fort : je ne savais pas la chimie était si hilarante. Ils ressortent, et le mien me dit "allez, c'est bon on y va." On rentre dans la salle.

Durant l'oral, il m'apparaît moins désagréable que prévu, me donnant des indications lorsque nécessaire.

Je suis plutôt satisfait de cet oral, j'avais vraiment peur de tomber sur un exo incompréhensible de chimie, et finalement j'ai réussi à bien avancer l'exo et à être efficace sur plusieurs questions.

XC.13 Autour de l'or et du platine

XC-23-403

Il était indiqué en fin d'énoncé :

- $E^\circ(Au^+/Au) = 1,68V$
- $E^\circ(Au^{3+}/Au) = 1,50V$
- $K^\circ(Au^+ + 2CN^- = Au(CN)_2^-) = 10^{38}$
- $K^\circ(Au^{3+} + 4CN^- = Au(CN)_4^-) = 10^{56}$

Un tableau renfermait les rayons atomiques de Au et Pt et d'autres choses que je n'ai pas utilisé.

1. Donner la configuration électronique de l'or et du platine.
2. Pourquoi l'or n'est-il pas dégradé en présence d'eau ou d'air ?
3. Lorsqu'on plonge une fine feuille d'or dans une solution de KCN elle disparaît, pourquoi ?
4. L'or et le platine forment un cristal Au_xPt_y en mailles cubique face centrée, la représenter et calculer sa compacité.
5. Deux autres questions non traitées.

Dérroulement et indications

1. 79 c'est beaucoup, il faut partir de la configuration du gaz noble précédent.
2. On fait une échelle de potentiels.
3. On calcule le potentiel de $Au/Au(CN)_2^-$ par somme d'équations.
4. Je sais dessiner mais apparemment le volume d'une sphère est $4\pi r^3$ donc je trouve une compacité de 2 « Effectivement ça c'est de la compacité »

L'examineur n'était pas méchant et m'a aidé quand nécessaire, surtout au début.

XC.14 Corrosion du cuivre

XC-23-404

Le sujet veut étudier la corrosion du cuivre dans de l'eau acide.

1. Structure électronique du cuivre et de l'azote
2. On fait une solution aqueuse de cuivre. Calculer la constante d'équilibre
3. En réalité, la réaction est lente. Pourquoi ?
4. Schéma de Lewis de NH_3 , N_2 , NO_2
5. On met $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ de NH_3 dans de l'eau. Calculer le taux de dissociation α .
6. il y avait en tout 7 questions mais je ne suis pas allé plus loin

Données

- Tableau périodique des éléments : $Z(N) = 7$, $Z(Cu) = 29$
- $E^\circ(O_2/H_2O) = 1,23 \text{ V}$
- $E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = 0,34 \text{ V}$
- $pK_A(NH_3, NH_4^+) = 9,2$

Déroulement et indications

1/ J'écris rapidement les structures électroniques

2/ J'écris les 2 demi équations et fait la somme. Je calcule ensuite la constante. Elle me demande à l'oral un commentaire. Je dis que la réaction est totale.

3/ Je dis que il y un problème cinétique et que la réaction est lente à cause de surtension. Je trace alors le diagramme intensité potentiel. Elle me fait remarquer une erreur que je corrige après un peu de temps.

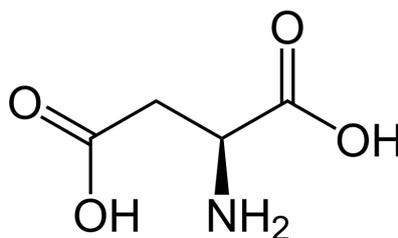
5/ Je calcule la constante de la réaction $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$ Je réalisera plus tard une erreur. Puis je trouve le taux de dissociation avec un tableau d'avancement. On finit par faire une approximation et on obtient $\alpha = \sqrt{K^\circ}$

L'examinatrice était gentille et m'a mise à l'aise et me faisait remarquer mes erreurs. J'aurais aimé aller plus loin mais l'oral s'est bien déroulé et j'ai réussi à avancer dans le problème.

XC.15 Synthèse de l'aspartame

XC-23-405

On s'intéresse à la synthèse de l'aspartame à partir de l'acide aspartique et de la phénylalanine. Il y a les formules des molécules et une explication du mécanisme réactionnel. Schéma de Lewis de l'acide aspartique :



1. Déterminer quelles réactions sont susceptibles de se produire.
2. Ecrire les potentiels de Nernst
Afin de préparer la synthèse on effectue un dosage de l'acide aspartique par de la soude dont la courbe de dosage est donnée en annexe.
3. Faire un schéma du montage et expliquer le fonctionnement du pH-mètre
4. Calculer la concentration initiale en acide
5. Déterminer les pKa mis en jeu
6. Une autre question

Données Il y a beaucoup de données, une courbe de dosage, un tableau de pKa pour plein d'amines et des E° et des pKa plus classiques.

Déroulement et indications

1. Il est 8h du matin, je suis prêt à écrire une configuration électronique et je reçois un sujet de deux pages avec des grosses molécules pour mon petit cerveau. J'ai du mal à rentrer dedans mais en fait la situation est un peu un prétexte pour poser des questions plus classiques.

2. Elle me demande des questions basiques sur les acides et l'ammoniaque puis d'écrire les couples acides/bases ici en jeu. Pour la phénylalanine ok mais l'acide aspartique est un triacide et il s'agit de savoir quelles acidités sont plus fortes. On passe beaucoup de temps sur cette question car je n'ai jamais fait ça mais sur la molécule il y a trois fonctions qui sont acides : $COOH$, NH_2 et CH_2COOH . Pour savoir lesquelles donnent des H^+ en premier, elle me dit de tracer un diagramme de prédominance avec les pKa et en fait le pKa de NH_3 (vers 9) est beaucoup plus élevé que les deux autres qui sont vers 4. Elle me demande alors d'expliquer la courbe de dosage, il y a d'abord un premier saut pour les deux premières acidités et un deuxième pour la troisième.
3. J'écris les réactions en prenant des formes simplifiées (AH_3 , etc c'est elle qui me le suggère) et on peut les calculer avec les données.
4. Je fais un schéma et j'avais prévu cette question sur le pH-mètre alors je dis qu'on utilise une électrode de verre dans la solution et qu'on mesure une différence de potentiel avec une électrode de référence. Puis elle me demande une électrode de référence, je réponds l'ECS et elle me demande de l'expliquer. Ça je ne l'avais pas prévu alors elle me donne les couple mis en jeu et me rappelle que le précipité de KOH est saturé. Sur le coup je comprends alors que le potentiel est fixé car la concentration en Cl^- est fixé.
5. On se place à la deuxième équivalence avec la première réaction terminée et on peut le calculer facilement.
6. On lit les deux volumes à l'équivalence : 20ml et 30ml ce qui est apparemment classique pour un triacide (10, 20, 30). Je précise que à la demi-équivalence on a $pH=pKa$ ce qui permet de calculer le troisième pKa, pour les deux premiers comme le saut est simultanément il faut écrire les réactions et utiliser des tableaux d'avancements, l'oral s'arrête là.

Je ne me souviens plus très bien de toutes les questions (désolé), en fait c'était surtout un échange et les questions étaient posées oralement car les questions écrites n'étaient pas vraiment dans le bon ordre. L'examinatrice était très sympa.

XC.16 L'argent en solution aqueuse

XC-23-501

II.B – Diagramme E-pH

Étudions ici le système eau-argent-cyanure à l'aide des diagrammes E-pH.

On donne sur la **figure 1** le diagramme E-pH de l'argent en présence de cyanure et pour les conventions de tracé suivantes : $C_{Ag^+} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $C_{CN^-} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

C_{Ag^+} représente la concentration totale en Ag(I), sous toutes ses formes, en solution et C_{CN^-} la concentration totale en cyanure, sous toutes ses formes, en solution.

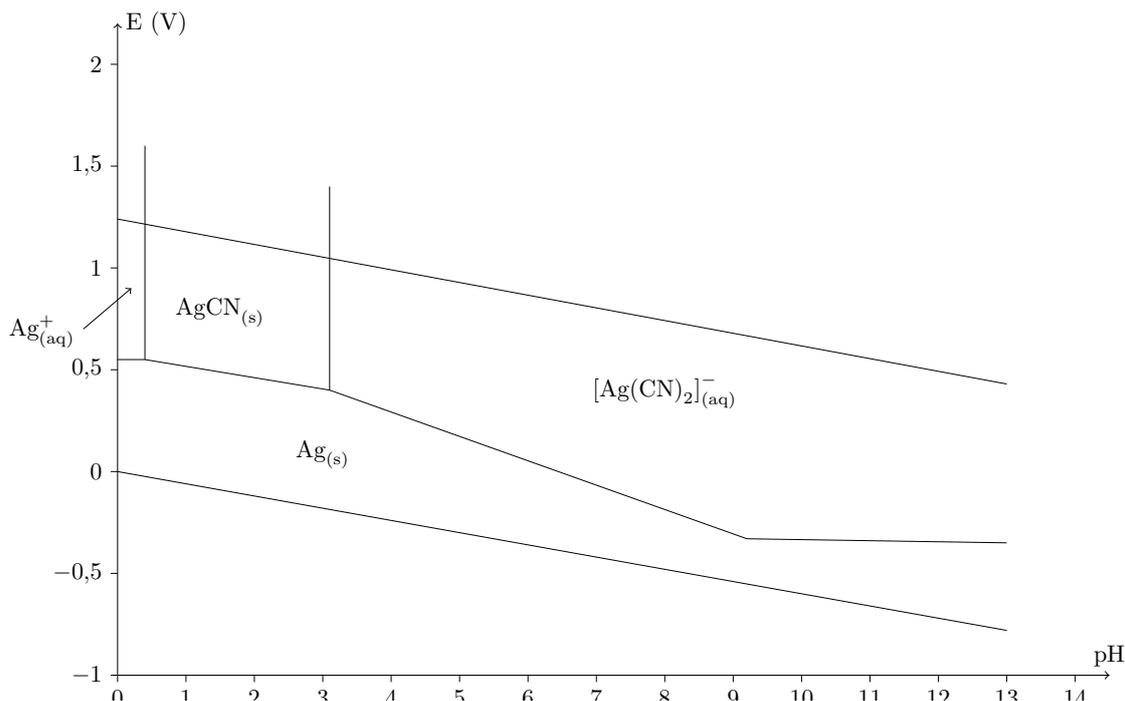
On a superposé le diagramme E-pH de l'eau à celui de l'argent.

II.B.1) Tracer sur un axe de pH un diagramme de prédominance des espèces HCN et CN^- en solution aqueuse.

II.B.2) On cherche à justifier l'allure du diagramme E-pH de l'argent en milieu cyanuré. On part d'une solution très acide d'ions Ag^+ et on augmente progressivement le pH. On note pH_1 le pH à partir duquel le précipité de cyanure d'argent $AgCN_{(s)}$ apparaît et pH_2 le pH à partir duquel le précipité disparaît. On cherche à retrouver, par le calcul, les valeurs de pH_1 et pH_2 du diagramme E-pH donné **figure 1**.

Le précipité apparaît pour une valeur de pH_1 telle que $0 < pH_1 < 1$. En utilisant la réponse à la **question II.B.1**, écrire la réaction de précipitation du cyanure d'argent. Exprimer littéralement la constante d'équilibre de cette réaction en fonction de K_A et K_{S4} puis calculer numériquement sa valeur. En déduire pH_1 .

II.B.3) Le précipité disparaît pour une valeur de pH_2 telle que $3 < pH_2 < 4$. Sous quelle forme majoritaire se trouve Ag(I) dans la solution ? Écrire l'équation de dissolution du précipité en faisant intervenir les espèces



majoritairement présentes. Exprimer littéralement la constante d'équilibre de cette réaction en fonction de K_A , K_{S4} et β_2 puis calculer numériquement sa valeur.

II.B.4) Écrire l'équation de conservation de matière du cyanure en ne considérant que les espèces majoritaires à pH_2 . Déterminer l'expression littérale de pH_2 en fonction de K_{S4} , β_2 , K_A , C_{Ag^+} et C_{CN^-} puis calculer la valeur de pH_2 . Vérifier la concordance avec le diagramme.

II.B.5) On s'intéresse maintenant au potentiel du système $Ag(I)/Ag(0)$. On considère les 4 domaines de pH suivants : $pH \leq pH_1$, $pH_1 \leq pH \leq pH_2$, $pH_2 \leq pH \leq pK_A$, $pK_A \leq pH$.

On considère le domaine où $pH \leq pH_1$. Écrire la demi-équation électronique correspondant au système $Ag(I)/Ag(0)$. Exprimer la relation de Nernst correspondante puis calculer le potentiel redox du couple. Vérifier la concordance avec le diagramme.

II.B.6) On considère ensuite le domaine où $pH_1 \leq pH \leq pH_2$. Écrire la demi-équation électronique en considérant les espèces cyanurées qui prédominent dans ce domaine. Exprimer littéralement la relation de Nernst pour ce couple et montrer que le potentiel redox s'exprime par une fonction affine du pH et en déduire la valeur de la pente.

II.B.7) On considère le domaine où $pH_2 \leq pH \leq pK_A$. Répondre aux mêmes questions qu'au **II.B.6**.

II.B.8) Pour $pH > pK_A$, donner les espèces prédominantes puis écrire la demi-équation électronique. En déduire la valeur de la pente et comparer à celle donnée par le diagramme.

II.B.9) On a superposé les diagrammes E-pH de l'argent et de l'eau. On s'intéresse à l'oxydation de l'argent par le dioxygène en milieu cyanuré basique à $pH > 9,3$.

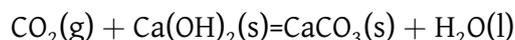
Écrire l'équation de la réaction correspondante. Comment la superposition des diagrammes E-pH nous permet-elle de prévoir si la réaction est thermodynamiquement favorisée ?

Il s'agit du sujet de Centrale Supelec 2011 MP, partie IIB + autres questions non traitées.

XC.17 Précipitation du carbonate de calcium

XC-23-502

Dans un sous-marin, il est important de se débarrasser du CO_2 émis par les passagers. On le stocke sous forme de carbonate de calcium après avoir suivi la réaction suivante :



1. Donner la structure électronique du calcium et sa forme ionique la plus répandue. On dispose du tableau périodique.

- Donner le schéma de Lewis des ions carbonate.
 - Justifier la nécessité de former des ions carbonate pour précipiter le carbonate de calcium.
 - Calculer la solubilité de CaCO_3 à $\text{pH} = 8$ puis à $\text{pH} = 12$.
- Il y avait d'autres questions que je n'ai pas eu le temps de regarder.

Données

- $\text{pKa}(\text{H}_2\text{CO}_3 \setminus \text{HCO}_3^-) = 6,4$, $\text{pKa}(\text{HCO}_3^- \setminus \text{CO}_3^{2-}) = 10,3$
- Carbonate de calcium CaCO_3 : $\text{pKs} = 8,3$

Déroulement et indications

- Pour la question 1, je vois sur le tableau périodique que $Z = 20$ donc j'écris la structure électronique et je dis que le calcium va perdre ses deux électrons de valence pour former Ca^{2+} . L'examinatrice me demande pourquoi. Je dis qu'il tend à se rapprocher de la structure stable la plus proche. Elle me demande laquelle et je montre sur le tableau que c'est l'argon.
- J'ai eu un peu de mal à représenter CO_3^{2-} à cause des charges. L'examinatrice me dit qu'il y a deux électrons de plus à représenter car je représentais en fait CO_3 . Elle me demande ensuite si c'est une molécule plane. Je n'en ai aucune idée donc je dis que non et elle me dit que si mais n'insiste pas car elle doit savoir que ce n'est pas trop au programme.
- Je dis qu'il faut commencer par dissoudre le CO_2 gazeux ce qui va donner H_2CO_3 et que l'on aura CO_3^{2-} après deux réactions acide-base. Je commence à écrire les réactions comme si elles allaient se faire avec l'eau et l'examinatrice me demande si la réaction se produit beaucoup d'après les données. Je remarque que non et elle me dit que pour cela il faudrait une base forte. Je dis que HO^- en est une et je réalise que la réaction acide-base se fait en fait avec $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui est dissout en $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HO}^-$. L'examinatrice me dit de faire la question suivante.
- Je me suis un peu emêlé les pinceaux pour le Ks et le Ka (je n'écrivais pas les bonnes réactions) mais l'examinatrice me le signale. J'écris donc des relations entre s , les deux Ka , Ks , $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$, $[\text{HCO}_3^-]$ et $[\text{H}_2\text{CO}_3]$. L'examinatrice me fait remarquer que l'on a $[\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] = s$ mais que suivant le pH on peut négliger certaines espèces. Je fais un diagramme de prédominance et je justifie avec les pKa qu'à $\text{pH} = 8$, on peut négliger H_2CO_3 et CO_3^{2-} . L'oral se termine après avoir écrit $s^2 = \frac{K_s \times h}{K_{a2}}$.

Exercice plutôt classique et examinatrice sympathique qui me fait remarquer mes erreurs en m'expliquant.

XC.18 Corrosion du cuivre

XC-23-503

- Donner la configuration électronique du cuivre et de l'azote.
- Donner la réaction entre le cuivre et l'oxygène dissous. Calculer la constante d'équilibre.
- On observe que la corrosion du cuivre est lente. Expliquer.
- Donner la représentation de Lewis de N_2 , NH_3 , NO_2 .
- Calculer le coefficient de dissociation du NH_3 (de concentration 0.1 mol/L dans l'eau).
- D'autres questions non traitées.

Données

- $pK_a(NH_4^+/NH_3) = 9.2$
- $E_0^1 = E_0(Cu^{2+}/Cu) = 0.34V$
- $E_0^2 = E_0(O_2/H_2O) = 1.23V$

Déroulement et indications

1. $Cu(29) : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ et $N(7) : 1s^2 2s^2 2p^3$
2. C'est de l'oxydoréduction. Écrire les deux demi-équations et les rassembler. On trouve une constante d'équilibre très grande par rapport à 1 : la réaction est favorable thermodynamiquement.
3. Des facteurs cinétiques peuvent expliquer la lenteur. Tracer la courbe intensité potentiel attendue si la réaction est quantitative, puis dans le cadre de la question (c'est à cause de surpotentiels).
4. Pour NO_2 , il faut faire apparaître des charges partielles. Le moins est porté par le plus électronégatif.
5. C'est une réaction acido-basique. Le taux de NH_4^+ formé s'exprime en fonction de la constante d'équilibre.

XC.19 Pile à hydrogène

XC-23-504

On se place à $T=298\text{ K}$.

1. On souhaite faire fonctionner une pile avec de l'hydrogène. De l'eau apparait. Fonctionnement de la pile? Couples redox? Equation de la pile.
Petite analyse (E, j) Pourquoi $i(t)$ diminue au cours du temps? Quel est le potentiel?
2. Donner le fraction molaire de O_2 .
3. J'ai oublié!
4. Si $Q = 0$ et P est fixée quelle est la température finale?
5. Quelle est la puissance délivrée?
Il y avait d'autres questions que je n'ai pas eu le temps de regarder.

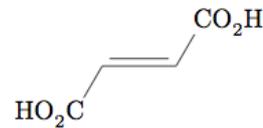
Données

- Durée totale de fonctionnement Δt (Q5)
- $m_{H_2} = 25 \times 10^3\text{ kg}$, $m_{O_2} = 130 \times 10^3\text{ kg}$
- $C_p(H_2), C_p(H_2O)$
- $\frac{dH^0}{dT} = C_p^0$

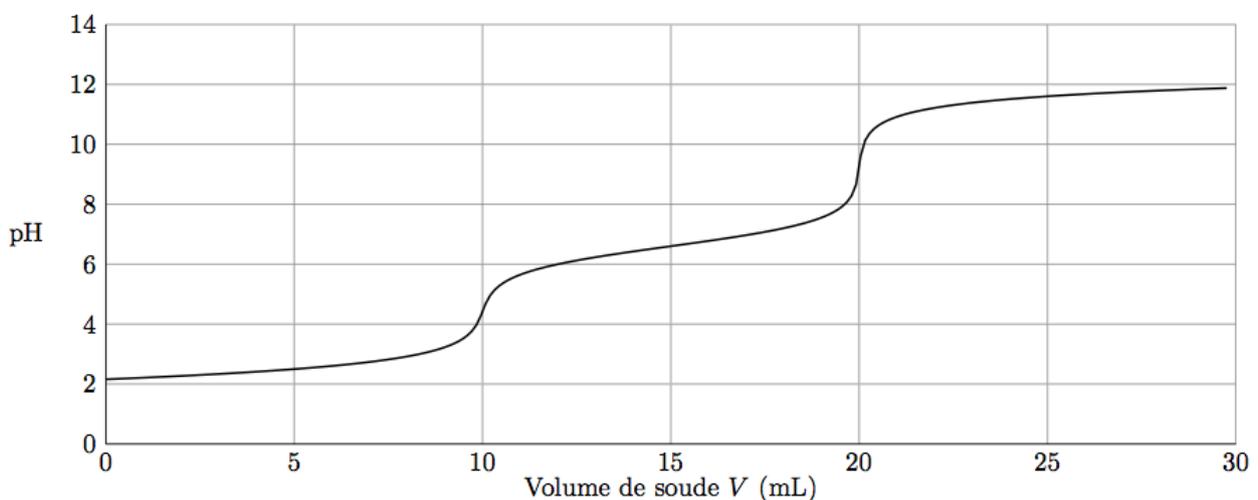
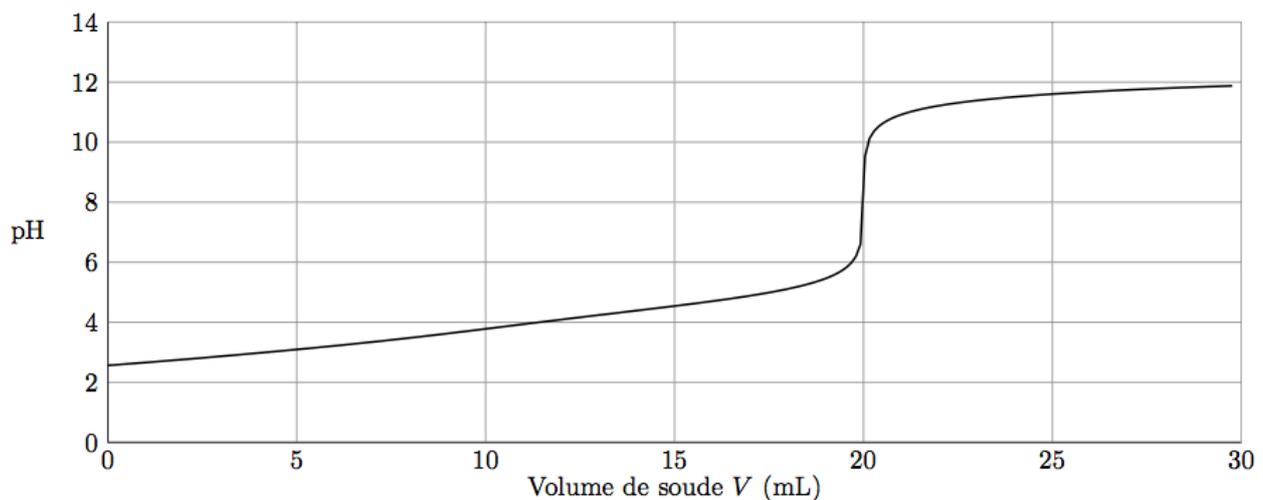
XC.20 Acide fumarique et acide maléique

XC-23-506

Les acides maléique (noté $MalH_2$) et fumarique ($FumH_2$) sont deux diacides carboxyliques éthyléniques diastéréoisomères l'un de l'autre.

Acide maléique $MalH_2$ Acide fumarique $FumH_2$

1. Donner la fonction des groupes COOH et leur structure de Lewis.
2. On donne les températures d'ébullition sous 1 bar $T_{mal} = 131^\circ C$ et $T_{fum} = 287^\circ C$. Interpréter.
3. La solubilité dans l'eau de l'acide maléique est plus grande que celle de l'acide fumarique. Interpréter.
4. On dose une solution d'acide maléique et une solution d'acide fumarique par de la soude. On donne les pK_A de l'acide maléique : 1,6 et 6,6. Et ceux de l'acide fumarique : 3,0 et 4,5. Identifier les courbes.



- On donne la concentration de soude $C = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ et le volume de solution dosée : $V_0 = 100 \text{ mL}$.
Concentration en acide ?
- Calculer le pH initial.

XC.21 Dioxygène et CO_2 dissous

XC-23-507

On étudie le dioxygène de l'air dissous dans l'eau.

- Pourquoi peut-on dire que la concentration en dioxygène est proportionnelle à la pression en dioxygène ?
- On s'intéresse à une bouteille d'eau gazeuse ouverte, ie la surface est au contact de l'air ambiant. Combien de dioxygène est dissous ?
- L'eau de pluie est considérée acide si son pH est inférieur à 5.7 et non 7. Pourquoi ?
La pression partielle moyenne en CO_2 au sommet du Mauna Loa à Hawaii est actuellement de 39,5 Pa. En déduire, si seul le dioxyde de carbone est responsable de l'acidité, le pH de l'eau de pluie se formant au sommet du Mauna Loa. Commenter.

J'ai trouvé l'exercice très mal posé : on ne disait pas à quel système on s'intéressait ou sous quelle forme était le dioxygène. Pour chaque question je mettais du temps à comprendre vraiment ce qu'on me demandait. L'examinatrice ne m'aidait pas du tout pendant le premier quart d'heure. Puis elle m'a fait comprendre que j'avais fait n'importe quoi mais sans vraiment écouter ce que je lui disais.

Elle m'a alors donné quelques indications. Avec le stress je n'arrivais plus à faire grand chose et je me trompais sur des évidences, comme l'expression d'une constante de réaction. Elle me posait quelques questions puis soufflait quand je me trompais, c'était assez désagréable.

XC.22 Solubilité

XC-23-509

Données : tableau périodique des éléments, K_s de AgIO_3 $K_s = 3,1 \times 10^{-8}$ et solubilité de AgNO_3 (environ 2,5 kg/L)

- Donner les structures de l'ion iodate et de l'ion nitrate.
- L'ion iodate admet-il un moment dipolaire ?
- Calculer la solubilité de l'iodate d'argent AgIO_3 dans de l'eau puis dans de l'eau avec $C_0 = 0,1 \text{ mol/L}$ de AgNO_3 .

On considère une solution dans laquelle on a déposé une couche de AgIO_3 sur la surface d'eau, on note C_l la concentration en ion IO_3^- à l'interface solide/liquide et C la concentration en IO_3^- au fond de la solution. On note A l'aire de la surface du solide, on considère que sur une épaisseur e en partant du solide, le flux de matière est proportionnel au gradient de la concentration et que la concentration est uniforme partout ailleurs.

- A quoi correspond C_l ?
- Comment évolue $C_l - C$?
- Calculer $\frac{dn}{dt}$

Déroulement et indications

- 1.
2. 1. et 2. Je n'ai pas très bien réussi ces questions, on a tout de même discuté d'électronégativité, de géométrie des molécules et de la règle de l'octet, puis on est passé à la question suivante
3. Calcul classique de solubilité
4. C_l correspond à la solubilité (molaire) de AgIO_3 .
5. Plus le temps passe et plus la concentration de la solution va s'homogénéiser et donc $C_l - C \rightarrow 0$.
6. On fait un bilan de matière entre t et $t + dt$ dans l'épaisseur e .

Examinatrice neutre.

XC.23 Diagramme E-pH du fer

XC-23-511

Le diagramme E-pH du fer est donné. On considère les espèces Fe(s) , Fe^{2+} , Fe^{3+} , FeOOH(s) et Fe_3O_4 .

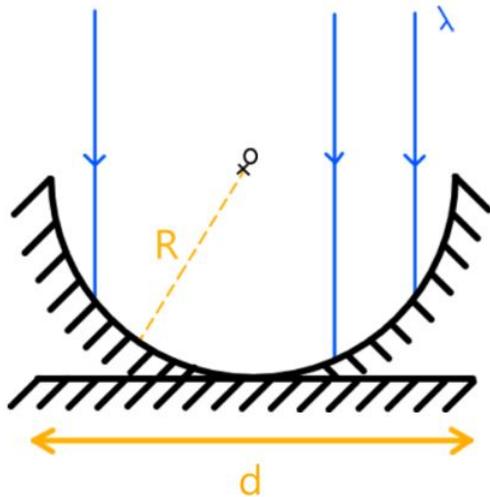
1. Placer ces espèces dans le diagramme.
2. Déterminer $\Delta_f G^0(\text{Fe(s)})$. On a $\Delta_f G^0(\text{Fe}^{2+}) = -85,0 \text{ kJ/mol}$
3. Déterminer la concentration de tracé (certains potentiels étaient donnés mais il fallait utiliser les enthalpies libres de formation)
4. Que se passe-t-il à pH élevé? (dismutation de Fe^{2+}) Ecrire la réaction.
- 5.
6. Questions sautées, il fallait déterminer les équations de certaines droites.
7. Définir l'énergie d'activation.
8. La vitesse de corrosion double lorsque l'on passe de 35°C à 85°C . Déterminer E_a .

IV. Physique Mines

MP.1

Interférences

MP-23-512



On considère un interféromètre de Michelson dont l'un des miroirs est concave, au contact optique avec l'autre miroir (qui est plan).

On considère le rayon de courbure du miroir concave très grand devant le diamètre du miroir plan ($R \gg d$). On éclaire le tout avec une source monochromatique de longueur d'onde λ .

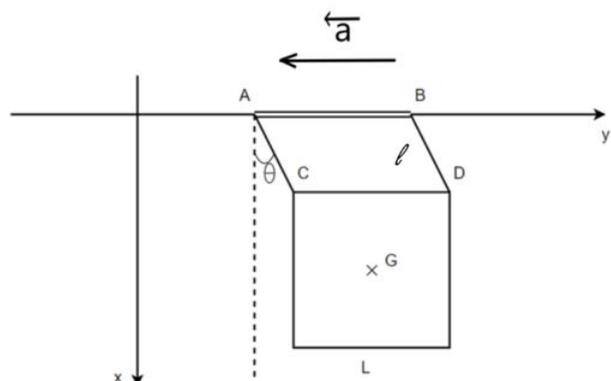
1. Où est-ce que les rayons interfèrent ? Décrire la figure d'interférence. Comment l'observer ?
2. Quel est le rayon de courbure maximal R_{max} que l'on peut mesurer avec une source monochromatique λ ?

Déroulement et indications Pour la question 2 du premier exercice, avec un rayon trop grand on ne peut plus observer plusieurs franges sur les miroirs. Il faut donc trouver la relation entre le rayon de courbure et la distance entre la première et deuxième frange. De mémoire on obtient $R_{max} = \frac{\lambda^2}{8d}$.

Plaque oscillante

MP-23-541

Identique à 2021/MP.28/1



Une plaque carrée de côté L , homogène, de masse M , est suspendu aux points A et B par des fils inextensibles de même longueur l .

On se place dans un référentiel accéléré, l'accélération $\vec{a} = -a\vec{u}_y$.

1. Trouver la position d'équilibre.
2. Montrer que pour une certaine accélération a , une des tensions s'annule. (Question supplémentaire à l'oral : quelle propriété remarquable a-t-on pour cette accélération ?)
3. Trouver la période des petites oscillations autour de la position d'équilibre.

Déroulement et indications Pour le deuxième exercice, l'examineur me demande si qualitativement je peux lui montrer quelle tension devrait s'annuler (avec mon intuition physique, simple comme bonjour), et me fais remarquer que pour $a = g$ on a $\theta_{\text{eq}} = \frac{\pi}{4}$ donc les points A , C et G sont alignés.

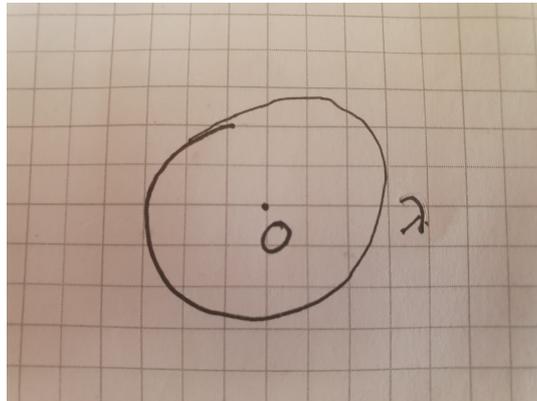
Avec 15 minutes de préparation. Examineur sympathique qui me laissait réfléchir sur les questions non abordées et me donnait des indices quand je bloquais trop.

MP.2 Un exercice d'électrostatique et un exercice de mécanique.

MP-23-413

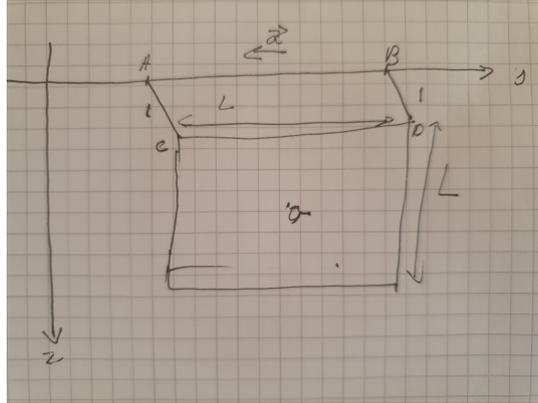
Identique à 2023/MP.1/2

Premier exercice (avec préparation) On dispose d'un cercle de centre O et de densité linéique λ .



1. Champ électrique en O .
2. Champ électrique sur un point de (Oz) .
3. Champ électrique sur un point $M \in (Oxy)$ proche de O .

Second exercice (sans préparation)



Une plaque carrée est suspendu par deux inextensibles à AB animé de l'accélération $\vec{a} = -a\vec{u}_y$.

4. Déterminer la position d'équilibre.
5. Déterminer la position d'équilibre pour laquelle la tension sur l'un des fils s'annulent.
6. Quelle est la pulsation des petites oscillations autour de la position d'équilibre?

Déroulement et indications

Le premier exercice a été rapidement traité. Le reste du temps a été consacré au second.

Premier exercice

1. C'est une application direct du principe de Curie.
2. Il s'agit d'une intégration. Il faut remarquer que le principe de Curie nous donne que le champ est selon (Oz) pour n'intégrer que les composantes selon (Oz) .
3. Question non faite en préparation. L'examineur m'a indiqué la façon dont il fallait appliquer le théorème de Gauss : sur un cylindre de petite épaisseur.

Second exercice

1. La question a été rapidement faite.
2. L'examineur m'a accompagné sur la question en me donnant de petites indications.
3. La question n'a pas été faite car il n'y avait plus de temps. J'ai néanmoins indiqué qu'il fallait employer une méthode énergétique, sachant que les deux tensions ne travaillent pas et que seuls le poids et la force d'inertie d'entraînement travaillent et que ce sont des forces conservatives.

L'oral m'a semblé réussi sans être non plus excellent. L'examineur était agréable.

MP.3

Diode à vide

MP-23-411

Identique à 2023/MP.4/1

On a deux plaques métalliques séparées d'une distance a , l'une au potentiel nul et l'autre au potentiel $U > 0$. On suppose que les électrons partent de la plaques de potentiel nul avec une vitesse initiale nulle.

1. Avec l'équation de Poisson et le théorème de l'énergie cinétique, donner l'équation vérifiée par le potentiel V
2. On prend $V(x) = Kx^p$. Trouver K et p .
3. Trouver l'intensité I en fonction de U
4. Exprimer la vitesse v_a des électrons lorsqu'ils arrivent sur la deuxième plaque.
5. Exprimer le temps de vol des électrons en fonction de U et de v_a

Déroulement et indications

L'examinatrice est intervenue pendant le premier exercice pour me demander de démontrer l'équation de Poisson afin de me faire voir une erreur de signe, et intervenait ensuite pour valider les résultats en fin de questions.

Température dans un tore

MP-23-412

On dispose d'un demi tore de section carrée de côté a . On suppose les parois latérales calorifugées et les sections de début et de fin aux températures T_a et T_b . Déterminer la résistance thermique du tore. Puis celle dans le cas d'un cylindre.

Déroulement et indications Pour le second exercice, elle m'a demandé pourquoi le vecteur densité de chaleur était selon le vecteur \vec{u}_θ , puis pour la seconde question je lui ai dit que je ne comprenais pas s'il fallait déduire le cas du cylindre de la première question, mais que ça ne me semblait pas possible, je lui ai juste donné la formule en disant que je pouvais la montrer de la même manière si elle le souhaitait. Elle m'a dit qu'elle ne voyait pas non plus comment la déduire du cas du tore et que je n'avais pas besoin de développer plus et m'a donné la question de cours.

(AM : Analogue à l'exercice 64 du TD d'EM)

Question de cours

MP-23-416

Trous d'Young et interférences. Élargissement de la source et perte de contraste.

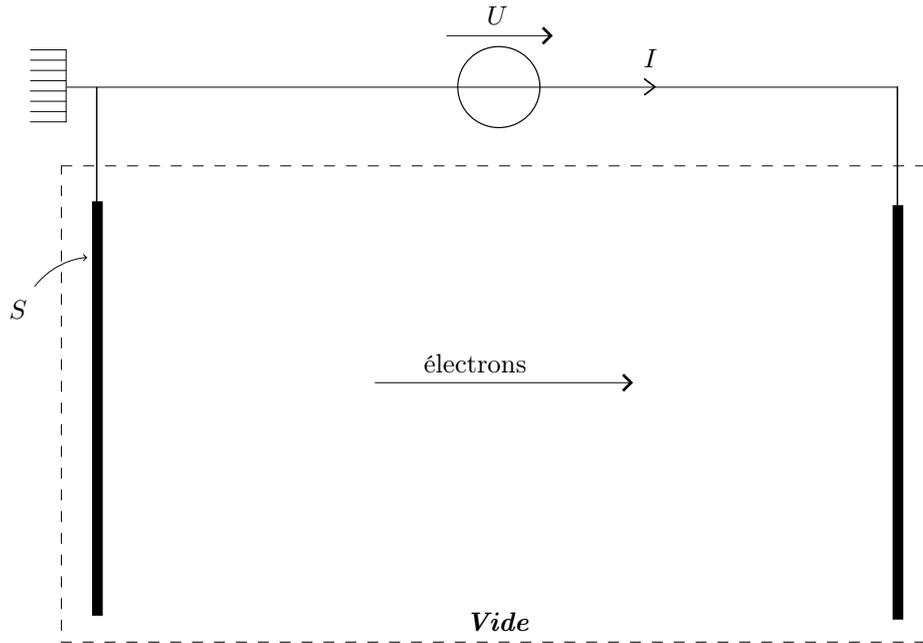
MP.4

Diode

MP-23-509

Identique à 2023/MP.3/1

On considère le montage suivant :



La plaque en $x = 0$ est chauffée de manière à ce que les électrons puissent circuler de la plaque en $x = 0$ (appelée cathode il me semble) à celle en $x = l$ (appelée anode je crois) avec une vitesse initiale négligeable selon x et dans un vide poussé. On suppose que toutes les grandeurs du problème que l'on va étudier dépendent exclusivement de x . Ainsi, les électrons ont une vitesse $\vec{v} = v(x)\vec{u}_x$ et ce flux induit une charge volumique $\rho(x)$ entre les plaques. On note également $\vec{E} = E(x)\vec{u}_x$ et $V = V(x)$ le potentiel. On note enfin S la surface des plaques.

Remarque orale de l'examinateur : Ce dispositif constitue une diode. Ce montage était très utilisé avant l'utilisation des semi-conducteur. On le retrouve encore aujourd'hui notamment dans les amplis pour les guitares électriques.

1. Établir la relation qui lie $I, \rho(x), V(x)$ et S .
2. En utilisant l'énergie mécanique d'un électron, déterminer une relation entre $V(x)$ et $v(x)$.
3. Établir l'équation différentielle vérifiée par $V(x)$ et la résoudre.
4. Déterminer f telle que $I = f(U)$.

Déroulement et indications

1. Il faut faire attention à comment on oriente la surface (le paramétrage est un peu particulier normalement un signe – sort)
2. Une fois qu'on a écrit l'énergie mécanique et qu'on a remarqué qu'elle était constante il faut évaluer pour un bon x pour avoir la relation voulue

3. Il faut utiliser Poisson. Pour résoudre on procède en deux étapes : astuce de l'énergie (multiplier par la dérivée) puis séparation des variables. On trouve :

$$\frac{d^2V}{dx^2} = K(I)V^{-1/2}$$

$$V(x)^{3/4} = \alpha(I)x$$

Il faut penser à réutiliser l'expression de la question 2 pour trouver les conditions aux limites pour la dérivée du potentiel.

4. Pas de difficulté particulière. Si on trace le graphe on doit à un moment s'arrêter à un I limite car la plaque ne peut pas fournir autant d'électron que l'on veut et pour U négatif on ne peut pas avoir d'intensité. Cela permet de vérifier que c'est bien une diode.

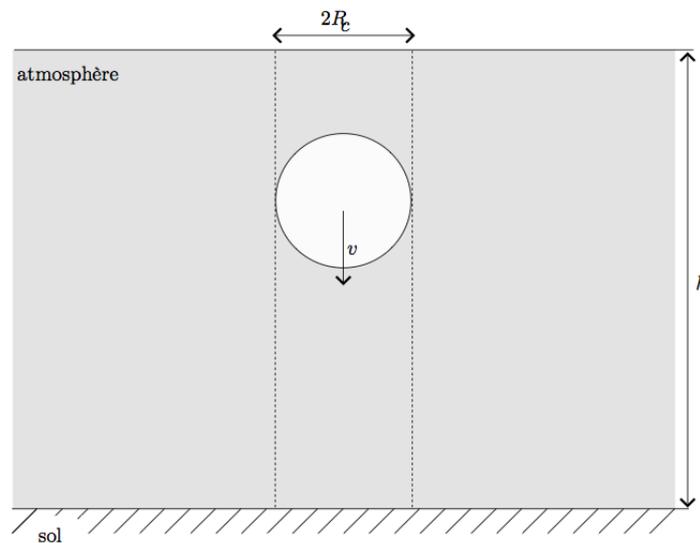
Comète et extinction des dinosaures

MP-23-536

L'hypothèse qui fait le plus consensus quant à la cause de l'extinction de masse qui provoqué la disparition de la majeure partie des dinosaures est celle de la comète. On cherche à modéliser la situation. On considère une comète de rayon R_c pénétrant dans l'atmosphère, que l'on suppose initialement à une température uniforme T_0 , en incidence normale avec une vitesse initiale v_i . On suppose que la comète n'interagit qu'avec le cylindre de rayon R_c formé dans l'atmosphère.

Données

- $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- $h = 60 \text{ km}$
- $H = \frac{RT_0}{M_{air}g} = 8,3 \text{ km}$
- $v_i = 20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- R_c, R_T



1. Déterminer la masse totale m_a d'air éjecté par le passage de la comète.

2. On néglige les frottements de l'air. Déterminer la différence de vitesse Δv entre la vitesse finale à l'impact et la vitesse initiale.
3. En réalité la différence des vitesses est 1% plus faible que celle que l'on a calculé. Estimer simplement la vitesse d'éjection de la masse d'air déplacé par la comète.
4. plusieurs autres questions que je n'ai pas traitées et que je n'ai pas lues.

Déroulement et indications

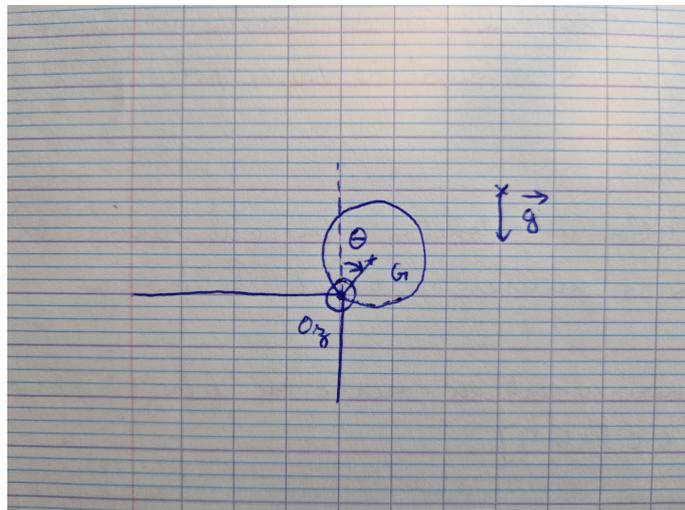
1. Utiliser le modèle de l'atmosphère isotherme pour déterminer ρ en fonction de l'altitude.
2. On néglige tout sauf le poids. On utilise alors la conservation de l'énergie mécanique. On peut simplifier en faisant un DL. On trouve $\frac{\Delta v}{v_i} = 0.15\%$
3. On suppose que l'énergie qui a été perdue pendant la chute est entièrement transmise à l'air sous forme de vitesse. Il me semble qu'on aboutit à une vitesse de l'ordre de $1300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Examineur très sympathique. L'oral était une véritable discussion physique et était très agréable. L'examineur m'a donné les applications numériques dans la plupart des cas (surtout pour le deuxième d'exercice).

MP.5 Basculement d'un cylindre au bord d'une table

MP-23-101

On considère un cylindre de masse m , de rayon R et de moment d'inertie $J = \frac{2}{3}mR^2$ qui bascule du bord d'une table sans glissement.



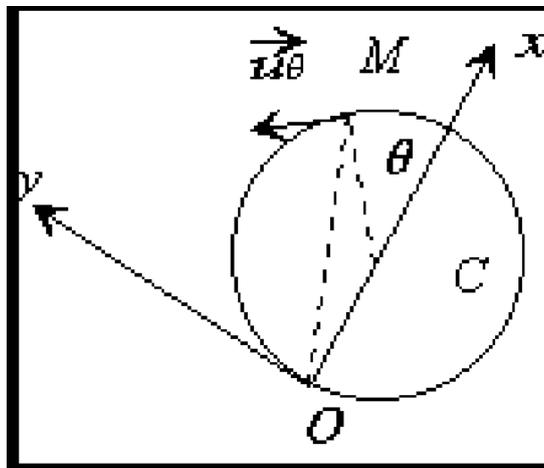
1. Etablir l'équation différentielle sur θ .
2. Etablir l'expression de la réaction du support \vec{R} dans la base polaire.
3. A-t-on rupture de contact avec la table pour $\theta \in [0, \frac{\pi}{2}]$?
4. On considère que les frottements sont modélisés par les lois de Coulomb de coefficient $f = 0,5$. A-t-on glissement avant la fin du basculement?
5. Comparer cette situation aux comportements d'un cube, puis d'un pavé, dans les mêmes conditions (les formules des moments d'inerties étant données pour les deux solides).

MP.6 Anneau en rotation

MP-23-102

- Question de cours**
1. Intensité diffractée par un réseau (la formule à obtenir était rappelée)
 2. Déterminer le nombre minimal de fentes N permettant de séparer le doublet spectral du sodium à l'ordre 1 de diffraction (les longueurs d'ondes étaient aussi rappelées).

Exercice Un cerceau horizontal, de centre C , de rayon R est en rotation uniforme à la vitesse angulaire ω autour d'un axe vertical passant par un point O appartenant à sa circonférence. Un anneau M , supposé ponctuel, de masse m peut coulisser sans frottement le long du cerceau. Soit R_c le référentiel lié au cerceau, de repère $Oxyz$ tel que Ox soit confondu avec la droite OC et orienté de O vers C . A la date t , le point M est repéré sur le cerceau par l'angle θ .

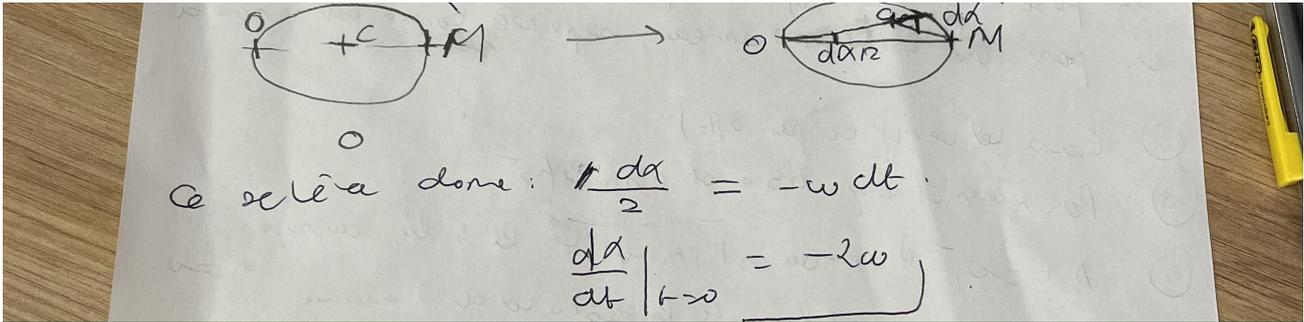


3. Déterminer l'équation différentielle du mouvement (en θ)
4. Étudier les positions d'équilibre et leur stabilité.
5. Initialement le cerceau est au repos, l'anneau également à la position $\theta = 0$. À $t = 0$ on déclenche le mouvement du cerceau. Dans l'hypothèse des petits angles déterminer $\theta(t)$ et commenter le résultat.

Déroulement et indications

1. Je démontre comme il le faut la formule de l'intensité, et trace la représentation graphique. Pour le critère de séparation j'en propose un faux et incohérent sur la distance entre les premiers zéros, il me le fait remarquer, me demande si j'ai utilisé un réseau en TP, je lui dis oui avec le minimum de déviation. Alors il me fait tracer l'intensité pour deux longueurs d'onde différentes, me demande ce qu'il se passe si N est trop petit, je lui réponds et retrouve un critère de résolution cohérent. Il me demande de commenter mon résultat ("c'est beaucoup 2000 traits?"), je ne sais pas quoi dire, il me demande si j'ai mesuré le doublet en TP, c'est donc réalisable.
2. Je procède par approche énergétique, après avoir précisé le système et le référentiel (je fais une grosse erreur d'inattention, confondant l'anneau et le cerceau!, il me le fait remarquer). J'exprime l'énergie mécanique, me demande pourquoi elle se conserve quand je le lui dit, il me fait faire un bilan des forces (j'ai failli dire que la force de Coriolis était non conservative, puis me rattrape : sa puissance est nulle, et oublier la réaction du cerceau). Je résous sans difficulté la suite de l'exercice, il me fait commenter l'équation du mouvement, un OH aux petits angles.

3. Pour la dernière question je me fais piéger au début, en disant que l’anneau reste immobile. Ce n’est pas le cas, sa vitesse initiale est non nulle. Ça fait sourire l’exmamineur. Il me demande intuitivement ce qu’il se passe (si l’anneau suit la rotation du cerceau), je lui répons qu’il est plus probable que ce soit le cas pour des vitesses de rotation petites que grandes, il me dit qu’on s’attendrait que l’anneau reste à sa place tandis que le cerceau bouge. Le calcul est assez pénible (il me fait faire des vues du dessus, je ne suis pas à l’aise en géométrie, voir photo), j’ai essayé plusieurs fois de proposer vainement des valeurs (notamment par analyse dimensionnelle ! il rit à ce moment). Alors après un long moment on trouve la bonne valeur, donc le résultat final, qu’il me demande de commenter (l’expression n’est pas toujours vraie du fait de l’approximation des petits angles).



Examineur sympathique, m’aide comme il le faut pour la question de cours, et beaucoup pour la dernière question. J’ai l’impression d’avoir bien faites les choses faciles mais pas plus, c’est donc un oral mitigé (la question de cours j’aurais du la faire seule).

MP.7

Réseau (question de cours)

MP-23-104

On éclaire un réseau possédant 200 traits par mm en incidence normale à l’aide d’une lampe à vapeur de sodium, présentant notamment un doublet de longueurs d’onde $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$

Questions 1. Combien d’ordres sont-ils visibles ?

2. Pour l’ordre 3, quel est l’écart angulaire entre les raies des deux longueurs d’onde ?

Questions supplémentaires à l’oral

- Cet écart angulaire peut-il être mesuré ?
- Quel est l’avantage d’utiliser un réseau au lieu de fentes d’Young ?
- Représenter l’intensité lumineuse en fonction de la différence de marche δ pour un réseau et pour des trous d’Young.

Déroulement et indications

1. J’ai eu le temps de traiter l’essentiel de la question de cours lors de ma préparation. Il n’y avait pas droit à la calculatrice pendant la préparation (même si on pouvait l’utiliser lors du passage à l’oral), donc je n’ai pas pu faire les applications numériques avec précision en avance.

Exercice 2 : Son émis en soufflant sur une bouteille

MP-23-105

On dispose d'une bouteille sur laquelle on souffle légèrement au niveau du goulot pour émettre un son similaire à une sirène. On fait les hypothèses suivantes :

- L'air à l'intérieur du goulot de la bouteille est assimilé à un piston indéformable de masse m .
- Les caractéristiques de l'air dans la partie inférieure de la bouteille sont identiques en tout point à l'intérieur de la bouteille.
- Le son émis est dû à la vibration de l'air dans le goulot.

On dispose également des données suivantes :

- Longueur du goulot : $l = 5$ cm
- Rayon du goulot : $a = 0,5$ cm
- Volume à l'intérieur de la bouteille (sans le goulot) : $V_0 = 1$ L
- Coefficient adiabatique de l'air : $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$
- Masse molaire de l'air : $M = 29$ g · mol⁻¹
- Température ambiante : $T_0 = 293$ K

Questions 1. Calculer la fréquence du son émis en fonction des caractéristiques géométriques de la bouteille et autres données.

2. La célérité des ondes sonores dans l'air est $c_0 = \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M}}$. Conclure quant à la validité des hypothèses faites.

Question supplémentaire à l'oral

- Quelle est la différence de pression initiale entre l'atmosphère et l'intérieur de la bouteille ?

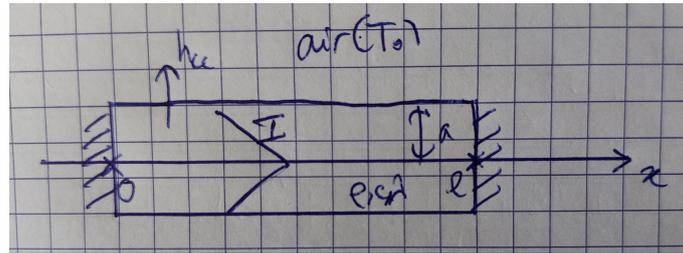
Déroulement et indications

1. Pour le deuxième exercice, je commence par faire un schéma de la bouteille. Comme l'énoncé affirme que c'est la vibration de l'air dans le goulot qui cause l'émission de l'onde sonore, j'étudie le mouvement de l'air dans le goulot en appliquant le PFD.
2. Pour résoudre l'équation obtenue, il faut ensuite exprimer la pression à l'intérieur de la bouteille en fonction de la hauteur du bouchon d'air dans le goulot. Je fais d'abord l'hypothèse que la température dans la bouteille ne varie pas, mais l'examineur me fait deviner qu'il faut plutôt supposer la transformation isentropique et utiliser la loi de Laplace. Après un développement limité, j'aboutis à l'équation d'un oscillateur harmonique et j'en déduis la fréquence du son émis (68 Hz pour l'application numérique).
3. Pour la deuxième question, l'examineur me conseille de calculer une longueur caractéristique de l'onde. Je calcule donc la longueur d'onde (5 m). La longueur d'onde est grande devant la hauteur de la colonne d'air dans le goulot, donc l'hypothèse de modéliser ce volume d'air par un piston indéformable est acceptable.

L'examineur était agréable et comprenait rapidement ce que je lui disais.

MP.8 Transferts thermiques pour un conducteur électrique

MP-23-108



On dispose d'un conducteur cylindrique de conductivité électrique γ parcouru par un courant d'intensité I constante. Le conducteur est isotherme à l'instant initial à $T(t = 0) = T_0$. Le coefficient conucto-convectif avec l'air est h_{cc} .
 On suppose $\left\{ \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\gamma_0} (1 + \alpha(T - T_0)) \right\} \alpha = 5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

1. Justifier que le conducteur est isotherme à tout instant.
2. Commenter l'expression de $\frac{1}{\gamma}$, la valeur numérique de α et donner un ordre de grandeur de γ_0 .
3. Calculer T_∞ la température du conducteur en régime permanent.

Question de cours : Interférences de N ondes par un réseau.

Déroulement et indications

1. C'est le cas pour λ assez grand.
2. γ diminue quand T augmente. L'examineur me demande de le justifier par un raisonnement d'un point de vue microscopique : R_{elec} augmente avec la température tandis que R_{therm} diminue.
 $\alpha = \frac{\Delta R}{R}$ d'après la formule donnée donc la variation relative de R est 0,5
 Pour le cuivre, $\gamma_0 = 6 \times 10^7 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$

3. On applique le premier principe sur tout le conducteur et on obtient une équation différentielle en $\Theta = T - T_0$. On remarque qu'il y a une intensité maximale I_c . Après le calcul de Θ_∞ , il demande une application numérique pour I_c . On trouve $I_c \approx 100 \text{ A}$, ce qui est "un peu" grand comparé aux valeurs que l'on a en TP. Il semble un peu surpris au début puis me dit que c'est sans doute à cause de l'hypothèse isotherme.

4. Pour la question de cours, il me demande ce qu'est un réseau. Je réponds que c'est un dispositif dispersif comme le prisme. Il me coupe et veut savoir comment est fait un réseau. Je n'en ai aucune idée, il me dit que c'est plein de trous d'Young et me demande le nombre. Je réponds 140 à 600, il me dit que c'est le nombre de trous par mm donc il y en a 1000 à 6000 en tout.

Il me demande alors la différence de marche pour 2 trous d'Young avec source et écran à l'infini. Paniquée, je m'embrouille et tant bien que mal arrive à retrouver l'expression puis je donne les conditions d'interférences constructives.

Il veut maintenant l'intensité du réseau. Je n'en sais rien, je dis des choses pas très justes pour éviter le blanc donc il me demande pour 2 trous d'Young. Je donne la formule de Fresnel, la période du cosinus, puis trace la courbe. Il me demande alors l'intérêt d'un grand nombre de trous, je hasarde que l'on va avoir des pics et il acquiesce.

Enfin, il me demande comment on a utilisé les réseaux en TP. Je réponds : "dans des goniomètres". Il veut savoir le but des réseaux utilisés avec un goniomètre par exemple avec les raies du sodium. Il voulait que je dise le mot spectométrie puis l'oral s'arrête là.

Examineur sans doute excédé par ma lenteur et mon ignorance totale des réseaux mais qui était attentif à ce que je faisais, m'aidait quand il le fallait, me disais quand je faisais une erreur de calcul et donnait toujours des explications pour que je comprenne mieux.

J'ai été assez lente dans le premier exercice mais il s'est passé sans trop d'encombres. Heureusement que la question de cours a été posée à la fin de l'oral car je ne connaissais rien sur les réseaux et ai donc passé les dernières 15min à paniquer et à chercher à éviter le blanc avec des tentatives hasardeuses de réponse.

MP.9 Effet de peau

MP-23-110

Question de cours Thermodynamique des systèmes ouverts : bilan énergétique

Exercice On considère que le demi-plan ouvert $z > 0$ est conducteur de conductivité γ et qu'il y règne $\vec{j}(z, t) = j_0(z)e^{-i\omega t}\vec{u}_x$.

1. Calculer \vec{E} et \vec{B} dans le milieu
2. On suppose que $\epsilon_0\omega \ll \gamma$. Donner l'équation différentielle vérifiée par j_0 .
3. Calculer \vec{j} dans le milieu. On posera $\delta = \sqrt{\frac{2}{\delta\mu_0\gamma}}$.
4. Pour du cuivre ($\gamma = 6 \times 10^7 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$), calculer les valeurs de δ pour $f = 50 \text{ Hz}$ et $f = 1,0 \text{ MHz}$.
5. Les valeurs obtenues sont-elles cohérentes avec l'approximation de la question 2 ?

Déroulement et indications

Question de cours Je ne comprends d'abord pas du tout de quoi parle la question de cours (mais en tout cas ça ne me plaît pas, je déteste la thermo), mais je finis quand même par comprendre qu'il s'agit du premier principe industriel, dont je refais la démonstration, avec quelques doutes sur le système à considérer. L'examinatrice accepte, et me demande d'abord de donner les formes massiques et en puissances du bilan (je ne me souviens absolument pas du bilan en puissance), puis elle me demande d'expliquer le fonctionnement d'une pompe à chaleur, ce que je fais de manière extrêmement peu convaincante. On passe à la suite.

Exercice

1. Je calcule directement \vec{E} avec la loi d'Ohm locale, puis j'utilise l'équation de Maxwell-Faraday pour calculer \vec{B} avec un calcul de rotationnel.
2. l'équation s'obtient grâce à l'équation de Maxwell-Ampère, avec l'expression de \vec{B} obtenue à la question précédente. je fais quelques erreurs de calcul et de copie, mais j'arrive finalement à obtenir l'équation.
3. Je résous en posant le polynôme caractéristique de l'équation, on obtient des solutions avec un facteur exponentiel croissant en fonction de z , un autre décroissant. L'examinatrice engage la discussion pour discuter de la possibilité de la présence du terme croissant. Cependant, l'onde est ici régressive en fonction de z , et je n'arrive donc pas à bien le justifier. l'examinatrice me demande également si le

milieu est dispersif et de calculer la vitesse de phase de l'onde, je dis que le milieu l'est effectivement en oubliant que la vitesse de phase est nécessairement réelle. S'ensuivent quelques questions sur les milieux dispersifs et sur les paquets d'ondes.

4. Je fais les applications numériques et l'examinatrice me demande de commenter. On ne fait pas la dernière question, l'examinatrice me pose quelques questions qualitatives à la place, et c'est la fin de l'oral.

Examinatrice sympathique, attentive à tous mes calculs et lance régulièrement une discussion physique sur mes résultats. Je suis plutôt content de l'oral malgré quelques erreurs de calcul et des réponses approximatives voire parfois fausses aux questions qualitatives.

MP.10 Collision

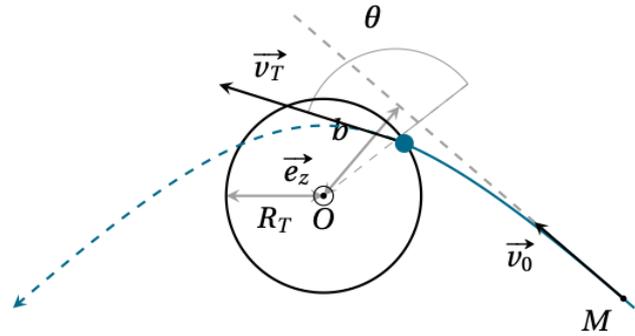
MP-23-111

Question de cours Calcul de champ magnétostatique

1. Fil infini
2. Surface parcourue par un courant surfacique
3. Champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur d'un solénoïde.

Exercice J'ai décidé de coller l'énoncé que j'ai trouvé sur Internet (<https://cpge-paradise.com/pdf/exo-kepler-complet.pdf>, exercice 6 "Collision"). J'ai reçu exactement le même exercice (à l'exception des détails du type notation de grandeurs ou $b = 50R_T$ au lieu de $b = 60R_T$...).

On étudie le mouvement d'un astéroïde M se rapprochant de la Terre de centre O , en provenant de l'infini. On note r la distance OM , qui tend initialement vers l'infini. L'étude est effectuée dans le référentiel géocentrique.



1. Quelle est la nature du mouvement de M quand r tend vers l'infini ?
2. On note \vec{v}_0 sa vitesse à l'infini. Exprimer son moment cinétique par rapport à O , noté $\vec{\sigma}_{/O}(M)$ quand il est à l'infini en fonction des paramètres du schéma. Quelle est l'évolution de $\vec{\sigma}_{/O}(M)$? La distance b est nommée « paramètre d'impact ».
3. (a) Rappeler l'expression de l'énergie potentielle effective de l'astéroïde et tracer son allure en fonction de r . Représenter sur cette courbe la distance minimale r_{\min} de O à laquelle passera M .
 (b) Quelle est l'énergie mécanique de l'astéroïde quand il est à l'infini ? En déduire, par conservation de l'énergie mécanique, l'expression de r_{\min} .
 (c) En déduire à quelle condition l'astéroïde évitera la Terre, de rayon R_T . Exprimer en particulier la vitesse minimale notée $v_{\min}(b)$ pour une valeur de b donnée. On l'exprimera en fonction de la deuxième vitesse cosmique (Section ??) relative à l'attraction gravitationnelle de la Terre, notée v_2 .
 (d) Calculer v_{\min}/v_2 pour $b = 60R_T$, correspondant à l'orbite de la Lune.
4. On considère maintenant que $v_0 = v_{\min}(b)/\sqrt{2}$.
 (a) Utiliser la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer le module v_T de la vitesse de M quand il atteint la Terre. On l'exprimera de nouveau en fonction de v_2 , b et R_T .
 (b) Utiliser la conservation du moment cinétique pour déterminer l'angle θ du vecteur vitesse $\vec{v}(M)$ avec la normale à la surface de la Terre au moment de l'impact.
 (c) Calculer ces grandeurs pour $b = 60R_T$.

Déroulement et indications j'ai fait un calcul du champ magnétique pour le modèle du fil infini, pour une surface parcourue par un courant surfacique (cf.relation de passage), j'ai utilisé le principe de superposition et l'expression trouvée à l'issue du calcul précédent pour calculer le champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur d'une solénoïde.

Exercice : exercice classique, j'essayais d'enchaîner les questions, en faisant au passage quelques erreurs d'étourderie que je corrigeais soit par moi-même soit à l'issue de la remarque de l'examinateur.

Etre attentif en lisant l'énoncé de l'exercice, puisqu'une lecture inattentive peut faire perdre inutilement du temps. Conseil de Mr Kiouss, qui est ici très pertinent : « si vous avez déjà fait un exercice similaire ou analogique ne vous précipitez pas, restez "professionnels" et très concentrés » :)

Examinatrice très froide, ne parlant quasiment pas tout au long de l'oral.

MP.11

Déviations vers l'Est

MP-23-201

Exprimer Δx en fonction de g , λ (latitude nord), h (hauteur de chute) en considérant la chute libre d'un objet vers la Terre.

Atomes d’Hydrogène

MP-23-207

On considère des atomes d’hydrogène réunis dans un volume. À partir de quelle température critique T_c doit-on prendre en compte les états excités ?

Données : États d’énergie de l’atome d’hydrogène $E_i = 13,6 \text{ eV}$ et $E_n = -\frac{E_i}{n^2}$

Question supplémentaire : Analyse dimensionnelle :

$$S = \frac{Ak_Bc^3}{Gh}$$

Montrer que A est une surface. S est une entropie, G la constante de gravitation universelle, h la constante de Planck, k_B la constante de Boltzmann et c la célérité de la lumière dans le vide.

Déroulement et indications Il faut définir soi-même un critère pour répondre à la question.

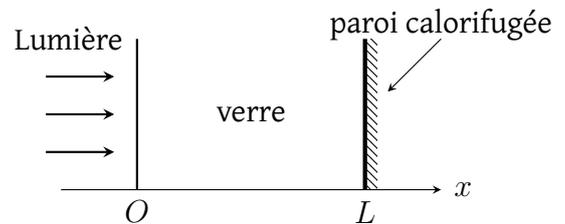
MP.12

Absorption par une vitre

MP-23-202

La lumière génère une puissance volumique dans la vitre $P = P_0 e^{-x/\delta}$. La paroi placée en $x = L$ est calorifugée. On note $\Theta = T - T(0)$, h le coefficient de la loi de Newton entre la vitre et l’air, λ la conductivité thermique de la vitre, ρ sa masse volumique et c sa capacité massique.

Trouver Θ . Commenter.



Système à deux corps

MP-23-208

On considère le Soleil et Jupiter, qui tournent autour de leur centre de masse. On note R_s et R_j les distances respectives du Soleil et de Jupiter au centre de masse du système, M_s et M_j les masses respectives du Soleil et de Jupiter.

1. Déterminer l’expression de la troisième loi de Képler pour ce système.
2. Trouver les points d’équilibre dans le référentiel tournant.

MP.13

Question de cours

MP-23-203

Ondes électromagnétiques dans un cavité à une dimension.

Durée de vie du Soleil

MP-23-209

Données : Diamètre angulaire du Soleil vu de la Terre $\alpha = 32'$; Rayon du Soleil $R_s = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$; Masse du Soleil $M_s = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$; Puissance surfacique reçue par la Terre $P_s = 1,36 \text{ kW.m}^{-2}$.

1. Donner l’expression du potentiel gravifique créée par une sphère de rayon R uniforme de masse volumique ρ .
2. Donner l’expression de l’énergie gravitationnelle du Soleil. Application numérique.
3. Avec l’hypothèse d’un effondrement gravitationnel, calculer la durée de vie du Soleil.

Examinatrice très sympa, souriante. Elle repérait mes erreurs de calculs mais attendait que je finisse mon raisonnement pour me les signaler.

MP.14

Question de cours

MP-23-204

N ondes cohérentes en propagation arithmétique.

Déroulement et indications Je présente les réseaux et établis la formule des réseaux puis l'examinatrice me demande d'établir l'expression de l'intensité en fonction du déphasage, ce que je fais en oubliant un $1/2$ à un moment, elle me le fait remarquer.

Câble coaxial

MP-23-210

On considère un morceau de câble coaxial formé de deux cylindres conducteurs, coaxiaux, cylindriques de révolution, de hauteur h . Le premier est plein, de rayon extérieur a et le second creux, de rayon intérieur $b > a$. L'espace entre les deux cylindres est conducteur ohmique, de faible conductivité γ .

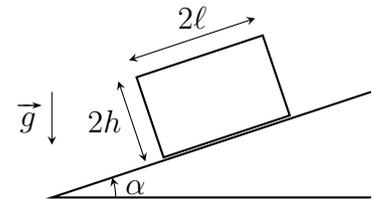
Données : $V(a) = V_1$, $V(b) = V_2$, $h = 10$ cm, $b = 5$ cm, $\gamma = 10$ S.m⁻¹.

1. Déterminer l'expression de \vec{j} au voisinage du cylindre central.
2. Déterminer a tel que $j(a)$ soit minimal.
3. Déterminer la résistance du système.

Parallélépipède sur un plan incliné

MP-23-211

On considère le dispositif ci-contre, vertical dans le champ de pesanteur \vec{g} . Le coefficient de frottement entre les solides est μ . Déterminer les conditions pour qu'il y ait basculement avant glissement.



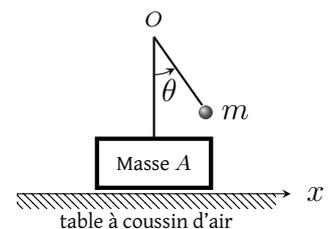
Examinatrice très sympathique, qui m'a aidée dès que j'avais une interrogation.

MP.15

Pendule sur un chariot

MP-23-205

On considère le dispositif ci-contre. La liaison en O est parfaite. La solide A , de masse M glisse sans frottement sur la table à coussin d'air. La masse m , ponctuelle, est placée au bout d'un fil inextensible et sans masse.



1. Déterminer les équations du mouvement du système.
2. Même question si l'axe Ox fait un angle α avec l'horizontale.

Examineur assez énervant, ne comprenant pas Varignon, me coupant dans ma phrase pour lire des lignes de calculs et croire à une erreur alors que non, il fallait juste écouter ma phrase. Il est d'ailleurs offusqué de l'utilisation du produit entre torseurs alors qu'il m'a demandé de montrer « rigoureusement l'expression de l'énergie cinétique ».

Question de cours

MP-23-212

Dites-moi tout ce que vous savez sur le Michelson.

MP.16 Propagation et modèle de Drude

MP-23-206

Question de cours : Démonstration de l'énergie mécanique dans le cas d'un mouvement elliptique à force centrale, en fonction de a , le demi grand-axe. (donnée en fin d'oral)

On considère un métal, où la vitesse des électrons prend en compte le modèle de Drude :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{\vec{v}}{\tau} = -\frac{e}{m}\vec{E}$$

1. On suppose que la densité volumique dans le métal n est uniforme. Définir la conductivité γ . Si on considère un régime sinusoïdal de pulsation ω , exprimer γ .
2. On suppose que n est uniforme et constante, donner l'équation de dispersion en k^2 .
3. On pose $\omega_p = \frac{ne^2}{m\epsilon_0}$. Exprimer k^2 en fonction de τ, ω, ω_p .
4. On donne des valeurs numériques : $\tau = 10^{-14}$ s. Calculer les pulsations $\frac{1}{\tau}, \omega_p$. À quels domaines appartiennent-elles ?
5. On pose $k = k_1 - jk_2$. Identifier pour ω trois domaines asymptotiques, décrire ce qui s'y produit.

On se place maintenant à basse fréquence : on étudie la propagation d'une onde dans le métal de conductivité γ

6. Que signifie basse fréquence ?
7. Écrire la propagation de l'onde dans le métal, déterminer le champ \vec{E}, \vec{B} .
8. Identifier longueur caractéristique.
9. L'exprimer en fonction de ω, γ_0
10. Commenter cette valeur, expliquer le cas du conducteur parfait.
11. Calculer le vecteur de Poynting ... (je n'ai pas eu le reste de la question, j'ai été coupé pour faire la question de cours).

Déroulement et indications

1. Il ne faut pas se tromper sur les premières questions, qui ressemblent beaucoup à ce qui a été fait en cours. Je déroule rapidement. On obtient l'équation de dispersion. Je lui dit que ça me rappelle le plasma dans le cas $\tau \rightarrow +\infty$
2. Question 2, 3 : équations de Maxwell
3. Question 4 : heureusement je connaissais les domaines : petit conseil : toujours se ramener aux longueurs d'onde, c'est plus simple pour comparer au visible qu'on connaît bien.
4. Question 5 : le domaine $\omega \gg \frac{1}{\tau}$ et $\omega < \omega_p$ est apparemment asymptotique malgré la proximité des pulsations ω_p et $\frac{1}{\tau}$. On reconnaît un terme de propagation et un autre d'atténuation.

5. Sans trop de difficultés, on fait apparaître une épaisseur de peau. Pour γ_0 , on le voit comme une limite de γ dans le domaine correspondant : il faut négliger le terme en ω^2 , dans l'équation de dispersion : k^2 devient un imaginaire pur.
6. Question de cours : Merci à l'âme charitable qui m'a rappelé la veille de l'oral que la somme des racines d'un polynôme de degré 2, est fonction gentille des coefficients. J'écris la conservation de l'énergie mécanique, on connaît l'énergie potentielle, cinétique, on a la conservation du moment cinétique. Et la vitesse radiale s'annule en l'apogée et le périégée. Or le demi-grand axe a est relié à r_P et r_A : $r_P + r_A = 2a$.

Examineur très sympathique, silencieux la majorité de l'oral. Il me laisse faire. Il ne m'a repris que trois fois : une erreur de signe qui fausse mon calcul de la question 2, pour discuter dans la question 5 sur les trois domaines $\omega \ll \frac{1}{\tau}$, puis en le comparant à ω_p .

Enfin, il voulait que je définisse un γ_0 vu comme limite pour $\omega \ll \frac{1}{\tau}$, ce qui simplifie les calculs.

MP.17 Deux exercices

MP-23-401

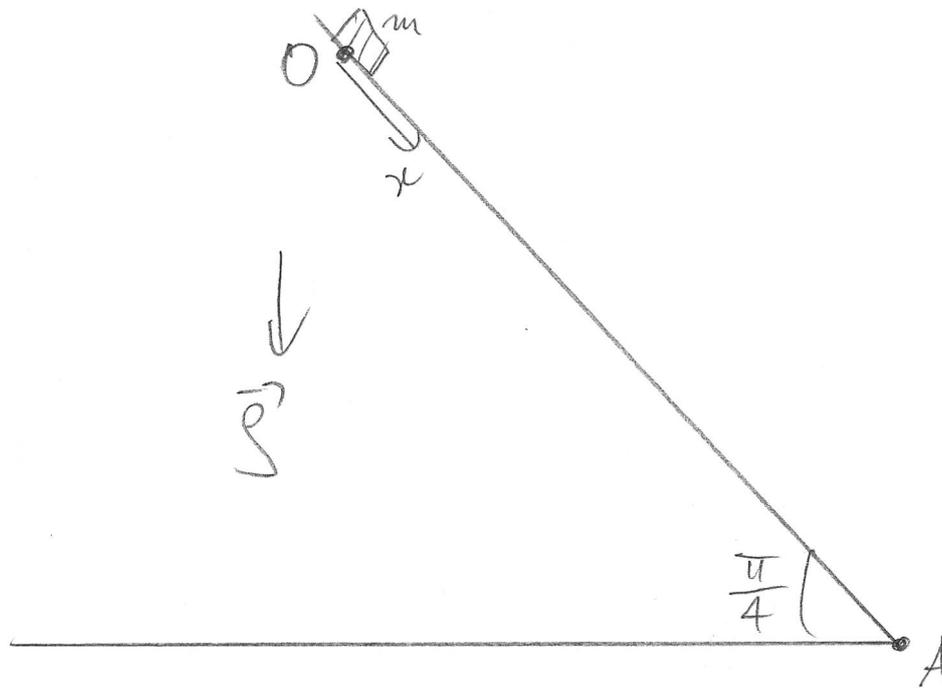
Cylindre métallique dans l'eau On considère un milieu infini rempli d'eau liquide à la température $T_s = 0^\circ\text{C}$. On insère dans cette eau un cylindre métallique infini de rayon a maintenu à la température constante $T_0 = -50^\circ\text{C}$. On néglige le déplacement de l'eau dû à l'insertion du cylindre. Un cylindre de glace de rayon $\xi(t)$ se forme alors autour du cylindre métallique. On considère que $\xi(t)$ est suffisamment petit pour que le profil de température dans le cylindre de glace suive l'approximation des régimes quasi-stationnaires.

Déterminer et intégrer une équation différentielle sur $\xi(t)$.

Données

- capacité thermique massique de la glace c_G
- capacité thermique massique de l'eau liquide c_E
- conductivité thermique de la glace λ_G
- masse volumique de la glace ρ_G
- masse volumique de l'eau liquide ρ_E
- enthalpie massique de fusion de la glace L

Masse sur un plan incliné On considère une masse m sur un plan incliné selon le schéma suivant :



La masse est lâchée en O sans vitesse initiale.

On donne $OA = 5L$ et $f(x) = \frac{3}{2}(1 - e^{-\frac{x}{L}})$, où f est le coefficient de frottement du plan incliné. On néglige la variation de f sous la masse.

Étudier le mouvement de la masse m .

Déroulement et indications

1. L'examineur m'a laissé utiliser l'équation de diffusion sans la démontrer, j'ai pu l'intégrer dans l'ARQS à l'aide de l'expression du laplacien fournie par le formulaire pour déterminer le profil de température dans la glace.
2. Pour le deuxième exercice, l'examineur m'a donné un angle égal à $\frac{\pi}{4}$ pour que les projections soient plus simples (pas besoin de choisir entre \cos et \sin).
3. Le TRD selon x donne une équation différentielle non linéaire sur la position x de la masse, j'ai commencé par la résoudre dans l'hypothèse $x \ll L$, qui s'est avérée être fausse.

Je croyais qu'aux Mines, l'oral de physique comportait une question de cours, mais je n'en ai pas eu.

MP.18 Interférence à N ondes.

MP-23-402

On considère une bille qui coulisse dans un tube en rotation (avec une vitesse angulaire constante) autour de l'axe Oz .

1. Que pouvez vous dire du mouvement de la bille ?
2. Quel est le temps nécessaire pour que la bille soit sortie du trou ?
3. Que pouvez vous dire si on remplace la bille par une craie ?
4. Vitesse nécessaire pour réaliser une gravité artificielle dans un satellite en rotation autour d'un axe ?
5. Question de cours : Expression et démonstration du champ électrique d'un dipôle, et son analyse.

Données masse de la bille, vitesse de rotation du tube, longueur du tube (je ne me souviens plus des valeurs exactes mais de l'ordre de ce qui est réalisable en laboratoire).

Déroulement et indications

Je commence par expliquer le mouvement attendu avec les forces d'entraînement puis j'écris les équations de mouvements dans un référentiel non galiléen, ensuite j'établi le temps nécessaire pour sortir du tube. Je continue en expliquant qu'avec une craie placée au centre, on peut obtenir un équilibre instable, l'examineur acquiesce mais réitère la question (formulée un peu différemment) j'évoque alors les frottements subies par la craie qui possède une surface de contact plus importante, il me demande de le mettre en équation. Je commence d'abord par considérer la résultante totale des frottements mais me reprends en pensant à l'influence du contact sur les cotés et essaye de voir pour calculer dF , l'examineur me réoriente vers la première idée, je m'exécute donc et obtiens une nouvelle équation de mouvement et en discute avec l'examineur. Je commence à répondre à la question 4, avance un peu, l'examineur m'interrompt pour me poser la question de cours. J'y réponds.

MP.19

Exercice 1

MP-23-403

On considère une arche romane. On suppose qu'il y a assez de pierres pour que la modélisation soit continue. Calculer le coefficient de frottement minimal pour que l'arche tienne.



Déroulement et indications

- Je commence les calculs du premier exercice en faisant un PFD sur une pierre située entre θ et $\theta + d\theta$, mais je fais l'erreur d'approximer que les directions des forces ne varient pas entre ces deux angles. Après pas mal de calcul l'examineur me demande de poser la réaction en tant que vecteur et de résoudre vectoriellement le PFD, ce qui est beaucoup plus simple et règle le problème d'approximation précédent. Puis il faut calculer les constantes d'intégration après avoir projeté. Celle sur la réaction normale est facile à trouver en faisant un PFD sur l'arche entière. L'autre est plus dure mais il suffit de faire un TMC (le centre de gravité n'est pas sur l'arche mais bon...) puis faire un peu de Varignon et c'est bon. On passe à l'autre exercice avant d'avoir complètement fini

Exercice 2

MP-23-404

Un réservoir de 2L est divisé en deux portions séparées par une paroi percée d'une ouverture de surface S . On place une mole de Néon et une mole d'Hélium dans la portion de gauche. Donner à quel instant et dans quel réservoir on aura de l'Hélium en plus grande proportion.

Déroulement et indications

- Je reste un peu muet ne sachant pas trop où aller, il me demande dans quel chapitre on se trouve. Je dis thermo et thermostat, il me dit oui pour thermostat. J’explique l’intérêt de l’exercice en disant que la vitesse des particules dépendant de leur masse, et que le plus léger va passer plus vite dans l’autre compartiment. L’examineur me demande de retrouver la valeur de la vitesse quadratique d’une particule. C’est du cours mais je bug un peu. J’avais en tête la démo du début du cours de thermostat mais l’argument d’équirépartition de l’énergie permet de la refaire en deux lignes, c’est pourquoi il me guide là dessus. On note les grandeurs $N_{gauche,He}$, $N_{gauche,Ne}$, $N_{droite,He}$, $N_{droite,Ne}$. Il faut quantifier le nombre d’atomes qui passent du réservoir de gauche à celui de droite pendant dt , en considérant le cylindre dans lequel il se trouvent tous entre t et $t + dt$. Après quelques péripéties, je trouve une équation que je résous (il ne faut pas oublier ceux qui arrivent aussi de la droite). On obtient finalement une proportion de $y = \frac{N_{gauche,He}}{N_{gauche,He} + N_{gauche,Ne}} = \frac{1}{1 + \frac{1+e^{-x}}{1+e^{-\frac{x}{2}}}}$ où $x = \frac{t}{\tau}$ et τ un temps caractéristique qui dépend de m . Je reproduis la courbe que me donne ma calculette, il y a un maximum qui vaut 0,55, je montre ma déception dû à ce faible score. L’examineur me reconforte en me disant qu’on refait plusieurs fois l’expérience. Je ne suis pas convaincu.
- Il reste un peu de temps donc l’examineur me demande de trouver la dimension de $\frac{Ak_Bc^3}{hG}$ où A est une aire, et G la constante de gravitation, h la constante de Planck. Il me dit que c’est l’entropie d’un trou noir. Ok

L’examineur était très sympathique et semblait content de ce que je faisais alors que je minorais un peu.

MP.20

Photographie

MP-23-407

- On considère un appareil photographique. Il est constitué d’une lentille convergente de focale $f'_1 = 12$ cm, d’une lentille divergente de focale $f'_2 = -3$ cm et d’un capteur (dans cet ordre). La distance entre les 2 lentilles vaut $D = 9,6$ cm. On fait une photographie d’une tour de hauteur $h = 25$ m qui se situe à 1 km de l’appareil. À quelle distance faut-il placer le capteur ?
- Faites le schéma avec l’image intermédiaire et l’image final.
- Calculez les dimensions de l’image obtenue.

Données

- Relation de conjugaison de Descartes
- Relation de conjugaison de Newton
- Formule de grandissement

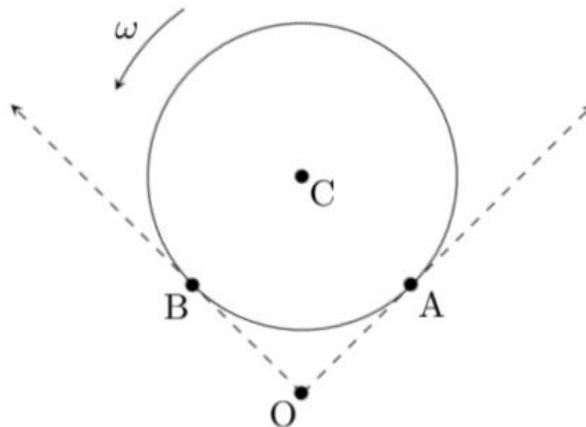
Déroulement et indications

- Je écris les formules et je fais le dessin sur la feuille.
- Quand je passe au tableau je propose de faire d’abord le dessin pour voir ce qui se passe en ensuite faire le calcul. Je fais le dessin et le correcteur commence à me poser des question sur l’image par la première lentille (il voulait que je dise que c’est un objet virtuel pour la deuxième)

- Je fais le calcul sans difficulté particulière, on trouve que le capteur doit être à 22 cm de la première lentille à peu près. Il me demande si le résultat est compatible avec mon dessin. Je vérifie la formule, elle est bon. Je vérifie mon dessin, il est mauvais... J'essaie en vain de dessiner l'image d'un objet par une lentille divergente, l'image se rapproche forcément de la lentille et cela n'est pas conforme avec le calcul.
- Je fait rapidement l'exo 3 et je reviens de nouveau à mes dessins qui ne marchent pas. Au bout de 5 minutes l'examineur me propose de passer à un autre exercice.

Roue qui tourne

MP-23-408



Calculer le nombre de tours avant l'arrêt.

Déroulement et indications Il s'agit presque de l'exercice 19 du TD de méca.

Pour cet exo (que j'ai déjà fait pendant l'année) je fais le PFD, j'écris les lois de coulomb et on obtient une équation finale avec le TMC. Je fais quelques erreurs de calculs que l'examineur me signale mais à part cela rien de particulier.

L'examineur plutôt bienveillant et silencieux. Il m'indiquait des problèmes dans mon raisonnement mais ne donnait pas des indices pour la résolution.

Je suis plutôt déçu de cet oral car je me suis embrouillé sur le premier exercice qui était pourtant très simple

MP.21 Ondes de tension dans des cellules RC

MP-23-414

L'énoncé me rappelle un DM que nous avons fait sinon il y avait un schéma de cellules RC en cascade ça ressemble à ça (et les résultats que l'on cherche sont les mêmes). a est la taille d'une cellule

- Montrer que $\frac{a^2}{RC}$ est homogène à un coefficient de diffusion

2. Etablir la relation de récurrence pour les tensions

$$u_{n+1} + u_{n-1} - 2u_n = RC \frac{du_n}{dt} \quad (A)$$

3. Approche discrète avec $u_n(t) = u(x = na, t)$ faire un développement de Taylor pour obtenir une équation de diffusion

$$D \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (B)$$

et exprimer D

4. Pour $\underline{u}_n(x, t) = \underline{U}_n e^{j\omega t}$ trouver une relation entre les U_n

5. On prend $\underline{U}_n = \underline{k}^n \underline{U}_0$ trouver l'expression de k (qui était donnée aussi)

6. Montrer que les amplitudes suivent une loi exponentielle pour $\omega RC \ll 1$

7. Approche continue avec u OPPH : $u_n(x, t) = U_n e^{j(\omega t - k'x)}$, établir l'expression de u en faisant apparaître une longueur δ

8. On donne le graphe de U_n en fonction de n (exponentielle décroissante) pour $C = 100nF$ et $f = 100Hz$, déterminer R

Question de cours Etablir la formule de l'énergie mécanique d'un satellite dans une orbite elliptique en fonction du demi-grand axe a

Déroulement et indications

L'examinateur me dit que j'ai 15 min pour préparer cet exo avant d'aller au tableau puis qu'il m'arrêtera 15 min avant la fin pour la question de cours (je savais pas que ça se faisait dans cet ordre).

En voyant l'exo je me dit que nous avons déjà fait des choses similaires et que tout est faisable, pendant la préparation je n'ai pas compris la question 6 et j'ai regardé la suite.

1. RAS
2. On applique la loi des noeuds et des mailles et on obtient la relation
3. On écrit le développement de Taylor à l'ordre 2 car les ordres 1 vont se simplifier, on obtient bien une équation de diffusion et D est celui de la question 1
4. On reporte dans (A) et on a directement la relation
5. Je comprends pas d'ou sort ce k mais en injectant dans (A), k est solution d'un polynome du second degré que l'on résout et on a une expression de type $k = 1 + \frac{j\omega RC}{2} \pm \sqrt{4j\omega RC(1 + \frac{j\omega RC}{2})}$
6. Je comprends pas ce que l'on cherche car les amplitudes semblent déjà suivre une loi géométrique, je lui fait savoir et je dit qu'on peut peut-être envisager un DL dans l'expression de k . C'est sa première intervention et il me dit que c'est ça mais du coup je sais pas ce qu'on va faire. Je néglige assez maladroitement des termes dans k et il me dit que y'a un problème mais je sais toujours pas ce qu'on cherche. Bref je m'embrouille plusieurs fois dans les calculs et il me reprend, a la fin j'obtiens une expression bizarre mais ça lui convient.
7. On injecte dans (B) et on obtient l'équation de dispersion, je sais pas trop ce qu'il faut dire, j'explique que c'est comme une épaisseur de peau. ($\delta = \sqrt{\frac{\omega}{2D}}$)

8. Le graphe est en fonction de n et pas de x ce qui me perturbe et je dit (sans conviction) qu'en regardant la tangente à l'origine on peut obtenir δ . Ça croise l'axe des abscisses en $n = 12$ alors je dit que $\delta = 12a$, c'est fumeux mais ça permet d'avoir R . Il me dit de faire des simplifications et j'obtiens $R = 10^3 \Omega$. Il me dit d'effacer pour la question de cours.

Il me donne la question de cours et va chercher un autre candidat, je me souviens du résultat et j'écris $E_m = -G \frac{mM}{2a}$. Puis là je me dis que je ne sais pas faire dans le cas général. Quand il revient je lui demande si on cherche dans le cas circulaire ou général et il me répond : "Si je vous ai dit en fonction du demi-grand axe, à votre avis ?" je comprends que je vais passer un mauvais quart d'heure.

J'écris l'énergie mécanique et le PFD avec r en gardant les termes en \dot{r} et \ddot{r} et je sais pas du tout comment utiliser a . Il me dit de regarder un point intéressant, je comprends qu'il faut regarder le point extremal (ça s'appelle le périhélie) et en ce point là $\dot{r} = 0$ et je remplace r par a et obtiens un résultat qui ressemble.

Il me dit qu'il y a un problème, en fait on a pas du tout $r = a$ alors je dit qu'on a $r = \frac{a}{2}$ et je remplace dans le PFD puis dans l'énergie et il me manque le facteur 2. Il me dit d'effacer et que c'est fini alors je sais pas si j'étais proche.

En sortant je suis convaincu que c'est HP alors je vais voir sur Internet et en fait j'étais très loin du résultat, il fallait utiliser le périhélie et l'apogée et d'autres relations sorties du chapeau, bref impossible à trouver.

L'examineur ne parlait pas du tout et c'était très perturbant, je parlais très vite alors après une question je laissais un petit blanc pour qu'il intervienne mais il me regardait même pas et tapait sur son ordi.

C'était pas vraiment un oral parce que j'expliquais juste ce que j'avais fait et il ne disait rien, j'ai même essayé de tendre des perches. Il est juste intervenu aux questions 6 et 8 pour dire qu'il y avait un problème mais ça ne m'a pas beaucoup aidé.

Et puis y'a la question de "cours", il avait l'air surpris quand je lui ai demandé dans quel cas on se plaçait...

MP.22 Pression de radiation sur une comète

MP-23-415

Question de cours Machines thermiques réversibles.

Pression de radiation sur une comète Comète de rayon a , de masse volumique ρ , située à une distance r du Soleil. On considère que le rayonnement du Soleil est monochromatique et on admet que la pression de radiation est $p = \langle w_{em} \rangle$. Montrer que pour a plus petit qu'une certaine valeur a_0 , la pression de radiation repousse la comète.

Données

- Masse du Soleil $M_S = 2 \times 10^{30}$ kg
- Constante de gravitation $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³ · kg⁻¹ · s⁻²
- Permittivité diélectrique du vide $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ F · m⁻¹
- Célérité $c = 3,00 \times 10^8$ m · s⁻¹
- Puissance totale rayonnée par le Soleil $P = 3 \times 10^{28}$ W
- Masse volumique de la comète $\rho = 4 \times 10^2$ kg · m⁻³ (je ne m'en souviens plus, mais cette valeur est cohérente avec le résultat)

Déroulement et indications

1. Pour la question de cours, j'introduis en expliquant l'importance de l'étude des machines thermiques comme les moteurs, je trace le diagramme avec W , Q_F et Q_C , j'écris le premier et le second principe sur un cycle, je trace le diagramme de Raveau que j'exploite pour en déduire les différents types de machines thermiques. Je parle ensuite du rendement d'un moteur et de l'efficacité d'une machine frigorifique et d'une PAC. L'examinateur me corrige sur la définition de l'efficacité d'une machine frigorifique, j'avais bêtement mélangé avec celle de la PAC.
2. Pour l'exercice, j'explique à l'examinateur que je vais calculer p , puis la résultante totale de la force due à la pression de radiation sur la comète en intégrant les $d\vec{F}$ sur une face de la comète et aviser ensuite. Il acquiesce. Il intervient ensuite seulement pour valider mon choix quand j'hésite pour redéfinir le champ électrique émis par le Soleil pour respecter la conservation de l'énergie rayonnée (cf éléments de solution ci-après), ainsi que pour me signaler une étourderie de calcul.

L'examinateur semblait intéressé au cours de mon exposé pour la question de cours. Il était un peu moins présent par la suite.

Elements de solution : Supposons pour commencer que le champ électrique émis par le Soleil est de la forme $\vec{E} = \vec{E}_0 \exp(i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}))$. Alors $p = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2$. Ensuite, c'est la résultante de la force de pression de radiation projetée selon \vec{u}_r qui nous intéresse, on calcule donc

$$\vec{F} \cdot \vec{u}_r = \int \int_S d\vec{F} \cdot \vec{u}_r = -p \int \int_S d\vec{S} \cdot \vec{u}_r$$

Or $dS = \pi a \sin \alpha d\alpha d\beta$ et la projection sur \vec{u}_r induit une multiplication par $\sin \alpha \sin \beta$. D'où

$$\begin{aligned} \vec{F} \cdot \vec{u}_r &= p\pi a^2 \int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \int_{\beta=0}^{\beta=\pi} \sin \alpha d\alpha d\beta \sin \alpha \sin \beta \\ \vec{F} \cdot \vec{u}_r &= p\pi a^2 \left(\int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \sin^2(\alpha) d\alpha \right) \left(\int_{\beta=0}^{\beta=\pi} \sin \beta d\beta \right) \\ \vec{F} \cdot \vec{u}_r &= p\pi^2 a^2 \end{aligned}$$

La comète est repoussée si cette force est supérieure à la force due à l'attraction gravitationnelle par le Soleil, i.e. si

$$p\pi^2 a^2 > \frac{GM_S}{r^2} \frac{4}{3} \pi a^3 \rho$$

D'où

$$a < \frac{3}{4} \frac{r^2}{\rho GM_S} p\pi$$

Problème : la majoration dépend de r . Le seul moyen d'éviter cela serait que E_0 dépende en fait de r , il faut donc redéfinir \vec{E} pour que E_0 soit en $\frac{1}{r}$. Cela correspond bien à la situation où l'énergie rayonnée est conservée. On remarque qu'on n'a jusque là pas utilisé le fait que la puissance rayonnée par le Soleil est P et est constante. Si S est la sphère de centre le Soleil, de rayon r ,

$$P = \int \int_S \langle \vec{\Pi} \rangle \cdot d\vec{S}$$

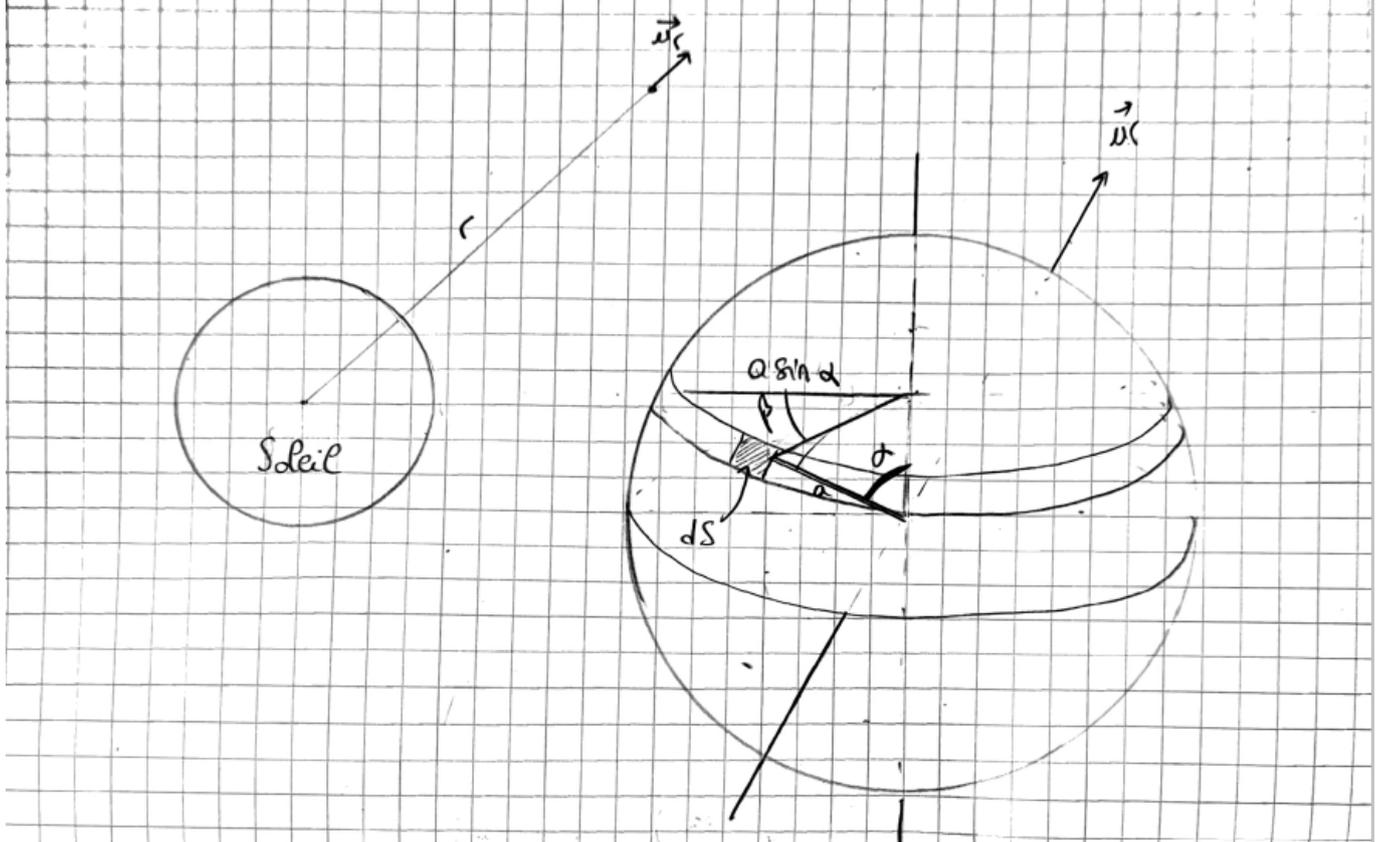
Et

$$\langle \vec{\Pi} \rangle = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0(r)^2$$

Il faut donc

$$P = 2\pi r^2 \epsilon_0 c E_0(r)^2$$

On en déduit $E_0(r)$, qu'on reporte dans l'inégalité précédente, ce qui nous donne a_0 . A.N. $a_0 = 3 \times 10^{-4} m$, c'est une toute petite comète!



MP.23

Question de cours

MP-23-417

Dans une zone, on dispose de l'air situé dans la partie correspondant à $x < 0$, et un conducteur de conductivité γ dans la partie $x > 0$. Une onde électromagnétique arrive de $-\infty$ sur la paroi séparatrice situé en $x = 0$. On note \vec{E}_i l'onde incidente, \vec{E}_r l'onde réfléchiée et \vec{E}_t l'onde transmise. On pose

$$\begin{aligned} \vec{E}_i &= E_{0,i} e^{i(\omega t - k_1 x)} \vec{u}_z \\ \vec{E}_r &= E_{0,r} e^{i(\omega t + k_2 x)} \vec{u}_z \\ \vec{E}_t &= E_{0,t} e^{i(\omega t - k_3 x)} \vec{u}_z \end{aligned}$$

On donne $f = 200 \text{ kHz}$, $\gamma = 10^7 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$, ainsi que les valeurs numériques de ϵ_0 et μ_0 .

1. Montrer que la densité volumique de charge $\rho(M, t)$ tend très vite vers 0. Dans la suite, on considère $\rho(M, t) = 0$.
2. Dans quelle zone doit être la pulsation ω pour que les courants de déplacements $\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ valent moins de 1% des courants de conduction? On suppose cette condition vérifiée dans la suite.
3. Etablir la relation de dispersion et donner une interprétation de sa partie réelle et de sa partie imaginaire.

4. Deux autres questions non lues. L'une porte sur le champ magnétique et l'autre sur les conditions de passage.

Déroulement et indications

1. On cherche une équation différentielle vérifiée par ρ , et ensuite l'examineur m'invite à introduire une constante de temps et de calculer sa valeur numérique afin de constater que cette constante de temps est très petite.
2. L'examineur m'a invité à faire les applications numériques et de vérifier si le ω donné (en fait c'est f qui est donné) vérifie cette condition.
3. Concernant l'interprétation de la partie des parties réelle et imaginaire, j'ai tout d'abord dit qu'on le sait d'après le cours, mais l'examineur m'a demandé de le redémontrer en quelques sortes, en écrivant \vec{E} en fonction de ces parties réelle et imaginaire. Il m'a ensuite demandé de trouver leurs expressions, et m'a invité à introduire un terme δ qu'on avait appelé dans le cours « épaisseur de peau ».

Question de cours

MP-23-418

On dispose d'un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air, et on veut projeter la figure d'interférence sur un écran à l'aide d'une lentille convergente de distance focale $f' = 20$ cm.

1. Faire un schéma et indiqué où il faut placer les différents éléments sachant qu'on dispose d'une lampe spectrale, d'un diaphragme et de lentilles convergentes. Et dire où placer la lentille par rapport à l'interféromètre et à l'écran.
2. On place l'écran à 90 cm du miroir qui lui ait parallèle et on règle le coin d'air d'un angle $\alpha = 0,01^\circ$ et on veut obtenir une figure d'interférence la plus grande possible sur l'écran. Où faut-il placer la lentille? Décrire la figure qu'on obtient.
3. Dernière question non lue.

Déroulement et indications

1. RAS
2. Pour trouver la position de la lentille, on fait comme la méthode de focométrie de Bessel, et on obtient deux positions possibles. Celle qu'on garde c'est celle correspondant à un grandissement plus élevé. Et pour trouver l'interfrange, l'examineur m'a invité à tout redémontrer, notamment l'expression de la différence de marche. Et bien évidemment il fallait encore faire les applications numériques.

MP.24

Accrétion

MP-23-501

On s'intéresse à la formation d'une planète par accrétion de poussière autour d'un astre. On considère un astre sphérique de rayon r et de masse volumique ρ .

1. Calculer la variation d'énergie lors de la recouverture de l'astre par une couche d'épaisseur dr de poussière.
2. En déduire l'énergie totale lors la formation d'une planète de rayon R . (On considèrera la masse volumique uniforme)
3. Commentez la validité du modèle pour la Terre sachant que sa capacité thermique volumique est de l'ordre du $\text{MJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$.

Déroulement et indications Pour le premier exercice, il faut s'intéresser à l'énergie potentielle de gravitation.

Pendant la préparation, je ne savais pas trop quoi faire et j'ai douté de cette méthode. Je l'ai comme même proposée et c'était en fait la bonne, conclusion : se faire confiance pendant la préparation.

Chauffage par induction

MP-23-523

On considère un cylindre de rayon R et de hauteur $L \gg R$ selon l'axe Oz . Le cylindre est placé dans un champ \vec{B} d'amplitude B_0 et de pulsation ω selon le même axe. On note γ la conductivité du cylindre.

1. Calculer le champ électrique résultant. (On admettra que le champ électrique est orthoradial). Donner la puissance volumique dissipée par effet Joule et en déduire la puissance totale.
2. Justifier l'apparition d'un champ \vec{B} variable dans le cylindre. Quelle est sa direction ? Dire comment calculer le champ \vec{B} sur l'axe. Le calculer. Quel terme prédomine ?
3. On suppose ce champ négligeable. Quel est le profil de température juste après avoir éteint le champ \vec{B} ? A quel autre objet fait penser la distribution de courant ?

Déroulement et indications Pour le deuxième exercice, il y a toujours moyen de commenter les résultats. Pour le terme prédominant du champ \vec{B} induit dans le cylindre il faut avoir des ordres de grandeur de ω ou γ .

Quand j'y repense, lors du calcul de l'énergie j'avais oublié d'ajouter le signe au résultat. Pour la formule entre l'énergie et la capacité thermique, je l'ai écrit pour avoir un lien entre les deux sans justifier la réaction mais ceci n'a pas dérangé le correcteur. On n'a passé un peu de temps sur ce calcul car je ne trouvais pas la valeur qu'il disait avoir trouvé. Normalement on devait trouver une température de l'ordre de mille Kelvin. Il m'a donc ensuite demandé de commenter. J'ai alors comparé au Soleil puis je me suis repris en disant que ce n'était pas comparable car le Soleil n'est pas une planète. Il m'a donc demandé de comparer à autre chose. Je lui ai répondu que je ne savais pas trop à quoi comparer mise à part qu'il ne fait pas aussi chaud sur Terre. Il a ensuite conclu l'exercice en disant que c'était à peu près la température au centre de la Terre et donc que ce modèle simple était satisfaisant.

Pour la toute dernière question du deuxième exo, il ne m'a pas fait calculer la température en régime permanent. Il m'avait demandé juste après avoir coupé le champ B : j'ai donc dit qu'il fallait s'intéresser au profil de la puissance dissipée parce qu'elle se traduisait par un dégagement de chaleur et j'ai tracé T en fonction de r en dessinant une parabole. Le correcteur avait l'air satisfait.

Mis à part la dernière question de l'exo 1 que j'ai trouvé bizarre, le reste de l'oral s'est bien passé. J'ai laissé très peu de blanc et lui d'ailleurs aussi. Il m'a posé des petites questions parallèles sur les expressions que je trouvais. L'examineur était très sympathique et signalait les erreurs. Il me laissait la possibilité de les trouver pour les corriger.

MP.25

Fils infinis

MP-23-502

On considère deux fils infinis parallèles de direction Oz , de densité linéique de charge $+\lambda$ et $-\lambda$ distants de $2a$ sur la direction Ox . On appelle F_1 et F_2 respectivement le point du fil chargé positivement à $z = 0$ et le point du fil chargé négativement à $z = 0$. O est le milieu de $[F_1, F_2]$.

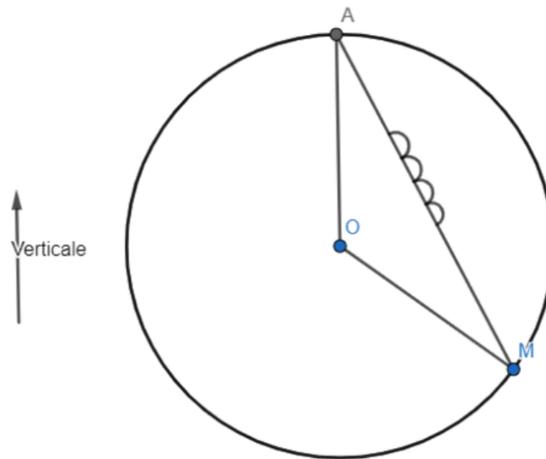
1. Surface équipotentielle ?
2. Potentiel en un point de xOy
3. Champs sur la médiatrice de $[F_1, F_2]$

Déroulement et indications Pour le premier exercice, j'ai fait quelques erreurs, notamment sur les équipotentiels au début mais l'examineur m'a dit qu'on pouvait le rectifier après.

L'examineur m'a aidé quand j'étais bloqué.

Perle sur un cerceau

MP-23-524



1. Quels sont les positions d'équilibre.

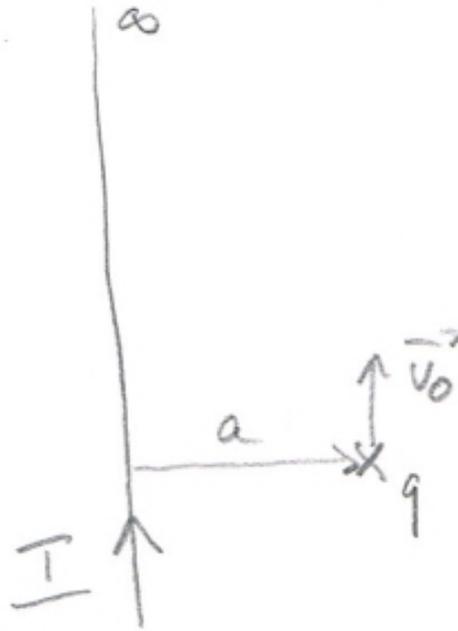
Déroulement et indications Pour le deuxième exercice, je suis passé par l'énergie mais j'avais un problème dans mes expressions. L'examineur ne me l'a fait remarquer qu'à la fin, j'ai essayé de les rectifier mais je ne suis pas allé au bout.

Examineur sympathique, il a dit qu'il notait comment je réfléchissais. Il ne faut pas se décourager quand il y a du calcul, c'est ce qui m'a fait trouver de fausses expressions.

MP.26 Fil infini parcouru par un courant I

MP-23-503

On considère un fil infini parcouru par un courant I , et on considère une particule chargée q , qui est à une distance a du fil et qui a une vitesse initiale v_0 parallèle au fil.



On introduit les grandeurs $u = \frac{q\mu_0 I}{2\pi m}$ et $\alpha = \frac{v_0}{u}$.

1. Quelle est l'homogénéité de u et α ?
2. Montrer que le mouvement est plan.
3. Trouver r_0 tel que $\dot{z} = 0$.
4. Montrer que le mouvement est borné entre deux positions r_1 et r_2 .
5. Tracer le mouvement.

Déroulement et indications J'ai oublié la question de cours qui m'a été posée, je me souviens avoir répondu aux quelques questions en très peu de temps pendant ma préparation. On a donc passé la majorité de l'oral sur l'exercice.

Examineur plutôt sympathique, exercice assez simple. L'examineur m'a posé quelques questions classiques pour évaluer mon sens physique. J'allais néanmoins trop vite à certains endroits ce qui m'a poussé à faire des erreurs bêtes que j'aurais pu éviter. Sur ce type d'exercices, c'est à cet aspect qu'il faut faire attention.

MP.27

Double vitrage

MP-23-504

On considère une vitre en verre de conductivité λ de surface S et de largeur $2e$ qui sépare une pièce à une température T_i avec l'extérieur à T_e . On se place en régime stationnaire.

1. Comparez le flux de ce montage avec celui dans lequel on aurait deux vitres d'épaisseurs e séparées par une couche d'air d'épaisseur e' et de conductivité λ' .
2. Tracez le profil de température dans le second cas.

3. On considère le même montage mais en prenant cette fois en compte que sur les interfaces avec l'air, $j = hS\Delta T$ avec des valeurs différentes de h pour les interfaces avec l'intérieur/ l'extérieur. Comparez les flux. Tracez les profils de température.

Données $e, e', T_i, T_e, \lambda, \lambda', h_i, h_e$

Déroulement et indications Exercice très classique. Il suffit d'écrire la résistance équivalente pour les deux montages.

Il m'a donc posé plein de questions de cours pour vérifier que je le connaissais et interpréter les phénomènes. En particulier voilà celles dont je me souviens :

- Est-il raisonnable de considérer que les températures de la pièce / extérieure sont constantes? J'ai évoqué le fait que le temps typique d'évolutions de celles-ci est très grand devant le temps caractéristique de diffusion
- Pourquoi les résistances sont en série?
- Redémontrez la formule pour la résistance.
- Pourquoi le flux est-il constant?
- Pourquoi les valeurs de h sont-elles différentes? J'ai introduit la taille de la couche d'air « au repos ».

Onde EM

MP-23-527

On considère une onde plane progressive monochromatique de polarisation rectiligne selon \vec{u}_x et se propageant selon \vec{u}_z .

On place en $z = 0$ un conducteur parfait. On redonne les relations de passages.

1. Donnez l'expression de l'onde réfléchie puis celle du champ électrique total.
2. Donnez l'expression du champ magnétique total. De quel type d'onde s'agit-il?
3. On place en $z = -l$ un deuxième conducteur parfait. Quelles sont les fréquences d'une onde amenée à se déplacer entre les deux conducteurs?

Déroulement et indications Là encore, exercice assez classique donc l'examineur n'hésite pas à me poser plein de questions supplémentaires.

Je commence en disant que pour assurer la neutralité des champs pour $z > 0$ il y aura l'apparition de courants surfaciques qui engendreront un autre champ de sorte que leur superposition soit nulle.

On écrit la condition de nullité en $z = 0$. On obtient une onde stationnaire.

J'écris B comme somme de B_i et B_r . Il me demande alors de calculer la valeur moyenne de vecteur de Poynting. Elle est nulle car le transport d'énergie par l'onde incidente est opposé à celui de l'onde réfléchie. J'évoque l'analogie avec la corde de Melde et précise que les fréquences vont être quantifiées. Je fais le calcul. Il me demande de redémontrer que $k = \omega/c$. J'écris alors l'équation de d'Alembert à l'aide des formules de Maxwell.

Comme il reste du temps, il revient sur mon commentaire sur les courants surfaciques et me demande de les calculer. Ensuite il me demande pourquoi le champ électrique est nul dans un conducteur parfait. Je reprends le modèle de Drude. Il me fait remarquer que ce n'est pas la peine (pourtant je ne vois pas comment faire sans l'expression de γ).

J'écris la conservation de la charge ce qui me donne la neutralité du conducteur (au-delà de qlq δ). J'ai évoqué le fait que $\omega\tau \ll 1$ dans la conductivité trouvé avec le modèle de Drude mais je parle trop vite et

affirme que c'est en considérant que cette valeur est nulle que l'on est un conducteur parfait. Il n'est pas convaincu et l'oral s'arrête là.

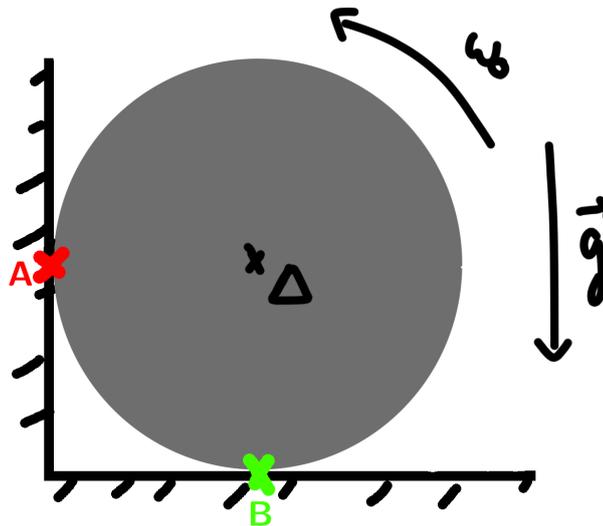
L'oral s'est plutôt bien déroulé (mis à part la dernière question sur la nullité du champ). Par contre, quand je commettais des fautes au tableau, il me laissait faire tous mes calculs avant de me signaler que le résultat était faux (ce qui n'est pas très gentil).

MP.28 Frottement d'un cylindre

MP-23-505

Question de cours Champs magnétostatiques.

Exercice



1. On considère un cylindre de masse m et de rayon R qui frotte contre un mur et sur le sol en tournant avec une vitesse angulaire initiale ω_0 . Donner le nombre de tours que fait le cylindre sur lui-même avant qu'il ne s'arrête.
2. On considère maintenant le cas général d'une roue de vélo qui serait lancée initialement avec une vitesse v_0 et qui va se heurter à un mur. Décrire le mouvement.

Données

- Moment d'inertie du cylindre autour de son axe de rotation : $J_{\Delta} = \frac{1}{2}mR^2$.
- Coefficient de frottement solide (identique sur les 2 surfaces) f .

Déroulement et indications

- Cours : Je parle du vecteur densité de courant, conservation de son flux (avec l'équation locale de la conservation de la charge), de Maxwell-Ampère (donc des causes d'apparition des champs magnétiques) puis je termine sur l'exemple d'une particule dans un champ magnétique uniforme vu que je manque carrément d'inspi (et puis faut une application numérique donc la pulsation cyclotron tout ça...). Il me demande ensuite de parler du cas d'une spire parcourue par un courant (donc le dipôle magnétostatique). Je lui fais l'étude des symétries puis dessine les lignes de champ et donne la formule. Il me demande comment le dipôle évolue lorsqu'il est soumis à un champ extérieur, je lui dis que ça va s'aligner (ou s'anti-aligner) puis que le couple est donné par $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B}_{ext}$. Il a l'air satisfait, on passe à l'exo.
- Exercice : En voyant l'exo, je lui explique que les frottements vont littéralement freiner (c'est le nom de l'exo quoi), puis je pars dans la résolution : TRD, TMD, lois de Coulomb. Je calcule comme une brute le temps pour lequel la roue s'arrête puis réinjecte pour avoir l'angle qui a été parcouru entre l'instant initial et l'instant où le cylindre s'arrête puis je divise par 2π pour avoir le nombre de tours. Je trouve (je crois, si j'inverse pas le f^2 et le f) :

$$N = \left\lfloor \frac{R\omega_0^2(1 + f^2)}{8\pi g(1 + f)} \right\rfloor$$

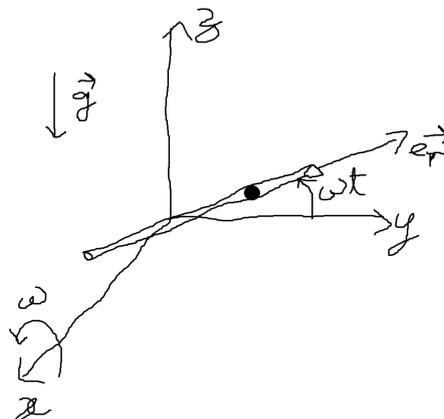
- 2) C'est le début des problèmes. Je lui explique ce qu'il va se passer : la roue va rouler jusqu'à se manger le mur. Il y a alors choc, et la conservation de l'énergie cinétique fait qu'on a la même vitesse en norme avant et après le choc, donc elle repart à l'identique mais dans le sens opposé. Je dis qu'intuitivement si la vitesse initiale est assez grande, la roue va regagner de la vitesse pour repartir en arrière et se reheurter avec le mur, etc. jusqu'à s'arrêter. Le souci que j'ai lorsque je mets en équation c'est que j'écris la condition de roulement sans glissement ($v = R\omega$) qui est totalement fautive dans ce cas (du moins après juste après le choc), et donc mes équations donnent n'importe quoi. Après réflexion, il suffit juste de faire le TRD + le TMD et de combiner, sauf que vu que j'avais la condition de RSG je trouvais $\ddot{\theta} = 0$... Bref j'ai pas pu conclure, l'oral s'est arrêté ici.

Un peu déçu de ne pas avoir fini, j'aurai pu voir le problème si j'étais plus lucide, surtout que l'examineur m'a signalé l'erreur mais je n'ai pas pensé à réécrire le TRD que je venais d'effacer... Examineur toutefois très aimable qui n'était pas très loquace, mais bon c'est l'exercice qui le voulait.

MP.29

Bille dans un tube

MP-23-506



Une bille de masse m est dans un tube de longueur $2L$ en rotation à vitesse constante ω autour de l'axe Ox . On a $\vec{g} = -g\vec{e}_z$. On note $\overline{OM} = r(t)\vec{e}_r$. A $t = 0$, \vec{e}_r est selon Oy . On donne à la bille une vitesse initiale \vec{v}_0 .

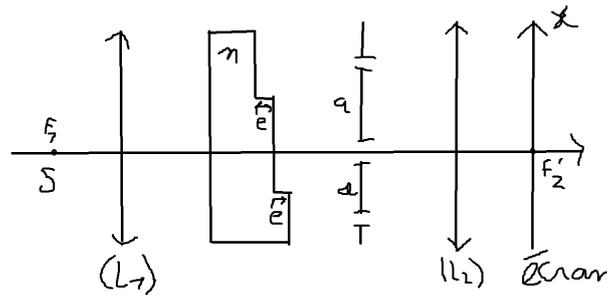
1. Déterminer $r(t)$.
2. Quelle vitesse initiale doit-on donner à la bille pour qu'elle ne sorte pas du tube? Quelle est la longueur minimale du tube?
3. Montrer qu'alors la bille est toujours située au-dessus de l'axe Oy .
4. Quelle est la trajectoire de la bille dans \mathbb{R}^2 ? L'écrire comme une fonction $f(y, z)$.

Dérroulement et indications Pour l'exercice 1, j'avais 15 min de préparation mais j'avais fait une erreur de signe dans le PFD et j'avais accidentellement considéré θ constant dans le second membre sans faire attention.

Lorsque je passe au tableau, je réécris mon PFD mais avec ωt au lieu de θ . J'ai fait l'erreur d'écrire le PFD avec les vecteurs avant de projeter sur \vec{e}_r donc l'examineur me fait énumérer et écrire les forces que j'ai oubliées mais qui sont orthogonales à \vec{e}_r et il me fait même projeter sur \vec{e}_θ (ça ne sert à rien). Il me fait remarquer mon erreur de signe et je la corrige. L'équation est finalement $\ddot{r} - \omega^2 r = -g \sin(\omega t)$. En la résolvant, je trouve une solution particulière $r_p(t) = \frac{g}{2\omega^2} \sin(\omega t)$ d'où la solution générale : $r(t) = Ae^{\omega t} + Be^{-\omega t} + \frac{g}{2\omega^2} \sin(\omega t)$. Les conditions initiales donnent $B = -A$ et $A = \frac{v_0}{2\omega} - \frac{g}{4\omega^2}$. Pour que la bille ne sorte pas du tube, il faut avoir $A = 0$ pour ne pas diverger, donc $v_0 = \frac{g}{2\omega}$. On a alors $r(t) = \frac{g}{2\omega^2} \sin(\omega t)$ qui doit rester inférieur à L donc $L_{min} = \frac{g}{2\omega^2}$. La question 3 vient du signe du sinus. Je n'ai pas eu le temps de faire la question 4 car il fallait passer à l'exo 2.

Optique

MP-23-529



On a une source S monochromatique au foyer objet d'une lentille (L_1) située devant un "escalier" d'indice n et dont les marches sont d'épaisseur e , lui même situé devant 3 fentes régulièrement espacées de a , puis une lentille (L_2) et un écran situé dans le plan focal image de (L_2).

1. Exprimer l'intensité $I(x)$ sur l'écran.
2. Quelle doit être l'épaisseur e pour que les fentes ne soient pas détectées par le dispositif?
3. autres questions non traitées

Déroulement et indications L'exo 2 me paraît horrible donc je me mets à espérer que l'oral se termine vite. Je commence à écrire le signal s qui va partir de la source et les 3 signaux qui auront passé chaque marche de l'escalier en disant qu'ils n'auront pas le même déphasage mais l'examinateur veut que je regarde les fentes. Devant mon désespoir il me demande comment je ferais avec juste deux fentes et je n'y arrive pas et l'oral se termine enfin.

L'examinateur n'était pas méchant mais j'avais l'impression qu'il me faisait écrire des choses inutiles juste pour voir si je savais lister toutes les forces et l'exo 2 n'était pas réjouissant.

MP.30

Question de cours

MP-23-507

Marche de potentiel $V = 4keV$. On envoie un faisceau d'électrons d'énergie $E = 5keV$. Calculer les coefficients de réflexion et de transmission. Que dire lorsque $E \rightarrow V$, lorsque $E \rightarrow +\infty$?

Données

- Vecteur densité de probabilité : $\vec{J} = |\psi|^2 \frac{\hbar \vec{k}}{m}$

Optique géométrique

MP-23-532

Un appareil photo jetable sans système de mise au point est modélisé par une lentille convergente avec le film dans le plan focal image. Quelle est l'intervalle de distance entre l'appareil et un objet tel que l'image de l'objet soit nette?

Données

- Distance focale et rayon de la lentille : $f = 2mm$ $R = 35mm$.
- Rayon d'un pixel sur la pellicule $\gamma = 20\mu m$

Déroulement et indications J'écris les relations de conjugaisons. Je demande à l'examinateur si image nette signifie que la taille de l'image d'un point sur l'écran est plus petite que la taille du pixel, il confirme. J'exprime donc cette taille L grâce à la relation de conjugaison et quelques théorèmes de Thalès en fonction de la distance focale, de γ et de la distance à l'objet D . On trouve que pour avoir une image nette, il faut $D > \frac{f \times R}{\gamma} = 3,5m$.

Examinateur calme à la voix suave. Il signalait mes erreurs. La question de cours était assez longue à présenter complètement pour une question de cours. L'oral s'est bien passé.

MP.31

Question de cours

MP-23-508

Propagation d'une onde électromagnétique dans un conducteur ohmique. Effet de peau.

Application : quelle doit être l'épaisseur des parois d'un micro onde pour avoir une atténuation de 60dB de l'onde entre l'intérieur et l'extérieur? ($\sigma = 6 \times 10^6 S.m^{-1}$)

Fonte d'un glaçon

MP-23-535

On a un glaçon immergé en train de fondre lentement. On considère que sa température est uniforme à T_f , la température de fusion. On considère que l'eau autour a une capacité calorifique négligeable. On pose $R(t)$ le rayon du glaçon à un instant t . Déterminer $R(t)$ à tout instant et la durée totale de fusion.

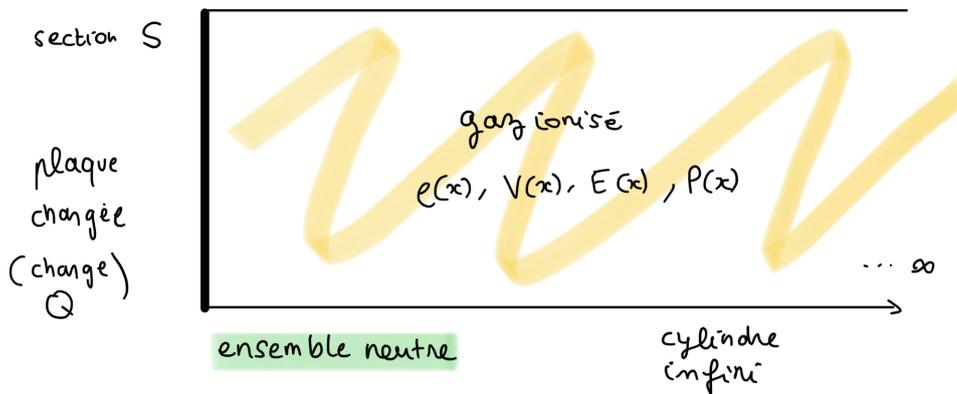
Données :

λ la conductivité thermique de l'eau liquide; μ_g la masse volumique de la glace; L_f l'enthalpie massique de fusion de la glace

MP.32

Interaction avec un plasma

MP-23-510



On admet

$$\vec{j} = \gamma \vec{E} - D \overrightarrow{\text{grad}}(\rho)$$

1. Expliciter la signification physique des termes de j , donner la dimension de D .
2. On suppose que toutes les grandeurs ne dépendent que de x , déterminer $\rho(x), V(x), E(x), P(x)$.
3. Déterminer la force que le gaz exerce sur la plaque.

Question de cours

MP-23-528

Parler des référentiels galiléens

Déroulement et indications il fallait parler du caractère approché du référentiel terrestre par rapport au référentiel de Copernic, de l'expression de la force d'inertie d'entraînement et de celle de Coriolis, de la définition du poids et de son calcul, et de divers effets du caractère non galiléen du référentiel terrestre (déviation vers l'est, pendule de Foucault)

MP.33

Piège

MP-23-511

On considère une particule dans le vide avec un potentiel

$$V(M) = \frac{-V_0}{d^2} z^2 + \mu(x^2 + y^2)$$

1. Déterminer la constante μ . Faire l'application numérique. Calculer le champ électrique résultant.
2. Calculer la force appliquée à un électron. En déduire que le mouvement selon Oz est périodique et donner la pulsation ω_l . De même, montrer que le mouvement transverse (selon xOy) est non borné.
3. On oublie ce potentiel, on considère maintenant un champ magnétique B uniforme et constant selon Oz . Déterminer l'équation du mouvement et donner la forme de la trajectoire en introduisant la pulsation $\omega_c = \frac{eB}{m}$.
4. On considère maintenant la superposition des deux champs précédents. Déterminer les équations du mouvement en utilisant $X(t) = x(t) + iy(t)$. Donner une condition sur B pour avoir un mouvement stabilisé et donner l'allure dans l'espace de la trajectoire.

Déroulement et indications L'exercice 1 était donné en préparation. Je l'ai fini pendant cette période. La question 1 se fait avec Poisson, et la suite se fait en appliquant le PFD à l'électron. La question 3 donne une rotation autour de l'axe Oz . La question 4 se refait par un PFD, et la condition de stabilité s'obtient avec le fait que tous les arguments des exponentielles doivent être imaginaires (pour que les parties réelles ne divergent pas en l'infini). Ainsi, on obtient une condition sur le discriminant du polynôme caractéristique associé à l'équation différentielle d'ordre 2 en X , ce qui donne une condition entre ω_c et ω_l , donc une condition sur B .

Optique géométrique

MP-23-538

On a deux prismes identiques d'angle α que l'on superpose l'un au-dessus de l'autre symétrique par rapport à un axe optique. On place une lentille convergente en amont des prismes et une source au foyer objet de la lentille.

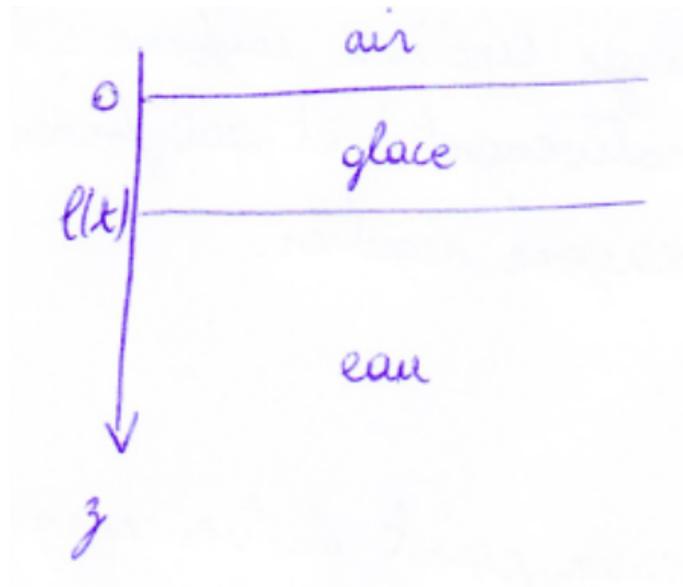
1. Donner l'angle de déviation du prisme.
2. Donner le lieu des interférences et la nature des franges mesurées sur un écran à une distance donnée.
3. Calcul de la différence de marche en un point quelconque.
4. Deux autres questions non traitées.

Déroulement et indications Le deuxième exercice est fait sans préparation. L'angle de déviation se calcule avec les lois de Descartes. Je dessine le lieu des interférences, je fais une erreur et l'examineur me demande de tracer les rayons qui interfèrent en un point précis pour me faire rendre compte de mon erreur que je corrige tout de suite. Ensuite, j'adopte une méthode très gourmande en calcul pour la différence de marche. Au bout de quelques tableaux, l'examineur me lance sur une autre méthode beaucoup plus rapide, qu'on avait déjà utilisé mais que je n'ai pas pensé à utiliser. J'effectue donc cette méthode et retombe sur une formule de Fresnel, je donne δ et l'oral se termine.

Examineur très sympathique. Ambiance très bienveillante, il m'a ramené dans le droit chemin quand j'utilisais des méthodes un peu trop compliquées. J'ai franchement passé un bon moment

MP.34**Croissance d'une couche de glace**

MP-23-513



On considère une couche de glace de longueur $\ell(t)$ en contact avec l'air à la température T_a et dont la température de surface est $T_s(t)$. Les transferts thermiques par conducto-convection à l'interface ont pour puissance surfacique $h(T_s(t) - T_a)$. Sous la glace se trouve de l'eau à la température de fusion T_f .

Données $\lambda_g, c_g, \rho_g, L_f, T_a=298\text{ K}$

1. Démontrer l'équation de la chaleur.
2. On se place en régime permanent, donner $T(z, t)$.
3. Déterminer $T_s(t)$ en fonction de T_f, T_a et $\ell(t)$.
4. Donner une relation liant $\ell(t), \dot{\ell}(t)$ et $T(z, t)$.
5. Montrer que la solution est $\ell(t) = \dots$

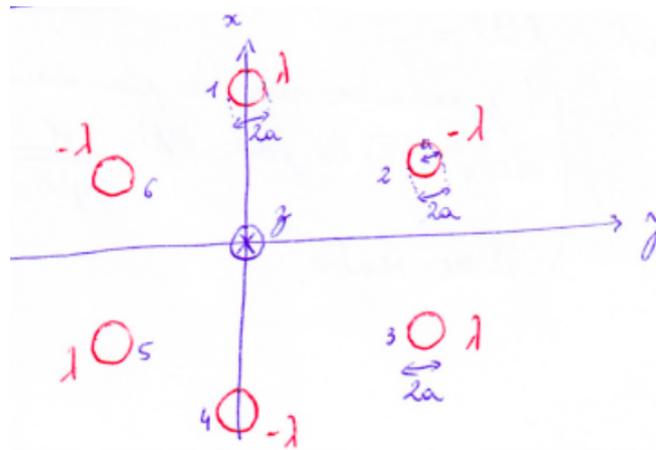
Déroulement et indications

1. RAS
2. Je me suis emmêlé les pinces avec $T_s(t)$ et T_a et ai écrit T_a dans la formule de $T(z, t)$ initialement (là où il aurait fallu écrire $T_s(t)$), l'examinateur m'en a fait part plus tard et j'ai pu me corriger.
3. Je suis passé par la résistance thermique.
4. Il faut étudier la solidification de l'eau en $z = \ell(t)$.
5. On trouve la solution en séparant les variables puis en intégrant.

L'examinateur m'a arrêté pour faire un deuxième exercice.

Electrostatique

MP-23-542



On considère 6 fils infinis de rayon a portant une charge linéique uniforme $\pm\lambda$ (alternativement) qui forment un hexagone régulier.

1. Donner le champ et le potentiel en un point distant de $r > a$ d'un fil infini de rayon a portant une charge linéique λ .
2. Montrer que pour tout point M , le potentiel est

$$V(M) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{D_2 D_4 D_6}{D_1 D_3 D_5}\right)$$

où D_i est la distance entre M et le fil i .

3. On assimile le système à un condensateur dont les fils de numéro impair forment une première armature et ceux de numéro pair l'autre. Calculer la capacité du condensateur par unité de longueur.

Déroulement et indications

1. RAS
2. On peut utiliser le principe de superposition.
3. Ne connaissant pas parfaitement mon cours sur le sujet, je n'ai pas pu finir la question et l'oral s'est terminé ici.

L'examineur était professionnel, à l'écoute, suivait attentivement ce que je faisais et échangeait parfois avec moi, notamment pour m'aiguiller ou m'indiquer quand je faisais fausse route.

MP.35

Déviatation vers l'Est

MP-23-514

(cf exos de méca)

Réflexion sur un conducteur ohmique

MP-23-544

On considère une onde électromagnétique incidente dont le champ électrique s'écrit : $\vec{E} = \underline{E}_0 e^{i(\omega t - kx)} \vec{u}_y$. Le demi espace $x > 0$ est occupé par du cuivre. On admet qu'on est dans une gamme de fréquence pour laquelle la conductivité est $\gamma = 6 \times 10^7 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$.

Calculer le coefficient de réflexion en puissance R en fonction de ω .

MP.36**Question de cours**

MP-23-515

La loi de Lenz.

Déroulement et indications

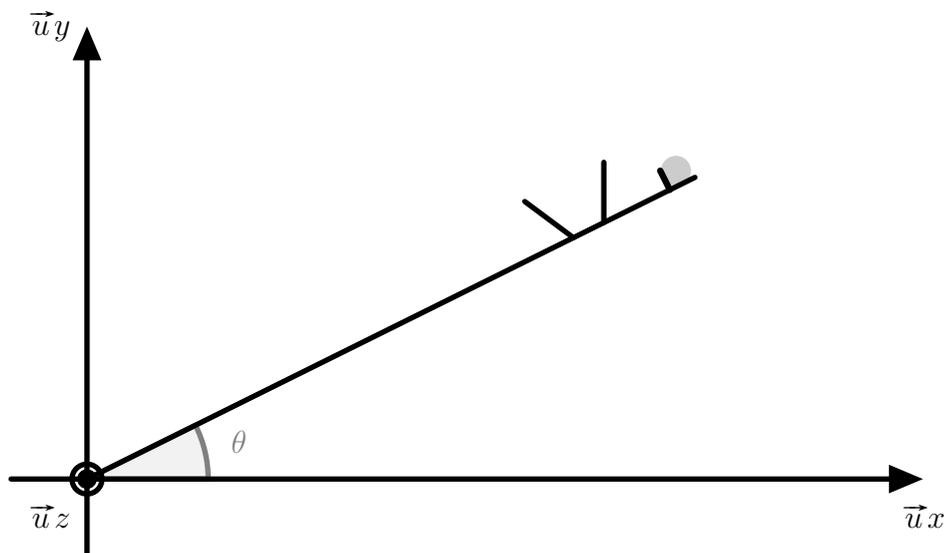
- temps de préparation : 15 min
- temps de présentation : 10 min

Je lui énonce la loi plus ou moins bancalement, puis je lui donne des exemples (rail de Laplace, bobine avec un aimant contondant lui arrivant dessus). Je termine par une application "utile dans la vie" : le freinage par induction. Il me fait préciser certaines choses, puis me pose quelques questions sur la loi de Lenz dans une bobine.

Mettre une bille dans un gobelet

MP-23-552

On considère une planche de longueur L et de masse M qui tombe en tournant autour de son axe de rotation \vec{u}_z . A son extrémité, il y a une bille de masse m posée et maintenue par une petite cale. Un gobelet de hauteur h est fixé à une distance d du bout de la planche. On a $M \gg m$.



1. Quelle est l'accélération verticale de la bille à l'instant initial ? En déduire un critère pour que la bille décolle.
2. Donner 2 autres critères pour que la bille arrive bien dans le gobelet.
3. Une A.N. : des valeurs, et il fallait dire si elles convenaient.
Moment d'inertie de la planche : $\frac{1}{3}ML^2$. Une intégrale était donnée pour l'application numérique.

Déroulement et indications

- On s’est contenté d’une condition pour que la bille décolle à l’instant initial. Même si ce n’est pas dit, on a considéré que la barre était immobile à l’état initial.
- Une première condition sur d (la bille tombe verticalement), une deuxième sur h (la bille ne traverse pas les parois). Pour la 2^{me} il faut séparer les variables, ce qu’un des écrits m’avait bien entraîné à faire.
- Non traité : il préférerait la cuisine.

Cuisson d’une dinde

MP-23-553

Une dinde de 5 kg met 3h à cuire. Combien de temps faut-il laisser dans le four une dinde de 10 kg?

Déroulement et indications

Je lui sors plein de " _ varie comme le _ de _ " et j’écris plein de "∞". A la fin je trouve qu’il faut multiplier les 3h par $\sqrt[3]{4}$.

Examineur sympathique, assez taiseux. J’ai fait 2-3 erreurs de signes, mais je m’en rends compte seul lorsque je vois des carrés négatifs. Il ne me les a pas corrigés alors qu’il aurait eu largement le temps. Il me signale juste que le moment d’inertie était donné (je l’avais calculé, mais mal). Je ne sais trop pourquoi il s’est mis à sourire pendant l’exercice de la dinde et m’a même dit en rigolant que cet oral me donnait 2 expériences à réaliser pendant les vacances.

MP.37

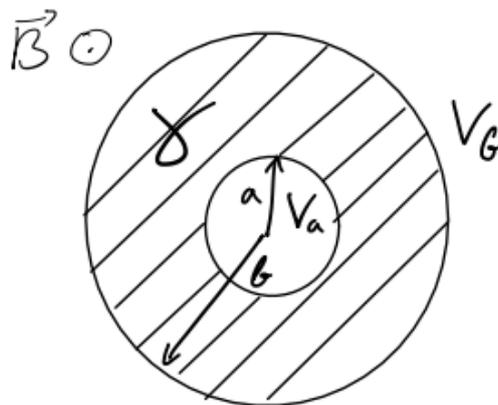
Question de cours

MP-23-516

Diagramme P, T
Diagramme de Clapeyron

Magnétorésistance

MP-23-545



1. Déterminer la résistance R_0 du cylindre.
2. On ajoute un champ magnétique $\vec{B} = B_0 \vec{u}_z$. Exprimer la variation relative de la résistance par rapport à R_0 .
3. AN et utilité de l’effet.
4. Quel type de conducteur utiliser?

MP.38

Ondes électromagnétiques

MP-23-517

On considère un téléphone émettant une onde électromagnétique plane, progressive monochromatique polarisée rectilignement. L'onde se propage dans le vide pour $z < 0$ et dans du cuivre de conductivité γ pour $z > 0$.

1. Etablir l'équation différentielle satisfaite par le champ électrique dans le cuivre.
2. En déduire l'équation du champ électrique. Donner l'expression de l'épaisseur de peau.
3. Calculer la puissance dissipée.

Données $\text{rot}(\text{rot}\vec{A}) = \text{grad}(\text{div}\vec{A}) - \Delta\vec{A}$ et $\vec{E}_2 - \vec{E}_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{n}_{1 \rightarrow 2}$

Résistance thermique

MP-23-546

On s'intéresse à un thermos rempli de café à la température T_1 . On considère un thermos qu'on modélise par une sphère de rayon R_1 . Le thermos est entouré d'une gaine de conductivité thermique λ . La distance entre le centre de la sphère et l'extérieur de la gaine est R_2 . La température extérieure est T_0 .

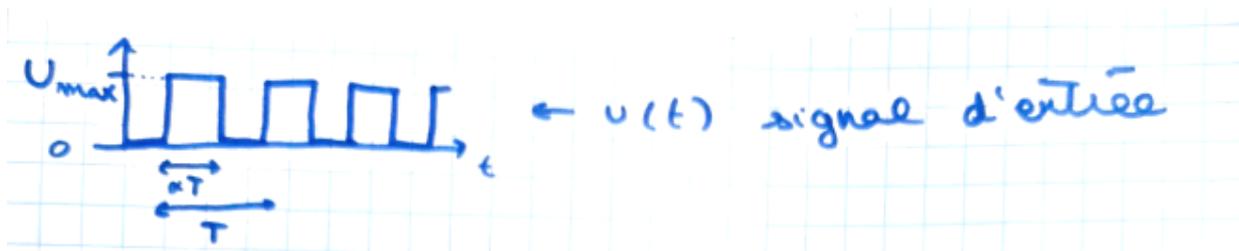
1. Comment optimiser l'épaisseur de la gaine? Donner l'expression de cette épaisseur.
 2. Donner l'expression du temps caractéristique de refroidissement.
- Aucune donnée

MP.39

Filtrage et analyse de Fourier

MP-23-518

Un appareil transforme un signal créneau en signal continu de valeur U_0 .

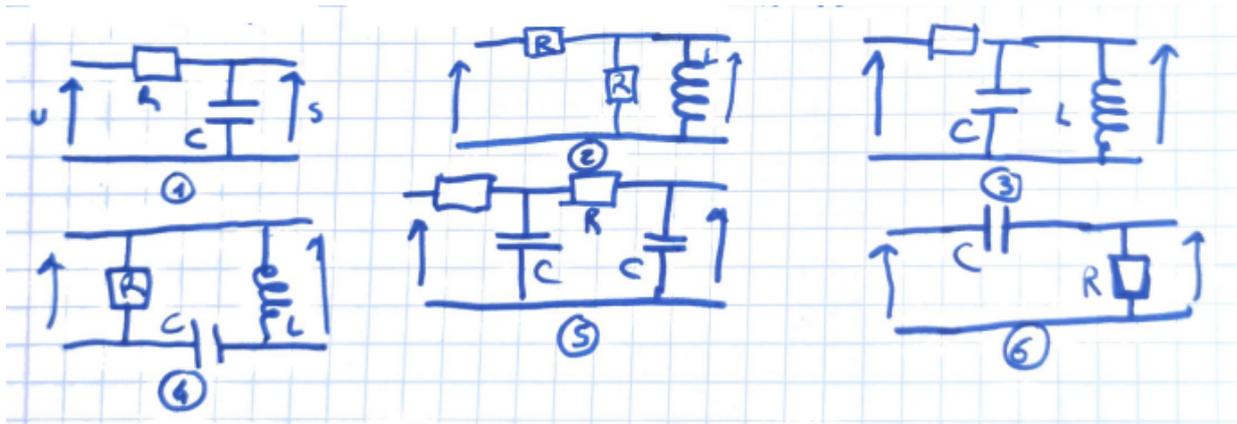


1. Quelle est la valeur moyenne de $u(t)$. Signification de α . Dimension?
2. Quelles valeurs peut prendre U_0 ?
3. On donne la décomposition en série de Fourier au degN

$$u(t) = \alpha U_{max} + \sum_{k=1}^N u_k \sin(k\omega t)$$

Que signifie u_k ?

4. On propose les 6 filtres suivants :



Quel est le meilleur pour le problème ?

Question de cours

MP-23-547

Démontrer l'équation de la chaleur en dimension 1 et faire une analyse dimensionnelle.

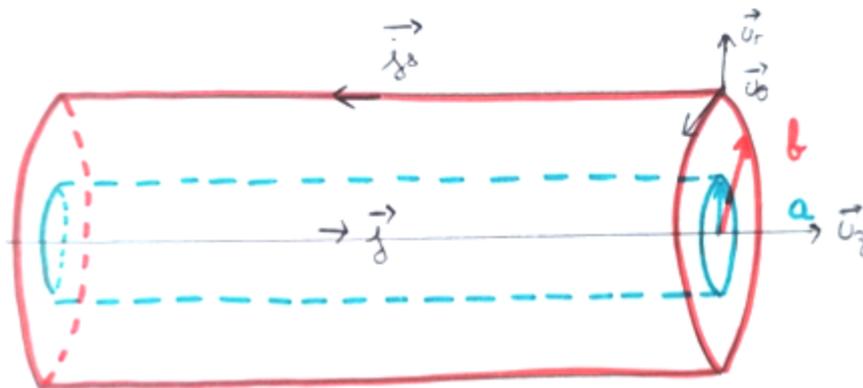
MP.40

Cable coaxial

MP-23-519

Avec préparation 15 minutes

On s'intéresse au câble coaxial suivant :



1. Déterminer le champ \vec{B} et le vecteur densité de courant j_s dans tout l'espace. Tracer B en fonction de r .
2. Déterminer l'énergie totale dans le cylindre, puis le coefficient d'auto-inductance L .
3. On considère que le champ B en b vaut la moyenne de sa valeur en b^- et en b^+ afin de modéliser la discontinuité. Expliquer pourquoi on considère qu'il existe une surpression de l'intérieur vers l'extérieur du cylindre en $r = b$.

On nous redonne les relations de passage.

Déroulement et indications Pour le premier exercice, j'ai d'abord déroulé les 2 premières questions de calcul que j'avais faites au brouillon. Puis pour la question de suppression, j'ai expliqué mon intuition mais je ne savais pas trop comment modéliser le phénomène. Il m'a demandé quelles forces étaient en jeu; j'ai d'abord évoqué les forces de Lorentz, tout en expliquant qu'il semblait peu plausible qu'elles ne s'appliquent ici. J'évoque ensuite les forces de Laplace, mais j'explique que je ne saurais pas le modéliser car la géométrie est très différente de celles dont on a l'habitude. J'écris alors la forme de la force de Laplace en unidimensionnel. Il me demande d'adapter cette forme en surfacique. Je résonne par homogénéité et définit :

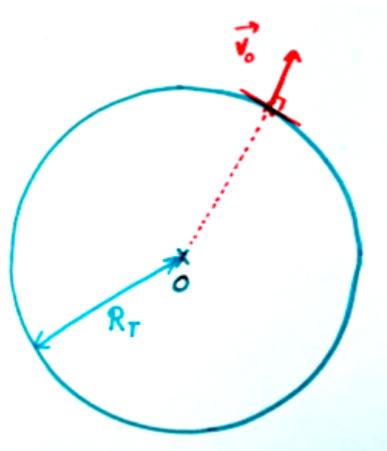
$$d^2 \vec{F}_L = \vec{j}_S \wedge \vec{B} dS$$

On trouve alors l'expression d'une pression

Gravitation

MP-23-548

On s'intéresse à la Terre modélisée comme une sphère et à un projectile lancé au niveau de la surface de la Terre.



1. Déterminer la masse de la Terre en connaissant son rayon et la valeur de G .
2. Comparer l'altitude maximale atteinte par le projectile si l'attraction terrestre est modélisée uniquement par g et si elle est modélisée par la force d'attraction fonction de r .

Déroulement et indications Le deuxième exercice était purement calculatoire. L'examineur me demande si je connais la masse de la Terre et je réponds très honnêtement que non.

L'examineur était extrêmement sympathique. Il me laissait parler et interagissait avec moi de façon à m'aider tout en me laissant trouver la réponse par moi-même.

MP.41

Statique des fluides

MP-23-520

On considère un pavé droit de section S et de longueur l , dirigé selon l'axe e_x . Il est rempli d'un gaz parfait. A l'équilibre, lorsque rien ne bouge, on note P_0 sa pression. Le tout est thermostaté à la température T . On communique à présent une accélération $\mathbf{a} = a_0 \mathbf{e}_x$ au pavé. On néglige le poids. Déterminer le profil de pression dans la chambre.

Pour l'application numérique, on donne : $l = 4m, a_0 = 5g, T = 20^\circ C$.

Déroulement et indications L'examinateur m'avait donné les deux exercices à faire lors de la phase de préparation. J'ai passé la première moitié à préparer le 1er exercice, mais sans pousser les calculs à leur terme. Je me suis donc aperçu devant l'examinateur que j'avais fait une erreur de raisonnement : il faut bien considérer l'équilibre de l'hydrostatique dans le référentiel non galiléen lié au pavé, sans quoi il apparaît une erreur de signe dans le profil. D'autre part, 3 ans de prépa n'ont pas suffi à me permettre de faire une application numérique correcte.

Électrostatique

MP-23-549

On considère deux cylindres imbriqués de longueur l , de rayons a et b avec $a < b$. Pour $t < 0$, on suppose que le cylindre intérieur comporte une charge surfacique σ . A l'instant $t = 0$, on suppose que l'espace entre les deux cylindres devient conducteur, et on note γ sa conductivité. On négligera les effets de bord.

1. Que se passe-t-il?
(à l'oral)
2. Déterminer $\sigma_{int}(t)$ et $\sigma_{ext}(t)$.
3. Déterminer \mathbf{B} à l'instant t entre les deux cylindres.
4. Faire un bilan énergétique.

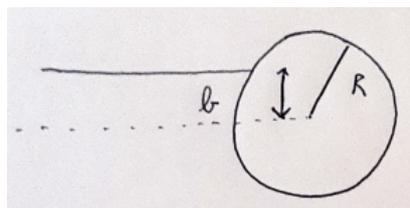
Déroulement et indications Le second exercice ne comportait que la première question. J'ai donc résolu l'exercice très vite, qualitativement. Les autres questions furent données à l'oral.

MP.42

Choc sur un atome

MP-23-521

On modélise un atome. Un électron arrive avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$ et un paramètre d'impact b . Il y a à l'intérieur de la boule de rayon R une énergie potentielle $E_p = -U_0$.

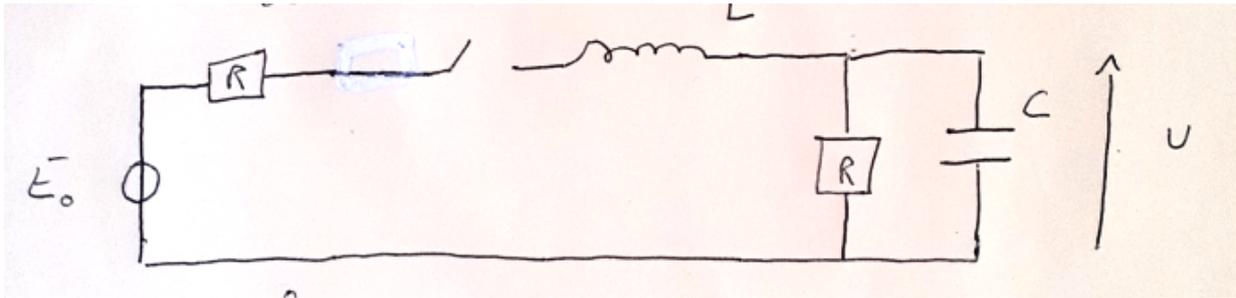


1. Déterminer la trajectoire.
2. Calculer l'angle de déviation.
3. Il y avait une troisième question dans laquelle on regardait l'image d'un faisceau d'électrons par le système.

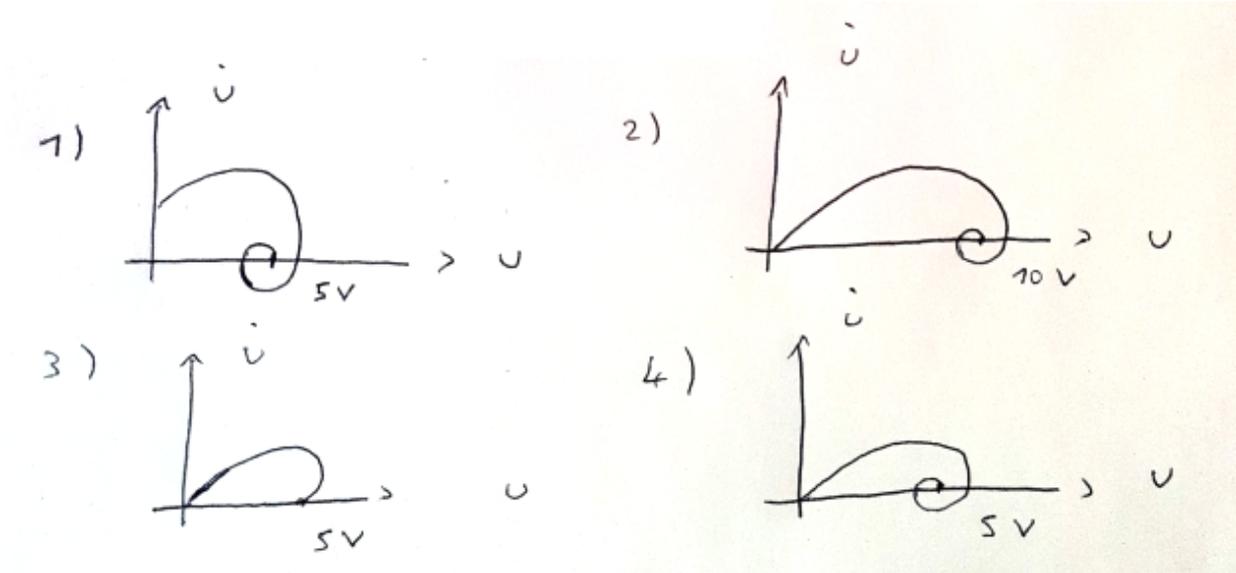
Caractéristiques

MP-23-550

On ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0$. Les constantes de temps sont égales et $E_0 = 10 \text{ V}$.



Trouver le graphe de (i, u) .



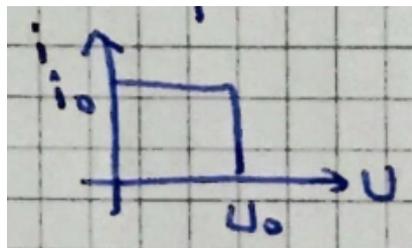
Petite question : montrer que h/e^2 est homogène à une résistance.

MP.43

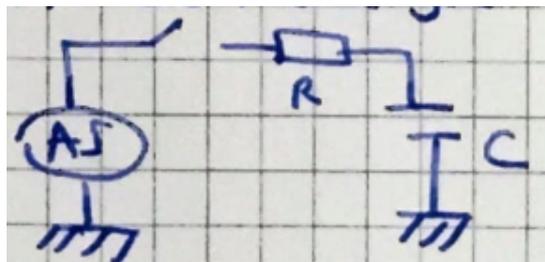
Composant

MP-23-522

On dispose d'un composant AS de caractéristique



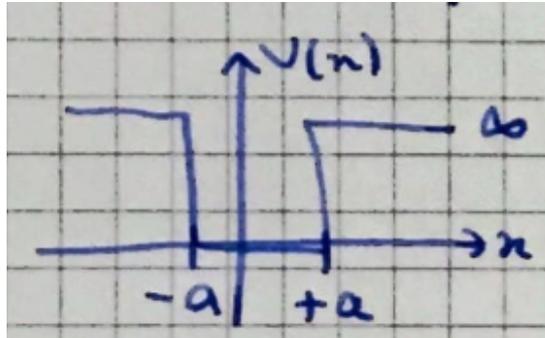
qui fournit de l'énergie au circuit :



Donner le temps au bout duquel on atteint 19 V aux bornes du condensateur, avec $i_0 = 100 \text{ mA}$, $U_0 = 20 \text{ V}$, $R = 100 \Omega$, $C = 100 \mu\text{F}$.

Puits

MP-23-551



$$\Psi(x, t = 0) = A(a^2 - x^2)$$

1. $A = ?$
2. Donner $\Psi(x, t > 0)$.

V. Centrale Physique-Chimie 1

CSPI.1 Étude d'un manège

CSPI-23-101



On étudie un manège "round-up" comme ci-dessus; de rayon $R = 6$ m. Une fois lancé, il tourne à une vitesse de 30 tours par minute, et un bras élévateur l'incline d'un angle $\alpha = 75^\circ$ (je crois).

1. Rappelez les lois de Coulomb relatives au contact de deux solides.
2. Déterminez le coefficient de contact μ minimal entre le dos du passager et le manège pour qu'il puisse tenir dans le manège sans sol sous ses pieds (ce n'était pas formulé exactement comme ça, mais c'est l'idée).
3. a) On suppose que tout le poids du système { tambour + passagers } est réparti sur la surface latérale du tambour. Déterminer son moment d'inertie.
b) Déterminer la puissance minimale à fournir au tambour pour élever le manège à sa vitesse de croisière en moins de 40s.
4. Il y avait une dernière question dans laquelle on tenait compte de l'orientation.

Déroulement et indications (il y avait trois photos, en tout petit. J'ai retrouvé la première mais pas les suivantes. J'en ai mis une qui ressemble à la place. Leur principal point commun : on ne comprend pas vraiment ce qu'il se passe)

1. Il m'a demandé de préciser comment étaient définies la composante normale et celle tangentielle dans un contact.
2. Ici, il y a eu un problème de compréhension du système de ma part. J'imaginai que les gens étaient collés dos au tambour, regard vers l'extérieur; ce qui me paraissait absurde. Mais il faut dire que les images n'aidaient pas. Après quelques minutes de discussion, l'examineur a compris ce que j'imaginai; puis m'a mieux expliqué le fonctionnement : les passagers sont en fait sur le bord mais à l'intérieur du tambour, dos au mur et regard vers le centre! Après cela, le calcul s'est déroulé sans accroc. Il m'a demandé une application numérique.
3. (a) J'ai commencé par lui dire que je ne connaissais pas la formule pour un solide, mais seulement pour un système discret de points. Il me l'a demandée puis m'a demandé ce qu'on pouvait imaginer. Après une grande hésitation de ma part (assez courte en temps cela dit), il m'a vaguement expliqué l'heuristique de la formule et qu'on allait prendre $I = mr^2$ car c'est ce qu'il y a de plus simple et que le but de la question était de tester notre capacité à mener une analyse dimensionnelle.
(b) J'ai directement appliqué la conservation de l'énergie, puisqu'on parle de puissance...

Malgré mon petit problème de compréhension, j'ai trouvé cet oral assez agréable. L'examineur était sympa, et essayait vraiment de comprendre ce qui me gênait.

CSPI.2 Effet Compton

CSPI-23-102

Identique à 2023/CSPI.3

On se place dans les hypothèses relativistes.

1. Rappelez la loi de Planck-Einstein.
2. Donnez la longueur d'onde maximale. A quel domaine l'onde appartient-elle ?
3. On suppose qu'un photon et un électron suivent une trajectoire rectiligne jusqu'à se percuter. Soit V la vitesse du photon. On donne

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \text{ avec } \beta = \frac{V}{c} \text{ et } \vec{p} = m\gamma V$$

On suppose le système $\{\text{photon} + \text{electron}\}$ isolé. Quelles grandeurs se conservent lors de l'impact ?

4. On note ϕ l'angle de diffusion de l'électron et θ l'angle de vitesse du photon après l'impact. Les déterminer.

Données

- $T = 2,7 K$
- $T \times \lambda_{max} = 298 K \mu m$

L'oral s'est terminé avant de pouvoir traiter la question 4. Il y en avait d'autres par la suite.
Aucun dessin n'était fourni.

CSPI.3 Effet compton

CSPI-23-106

Identique à 2023/CSPI.2

1. Rappeler les relations de Planck-Einstein.
On rappelle la loi de déplacement Wien reliant la température d'un corps noir à son λ_{max} .
2. Déterminer le λ_{max} pour un électron avec $T = 2,7 K$, et de donner le domaine électromagnétique associé.
3. Rappeler la masse d'un électron, et la célérité de la lumière c .

On pose : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$, où $\beta = \frac{V}{c}$

4. Qu'appelle-t-on particule relativiste ? Que dire de γ pour une particule relativiste ?
On donne l'énergie d'un électron relativiste :

$$E = \gamma mc^2 = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$$

On considère une interaction photon-électron, le photon incident est d'énergie $h\nu$, et il est diffusé avec une énergie $h\nu'$ lors de son choc frontal avec un électron.

On note θ l'angle de diffusion du photon, et ϕ l'angle de diffusion de l'électron, ils sont tous les deux repérés par rapport à la direction incidente.

5. En considérant que le système électron+photon est isolé, quelles grandeurs se conservent lors du choc ?

6. Par application de la conservation de ces grandeurs, montrer qu'on a

$$h\nu' = h\nu \frac{\alpha(1 - \cos(\theta))}{1 + \alpha(1 - \cos(\theta))}$$

où : $\alpha = \frac{h\nu_0}{mc^2}$ et ν_0 désigne la fréquence incidente du photon.

Données

- $\lambda_{max}T = 2,90 \text{ mm} \cdot \text{K}$

Déroulement et indications

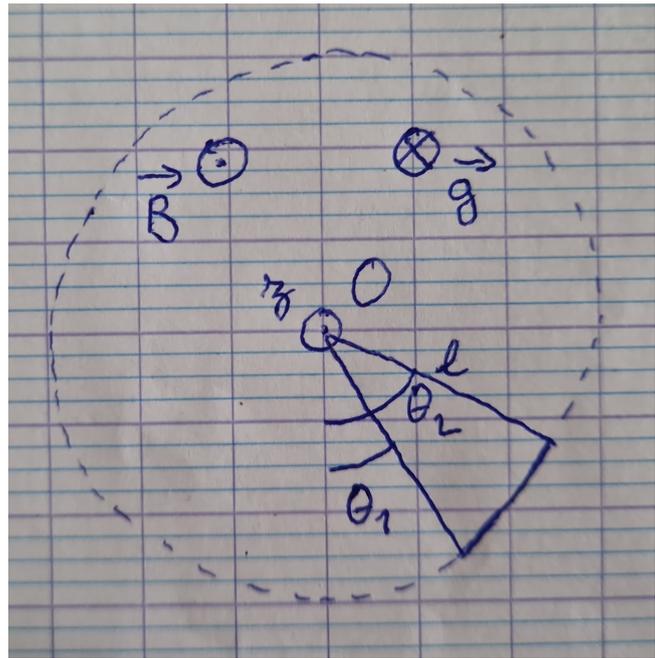
1. RAS, c'est une question de cours
2. RAS, simple application de la loi de Wien, qui en plus est donnée par l'énoncé (par contre j'ai pas tellement compris pourquoi on avait le droit de l'appliquer à un électron mais bon)
3. RAS
4. RAS, je dis que pour une particule relativiste on a γ très grand devant 1. Il m'a également demandé ce que valait γ pour des particules non relativistes.
5. Là les choses se compliquent un peu, il faut dire que l'énergie totale du système se conserve. Je prends un peu de temps avant de penser à la quantité de mouvement (il sourit quand je lui dis "Ah oui!! la quantité de mouvement se conserve"). Il me dit que justement on va avoir des infos vectorielles et que ça va m'aider pour la question suivante.
6. Aucun schéma n'était fourni, mais j'arrive à en faire un assez proprement au tableau (tableau=mur à Centrale). J'écris d'abord la conservation de l'énergie du système : $E_{photon} + E_{electron} = cste$ et je pense à écrire que l'énergie du système avant le choc est égale à celle après le choc. J'utilise également mon PFD sur le système électron+photon, $\vec{p}_{avant \text{ choc}} = \vec{p}_{après \text{ choc}}$. Après on introduit toutes les notations, et l'énoncé précisait la quantité de mouvement de l'électron relativiste $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$. Il fallait donc bien introduire le γ avant le choc et le γ' après le choc, en lien avec le \vec{v} et le \vec{v}' de l'électron. Il faut projeter l'équation vectorielle donnée par le PFD sur les deux axes, ce qui va faire intervenir θ et ϕ .
L'examineur m'a demandé d'introduire $\epsilon = \frac{h\nu}{mc^2}$ et $\epsilon' = \frac{h\nu'}{mc^2}$

- Au tout début du sujet il est précisé que notre capacité de présentation orale de l'exo est évaluée.
- J'ai passé beaucoup de temps sur la 6), et il devait rester une ou deux questions après je crois. Je n'avais jamais entendu parler de cet effet Compton avant, mais ça ne m'a pas bloqué. Pour un corrigé précis, tapez 'Effet compton' sur internet et on trouve assez facilement.
- Il ne parlait pas trop, il était collé à son ordi, je pense qu'il tapait absolument tout ce que j'écrivais ou disais. Je conclus la 6) et l'oral s'arrête, il me souhaite bonne continuation.

CSPI.4 Mouvement d'une barre par induction

CSPI-23-103

On considère deux barres métalliques horizontales de longueur l et de résistance R reliées par un matériau conducteur extensible qui n'a pas de propriétés mécaniques. On néglige le phénomène d'auto-induction.



1. Un opérateur met en mouvement la deuxième barre tel que $\theta_2(t) = \omega_0 t + \theta_0$. Expliquer qualitativement.
2. Etablir l'équation différentielle sur θ_1 , en déduire l'expression de $\dot{\theta}_1$, commenter.
3. Faire un bilan d'énergie, commenter.

Données

- Moment d'inertie de la barre

Déroulement et indications

1. Utiliser la loi de Lenz
2. Exprimer la force de Laplace élémentaire puis calculer le moment résultant. Appliquer le théorème du moment cinétique.
3. Considérer la puissance perdue par effet Joule et la puissance cédée à la barre.

L'examinatrice était agréable et est intervenue quand cela était nécessaire.

CSPI.5 Refroidissement d'un point de soudure

CSPI-23-104

1. Enoncer et démontrer l'équation de diffusion de la chaleur dans un conducteur dans le cas unidimensionnel.
2. Comment peut-on relier le flux thermique dans un conducteur à la température à ses extrémités?
3. On considère un point de soudure joignant deux extrémités de fil de cuivre. On suppose que le point de soudure est une boule de rayon $R = 5$ mm et que le fil de cuivre fait 1 mm de rayon. Le point de soudure est à la température uniforme T_1 et subit des transferts thermiques par conduction dans le fil de cuivre ainsi que des transferts par conducto-convection avec l'air. Estimer la durée mise pour que le point de soudure se solidifie.

Le sujet comportait d'autres questions que je n'ai pas regardées.

Déroulement et indications

1. J'ai perdu beaucoup de temps pour la première question, à cause de plusieurs erreurs d'homogénéité dans mon calcul.
2. Pour la question 2), j'écris la relation entre température et flux avec la résistance thermique. L'examineur me demande sous quelles hypothèses la relation est vraie. Je finis par trouver que c'est en régime permanent de diffusion thermique.
3. Je n'ai eu que peu de temps pour aborder la question 3), pour laquelle j'ai seulement fait un schéma et mentionné que l'on pouvait relier la variation d'enthalpie Δh de la boule à la masse Δm qui se solidifie, à l'aide de l'enthalpie massique de changement d'état.

CSPI.6 Fil dans un champ magnétique extérieur

CSPI-23-105

On considère un fil de longueur l , de rayon r , de conductivité σ soumis à un champ magnétique extérieur uniforme : $B = B_0 \cos(\omega t) \hat{z}$

1. Loi d'Ohm locale, de Faraday.
2. Déterminer les courants volumiques j_1 induits par B_0 .
3. Déterminer le champ magnétique B_1 induit par j_1 et commentaire.
4. Pas le temps, il fallait regarder j_2 engendré par B_1 .

Déroulement et indications

1. J'ai un trou de mémoire sur le nom "force électromotrice" mais je m'en rappelle après une dizaine de secondes. Il me demande de détailler les expressions de la loi de Faraday, je le fais.
2. Après un temps de réflexion, il me demande qualitativement l'orientation de j_1 , puis un "démonstration rigoureuse". Je propose d'utiliser les équations de Maxwell, mais confond Maxwell Faraday et Ampère. Il me demande d'écrire Maxwell Faraday et me rends compte de mon erreur. Alors je dis que si on a l'opérateur rotationnel en cylindrique on peut prouver E orthoradial (il me dit qu'avec E on accède à j), il me dit qu'on ne les a pas, j'utilise la loi de Faraday (mais il fallait supposer connu que E orthoradial, alors qu'il m'en a demandé une preuve), je trouve les courants malgré une erreur de signe.
3. Là je dis que B_1 suivant z , il me demande une preuve rigoureuse, je dessine un carré en vue d'appliquer le théorème d'ampère et utilise un argument de symétrie pour justifier la direction du champ (je confonds symétrie et antisymétrie mais me corrige seul). Il me demande d'orienter le contour. Alors sans raison j'ai un doute sur l'intégration du courant et me trompe, la surface sur laquelle on intègre c'est un rectangle même si ça représente un cylindre, j'ai un 2π en trop, il me le fait remarquer en me faisant hachurer la surface. Je mène le calcul à bien, me demande si le champ obtenu est dans le même sens que B_0 , ce n'est pas le cas, fin.

Oral décevant, je m'embrouille un peu avec des choses assez basiques sur lesquelles je ne me trompe pas souvent, l'examineur est peu communicant et semble lassé par ma lenteur : à ranger ma pochette quand il m'appelle (15 sec), pour faire mon schéma et mon calcul. L'exercice n'est pas très difficile et ne présente aucun intérêt, j'avais les méthodes mais ai eu du mal à mener justement mes calculs.

CSPI.7 Paramagnétisme du dioxygène

CSPI-23-107

Gros texte suivi de pas mal de questions (ressemble plus à une partie de sujet d'écrit).

Système : volume V de densité particulaire n contenant des atomes de dioxygène ayant des propriétés paramagnétiques.

Leur moment magnétique est $\vec{m} = cste \vec{S}$ (remarque : je ne me rappelle pas de l'expression de la constante mais a priori cela n'a pas d'importance).

Les atomes de dioxygène possèdent une liaison double dissociée.

$\vec{S} \vec{e}_z$ peut prendre trois valeurs distinctes $-\hbar, 0, \hbar$.

Règne un champ magnétique $\vec{B} = B_0 \vec{e}_z$, il y a alignement de \vec{m} sur \vec{B} .

1. Formule de Lewis d'un atome de dioxygène (provenant du système décrit par l'énoncé).
2. Quel est l'effet du champ magnétique \vec{B} sur les molécules de dioxygène.
3. Ecrire les expressions de la densité volumique du dioxygène dans chacun des trois états.
4. Pourquoi y a-t-il une levée d'évanescence ?

Déroulement et indications

1. J'ai d'abord écrit la formule de Lewis d'un atome de dioxygène. D'après l'énoncé, il faut dissocier un des doublets d'électrons liant. Pour préserver la symétrie de la molécule, j'ai dissocié un des doublets du milieu (elle a approuvé mon choix). Questions auxiliaires : nombre de doublets liants dans l'atome du dioxygène - maintenant que le doublet est dissocié quelles sont les propriétés qui sont apparues chez cette molécule (elle a répondu "ok" à ma réponse "mis à part des propriétés paramagnétiques soulignées dans l'énoncé, les atomes de dioxygènes ont des propriétés d'oxydoréduction" j'ai développé un peu).

2. J'ai dit que d'après l'énoncé il y avait alignement du moment magnétique sur le champ magnétique, et qu'en effet cela correspondait l'action principale du couple de moment $\vec{m} \wedge \vec{B}$.

J'ai fait remarqué que pour un champ extérieur non uniforme, le dipôle était soumis à une résultante dynamique qui faisait translater le dipôle vers des champs plus intenses, mais qu'ici le champ extérieur était uniforme, donc pas de translation (elle a approuvé ma réponse).

Question supplémentaire : écrire l'énergie associée à cette interaction.

Question auxiliaire : L'examinatrice a demandé de commenter les expressions d'énergies potentielles pour chacun des trois états $(-\hbar, 0, \hbar)$.

J'ai ensuite répondu à la question de l'énoncé, en me dépêchant, car le temps pressait.

3. J'ai rappelé la définition de l'évanescence, puis je me suis appêtée à répondre à la question. Discussion avec l'examinatrice.

L'énoncé était vraiment long. Comme il n'y avait pas de temps de préparation, la difficulté consistait à lire rapidement l'énoncé et en même temps prendre le soin de remarquer tous les détails de l'énoncé (comprenant beaucoup d'informations qui aidaient à répondre aux questions).

J'avais la chance d'avoir une examinatrice très sympathique avec laquelle on avait une véritable discussion physique tout au long de l'épreuve. J'avais l'impression qu'on avançait ensemble, elle me faisait remarquer mes erreurs/maladresses ou au contraire la justesse de certaines réponses. Bref, j'ai passé un moment agréable.

CSPI.8 Michelson

CSPI-23-201

Avec préparation 30 minutes

- Réaliser le schéma des rayons du Michelson en lame d'air (déplié). Pourquoi utilise-t-on une lentille? Quelle est la figure observée?
- Donner le rayon d'un anneau en fonction de e , λ , k entier naturel.
- Application numérique sachant que l'expérimentateur fait défiler 100 anneaux à partir du contact optique.

CSPI.9 Moteur synchrone

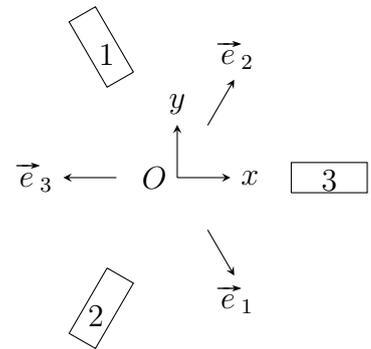
CSPI-23-202

Avec préparation 30 minutes

On considère le dispositif ci-contre, constitué de trois bobines d'axes respectifs \vec{e}_1 , \vec{e}_2 , \vec{e}_3 décalées de $2\pi/3$. La bobine $n \in \{1, 2, 3\}$ est parcourue par un courant

$$i_n = I \cos\left(\omega_0 t - \frac{2\pi(n-1)}{3}\right)$$

On admet que le champ magnétique créé par chaque bobine, au voisinage du point O , vaut $K i_n \vec{e}_n$, où K est une constante positive.



- Calculer le champ magnétique résultant en O .

On place un dipôle magnétique \vec{M} , dans le plan (x, y) , en O . Ce dipôle peut tourner librement (liaison pivot parfaite) autour de O (donc autour de l'axe z perpendiculaire à la figure). Ce dipôle tourne avec une vitesse angulaire ω constante. On donne une impulsion au dipôle.

- Déterminer le moment qui s'exerce sur \vec{M} .
- À quelle condition ce système peut constituer le rotor d'un moteur?

Examineur sympathique. Il me corrigeait s'il voyait une erreur de calcul et donnait des indications si besoin.

Examineur sympathique. Il me corrigeait s'il voyait une erreur de calcul et donnait des indications si besoin.

CSPI.10 Champ magnétique créé par des spires

CSPI-23-203

Avec préparation 30 minutes

On se donne une spire de rayon a et d'axe z , traversée par un courant I . On rappelle que le champ magnétique créé par un dipôle magnétique \vec{M} au point P est

$$\vec{B}(P) = \frac{3(\vec{M} \cdot \vec{R})\vec{R} - R^2\vec{M}}{R^5}$$

avec $\vec{R} = \overrightarrow{OP}$. On peut montrer (loi de Biot et Savart) que si P est sur l'axe de la spire, alors le champ se met sous la forme :

$$\vec{B}(P) = B_0(\mu_0, I, a) (\sin \alpha)^3 \vec{e}_z$$

avec α l'angle d'observation de la spire.

1. Quel est le lien entre le signe de I et celui de B_0 ?
2. Dans la limite $z \gg a$, déterminer B_0
3. Python : On décale la spire d'une abscisse $z_c = c$. Tracer alors le graphe $B_z(z)$

On place maintenant une deuxième spire, identique à la première, à une distance d de celle-ci.

4. Trouver d rendant le champ uniforme au voisinage du centre des deux bobines. Le visualiser avec Python. On appelle cette configuration « Bobines de Helmholtz ».
5. On inverse le signe du courant d'une des deux spires. Justifier avec Python l'appartition d'un gradient $\frac{\partial B}{\partial z}$ au voisinage du centre des bobines. Pour quel d celui-ci est-il le plus fort ?
6. Cette étude est-elle cohérente avec l'équation de Maxwell-Thomson ? Expliquer.

Cette fois on s'intéresse au champ magnétique au voisinage de l'axe z . On souhaite déterminer les composantes B_r , B_θ et B_z du champ. Pour cela, on va les écrire sous la forme d'une série entière : $B_i(r, z) = \sum_{k \in \mathbb{N}} \beta_i(k, z) r^k$

7. Déterminer $B_i(0, z)$ dans le cas d'une spire simple, puis dans le cas des bobines de Helmholtz.
8. Déterminer une relation de récurrence sur les $\beta_r(k, z)$, puis sur les $\beta_z(k, z)$ (je ne suis plus certain de cette question).
9. Relier ces deux relations.
10. Une dernière question que je n'ai pas eu le temps de traiter et dont je ne me souviens plus. Ils devaient sûrement demander de conclure.

Déroulement et indications La feuille sur laquelle m'est distribué l'exercice rappelle en rouge l'importance d'une présentation claire et organisée dans la notation. Je fais donc une présentation concise de l'exercice ainsi que des différents objectifs de ce dernier, puis je commence à répondre aux questions.

1. Avec la règle de la main droite, je dis que I et B_0 ont même signe, il acquiesce.
2. On applique la formule donnée dans l'énoncé sachant que $\vec{M} = \pi a^2 \vec{e}_z$ et que l'approximation donne $\sin \alpha = \frac{a}{z}$. On trouve $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2a}$
3. Avec Python, on trouve que le champ au centre est quasiment uniforme lorsque $d = a$. Mais lorsque j'ai essayé de justifier mathématiquement, il m'a dit de passer à la question suivante.
4. *Idem*, il faut $d = a$
5. $\text{div}(\vec{B}) = 0$, ce qui impose que le champ magnétique doit également avoir une très forte variation selon une autre composante, radiale par exemple. Il est satisfait de cette réponse et je passe à la dernière partie.
6. N'ayant que très rapidement lu toutes ces notations, je commence par écrire la très classique conservation du flux sur un petit cylindre au voisinage de l'axe pour relier les dérivées partielles selon r et selon z . Il me dit que c'est bien mais que je suis en train de répondre à la troisième question et non à la première. Après un peu d'hésitation, je dis que ce sera la même expression que pour les deux premières parties (on somme les champs pour Helmholtz). Il note ce que je dis, puis m'annonce que l'oral s'arrête ici.

L'examineur avait un diction que je trouvais très particulière au début, avant de me rendre compte qu'il s'agissait d'un handicap. Il était globalement neutre, et n'est intervenu que pour vérifier que j'avais bien compris les codes Python et à la fin pour me remettre les idées en place, car il a vu que j'ai commencé la dernière partie dans le désordre. C'était rassurant, car pendant ma préparation, le candidat précédent (qui passait d'ailleurs sur de la chimie, paix à son âme), s'était pris une horde de questions déstabilisantes et de petites remarques un peu assassines qui l'ont vraisemblablement découragé.

CSPI.11 Champ électrique d'une nappe de fils

CSPI-23-204

Avec préparation 30 minutes

On considère un fil infini, rectiligne selon l'axe (Oz) , portant une charge électrique linéique λ .

1. Déterminer le champ électrique et le potentiel électrique créés par ce fil.

On considère maintenant un plan infini (x, z) constitué de fils parallèles à l'axe (z) et espacés d'une distance s dans la direction (x) . Les fils infinis, portent une charge électrique linéique λ .

2. Déterminer le champ électrique et le potentiel électrique à grande distance du plan.
3. Carte du champ électrostatique et du potentiel électrostatique fourni. Déterminer la position des fils, les équipotentiels et les lignes de champ.
4. Déterminer l'expression du potentiel à proximité du plan.

Exercice proche du cours. Les seules interventions de l'examineur se focalisent sur les démonstrations et arguments, dont bien souvent il n'avait tout simplement pas écouté les détails. À croire, que son but était de me ralentir.

Éléments de correction

1. Cours.
2. Cours.
3. Cours.
4. On remarque que le potentiel est nécessairement périodique. On peut donc le chercher de la forme

$$V(x, y) = V_0(y) + \sum_{n=1}^{+\infty} V_n(y) \cos(2\pi nx/s)$$

CSPI.12 Évolution d'une mare

CSPI-23-401

On considère une mare de profondeur $p = 50\text{cm}$ et de surface S . On note T_0 sa température. Initialement $T_0 = -5^\circ\text{C}$. Elle est en contact avec l'air à $T_A = -5^\circ\text{C}$. L'axe (Oz) est dirigé vers le bas et O est à la surface de la mare. L'air est à la pression atmosphérique T_0 .

- 1. Déterminer au bout de combien de temps l'eau de la mare gèle.

On considère maintenant la mare partiellement gelée, avec une épaisseur de glace $\xi(t)$.

- 2. Déterminer le profil de température dans la glace dans l'ARQS.
- 3. Déterminer $\xi(t)$.

Données

- c capacité massique de l'eau liquide
- L_f enthalpie massique de fusion de l'eau
- ρ masse volumique de l'eau liquide
- λ conductivité thermique de la glace
- je ne me souviens plus des valeurs mais elles sont assez universelles et étaient données à 2CS sauf c à 3CS

Déroulement et indications

- L'examineur m'a reproché de mélanger des d droits et des ∂ ronds.
- L'examineur m'a fait corriger quelques erreurs de signe.
- L'examineur m'a questionné sur le caractère vectoriel des flux.

Il y avait une 4e question et peut-être aussi d'autres données.

CSPI.13 Moteur ... (un terme technique dont je ne me souviens plus)

CSPI-23-402

1. On met un objet (un cube) sur une pente qui fait un angle β avec l'horizontale. Précisez les conditions pour que l'objet soit fixe.
2. On met maintenant 2 cubes qui sont reliés par une tige métallique (sans masse) de longueur l_0 . On réchauffe cette tige et elle s'allonge de Δl . Précisez ce qui se passe.
3. On travaille maintenant avec une tige métallique qu'on met sur une pente inclinée, la tige est mise dans le sens de l'inclinaison. Lorsqu'on la réchauffe elle change de volume de ΔV . On réchauffe et puis on refroidit la tige plusieurs fois. Calculez le déplacement de la tige.
4. Une quatrième question que je n'ai pas eu le temps pour traiter.

Déroulement et indications

1. Je fais le PFD sur le bloc dans le cas limite de glissement. On obtient assez rapidement la condition $\mu \geq \tan(\beta)$. Je dis ensuite qu'il y a une autre condition sur le centre de gravité pour que l'objet ne roule pas. L'examineur ne s'attendait pas à cette condition et il était content que je l'ai souligné.
2. Je dis qu'intuitivement il c'est le bloc qui est en bas qui va glisser mais que je ne suis pas certain que le bloc du haut restera fixe. On fait le PFD sur les 2 blocs et on retrouve rapidement que c'est effectivement le bloc du bas qui glisse et le bloc en haut reste fixe. Il me demande ce qui va se passer si on refroidit la tige. Je réponds que cela revient à changer le signe de forces exercés par la tige et que donc c'est le bloc du haut qui va bouger cette fois-ci.
3. L'examineur me propose de modéliser le fil. Je ne sais pas trop comment faire. Il me dit qu'on pourra considérer qu'il y a un point fixe sur le fil. Je dis qu'on va supposer que le centre de gravité est relié par 2 tiges aux bouts de gauche et de droite. On peut alors dire que d'abord c'est le fil de gauche qui s'allonge, puis le fil de droite. L'examineur me demande ce qui va se passer si on met un fil dehors? Je réponds qu'il va s'allonger pendant le jour et se rétrécir la nuit et que donc il va bouger assez lentement. Il est d'accord. C'est la fin de l'oral et j'efface le mur.

Le candidat avant moi a fait le même exercice et je voyais les traces du chemin que j'allais tracer. J'ai donc perdu quelque temps à nettoyer proprement le tableau avant de commencer.

Il y avait des données numériques dans le sujet et des questions qui demandaient une application numérique mais je n'en ai pas fait et l'examineur semblait ne pas se soucier de ces questions.

L'examineur était assez sympa et on a eu une vraie discussion physique au cours de l'oral.

CSPI.14 Tuyère

CSPI-23-403

On a une tuyère où on note $P(z)$, $T(z)$, $\nu(z)$, $h(z)$, $c(z)$, la pression, la température, le volume massique, l'enthalpie massique, la vitesse du gaz respectivement à l'altitude z .

1. Montrer que $P\nu = rT$ où $r = \frac{R}{M}$
2. Montrer que $P\nu^\gamma$ est constant le long de la tuyère
3. Montrer que $h + \frac{c^2}{2}$ est constant le long de la tuyère

Données il y avait des données sur le gaz pour une dernière question mais comme j'ai pas eu le temps de la regarder je ne les ai pas

Déroulement et indications

1. RAS
2. Il me demande de démontrer Laplace
3. Il me demande de démontrer le premier principe industriel

Exercice qui avait l'air court mais les démonstrations prennent quand même beaucoup de temps et c'est pas pratique pour avancer dans un oral de 30 min. Aller plus vite sur ces démonstrations m'aurait été utile

CSPI.15 Le Michelson

CSPI-23-404

1. Description et utilisation du Michelson
2. Montrer que $\delta = 2\alpha x$ en coin d'air (pour un rayon arrivant droit).

Déroulement et indications

1. Question de cours.
2. Question de cours aussi, que j'ai mis un peu trop de temps à retrouver.

L'oral n'a pas été réussi. Je ne me souvenais pas assez bien du cours sur le Michelson.

CSPI.16 Electrolyse du sulfate de cobalt

CSPI-23-405

La solution à électrolyser renferme de l'acide sulfurique (considéré comme un diacide fort), du sulfate de cobalt et du sulfate de cuivre (qui seront supposés entièrement dissociés).

L'électrolyse est réalisée dans une cuve, en maintenant une température constante entre une anode (A) en graphite et une cathode (C) en aluminium. Le pH de l'électrolyte est stabilisé à une valeur de 3. Une circulation de l'électrolyte est assurée dans la cuve.

La solution initiale à électrolyser contient $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ à la concentration massique de $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Pour simplifier, les calculs de potentiels seront réalisés dans les conditions standard à 25°C à $\text{pH} = 3$.

1. Quelles sont les réactions chimiques pouvant apparaître à l'anode, puis à la cathode, sachant que l'intervention de l'ion sulfate n'est pas prise en compte ? Donner l'équation bilan de l'électrolyse. Préciser pour chacune d'elles, la valeur théorique des potentiels d'électrodes.
2. Quelle tension minimum faut-il appliquer pour obtenir une électrolyse ?
3. Représenter schématiquement, en tenant compte des surtensions, l'allure des courbes intensité-potentiel correspondantes.
La chute ohmique relative aux électrodes et à l'électrolyte s'élève à 1,1 V.
4. Déterminer la tension minimale de fonctionnement de la cuve d'électrolyse
5. Calculer la concentration en Co^{2+}
L'électrolyse est réalisée sous une tension de 3,5 V avec une intensité de 10 kA, et une densité de courant j de $400 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$.
6. Définir puis calculer le rendement faradique.

Données

- Surtensions aux électrodes : $\eta(\text{H}_2\text{O})_{\text{graphite}} = 0,7 \text{ V}$; $\eta(\text{H}_2(\text{g}))_{\text{Al}} = -0,4 \text{ V}$; $\eta(\text{Co})_{\text{Al}} = -0,1 \text{ V}$; $\eta(\text{Co})_{\text{Fe}} = -0,15 \text{ V}$

Dérroulement et indications *Le sujet est fortement inspiré de E3A PSI 2015.*

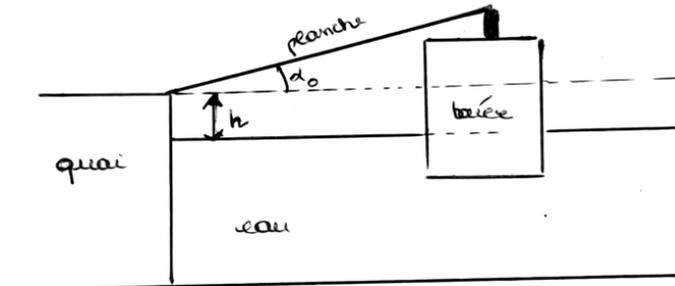
1. J'écris les deux demi-équations et elle me fait remarquer que les H^+ peuvent également réagir donc il faut aussi écrire H^+/H_2 même si ils n'interviennent pas.
Avec Nernst on a les potentiels des électrodes, je dis qu'on peut prendre la pression partielle en O_2 égale à p^0 . Sur le coup j'oublie le pH mais elle me le fait remarquer. On le prend égal à 3.
2. Je fais la différence des potentiels de Nernst puis en fait je dis que je vais représenter les courbes intensité-potentiels, il faut prendre en compte les surtensions et j'obtiens 2,7V
3. Elle me dit d'ajouter H^+/H_2 .
4. Sur le coup je comprends pas de quoi il s'agit, en fait il suffit d'ajouter à la tension.
5. On peut calculer la concentration en $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ puis celle de Co^{2+} avec la dissolution.
6. Je dis qu'on cherche à obtenir une masse de cobalt, c'est effectivement la masse obtenue sur la masse maximale qu'on peut obtenir. Pour la calculer je dis qu'on peut passer par la charge, elle me dit qu'on aura pas le temps.

J'ai passé du temps à comprendre ce qu'il se passait à la question 1, pour le reste il faut connaître le cours, je suis plutôt content. L'examinatrice était très sympa.

CSPI.17 Immersion d'une bouée

CSPI-23-406

On considère une planche de masse m et de longueur L , posée d'un côté sur un quai (liaison pivot parfaite), et de l'autre sur une bouée de masse m' et de section S . La hauteur entre le bord du quai et la surface de l'eau est h . L'angle entre l'horizontale et la planche est α_0 .



1. Définir la poussée d'Archimède.
2. Un homme de masse m_H se tient sur la bouée. A quelle condition a-t-il les pieds au sec ?

Déroulement et indications

1. RAS pour la question de cours sur la poussée d'Archimède.
2. J'ai manqué de méthode en me lançant dans la deuxième question, l'examineur m'invite donc à noter \vec{R}_1 la résultante normale de l'action de contact entre la planche et le quai en l'absence de bonhomme sur la bouée et à étudier les moments au niveau de la liaison pivot entre le quai et la planche. Je suis ce qu'il me dit, j'étudie donc la situation en l'absence de bonhomme. Je déroule les calculs sans difficulté particulière et j'obtiens l'expression de R_1 ainsi que de la profondeur p dont est immergée la bouée dans cette situation. Je passe ensuite au cas avec le bonhomme, il s'agit juste de réécrire les équations en tenant compte du poids du bonhomme. J'arrive à deux équations pour 3 inconnues, R'_1 la nouvelle résultante, α le nouvel angle entre la planche et l'horizontale et p' la nouvelle profondeur dont est immergée la bouée. J'explique qu'il nous faudrait une dernière équation pour pouvoir résoudre, et que je n'ai jusque-là pas utilisé h dans mes calculs, je cherche donc comment obtenir une équation avec cette grandeur. L'examineur me dit d'exprimer H la hauteur de la bouée en fonction de h , p' , L et α . L'oral prend fin alors que j'allais conclure la deuxième question.

Examineur attentif à ce que je faisais, qui donnait de bonnes indications là où ça coïncitait un peu. Il y avait une troisième question, avec un enfant sur la bouée qui donnait des impulsions je crois, mais je ne l'ai pas du tout abordée. Les masses m et m' , les longueurs L et h , l'angle α_0 et la section S de la bouée étaient dans les données, mais comme je n'ai pas eu à faire d'AN je ne m'en souviens pas. L'exercice n'avait pas de titre, celui qui figure dans ce rapport est de moi. Il n'y avait pas de tableau dans la salle, je devrais écrire au feutre directement sur le mur (spécifique à Centrale Paris selon l'examineur).

Elements de solution pour la question 2 : Sans homme, en notant p la profondeur dont est immergée la bouée, ρ la masse volumique de l'eau et g l'accélération de pesanteur, le TRS sur la bouée donne $-mg + \rho Spg - R_1 = 0$ et le TMS en O , point de contact entre la planche et le quai (liaison pivot) donne $L \cos \alpha_0 R_1 - \frac{L}{2} \cos \alpha_0 m'g = 0$, ce qui donne R_1 puis p . Avec homme on obtient cette fois $-mg - m_H g + \rho Sp'g - R'_1 = 0$ et $L \cos \alpha R'_1 - \frac{L}{2} \cos \alpha m'g - L \cos \alpha m_H g = 0$. Il nous faut une équation supplémentaire, on exprime la hauteur H de la bouée par $H = p' + h + L \sin \alpha$. Plus qu'à résoudre pour trouver p' .

CSPI.18 Oeil myope

CSPI-23-407

Les personnes myopes ne sont plus capable de voir net à grande distance, et alors les lentilles peuvent corriger ce défaut.

1. Donner les caractéristiques de l'oeil : le rôle du cristallin, la rétine, la taille d'un oeil, la résolution de l'oeil, le punctum proximum.
2. On considère un oeil myope qui peut voir net à 30cm. Donner la distance focale de la lentille qu'on doit coller à l'oeil pour qu'il puisse voir les rayons venant de l'infini sans effort (la lentille est collé à l'oeil) .
3. On calcule de nouveau la distance focale de la lentille qu'on doit utiliser pour corriger ce défaut, quand la distance entre l'oeil et la lentille est 3cm.
4. Cette personne myope observe que lorsqu'elle ferme son pouce sur sa main l'image devient plus nette, expliquer cela, et donner le distance d'ouverture maximale.
5. Il restait une question que je n'ai eu le temps d'aborder.

Déroulement et indications

1. Pour la deuxième question, j'avais dit au début qu'un oeil myope convergeait trop les rayons, et les rayons se forment avant la rétine donc on aurait besoin d'une lentille divergente. Et j'étais perdu avec l'application de la loi de Descartes combinée aux deux lentilles, l'examineur m'invite alors à l'appliquer seulement sur la deuxième lentille pour se ramener au point où l'oeil voit net, on retrouve effectivement que la distance focale est bien négative.
2. On applique de nouveau la loi de Descartes à la lentille et on travaille les distances algébriques pour trouver la nouvelle distance focale nécessaire, elle est également négative.
3. On utilise le pouvoir de résolution de l'oeil et la structure granulaire de l'oeil, pour que l'image soit nette il faut que les rayons qui arrivent impressionnent une seule cellule, et c'est le cas lorsqu'on diminue le diaphragme de l'oeil.

Le sujet de l'oral était intéressant mais ca m'a prit un peu de temps pour restituer les définitions de l'oeil, et en général l'examineur intervenait pour aider au bon moment .

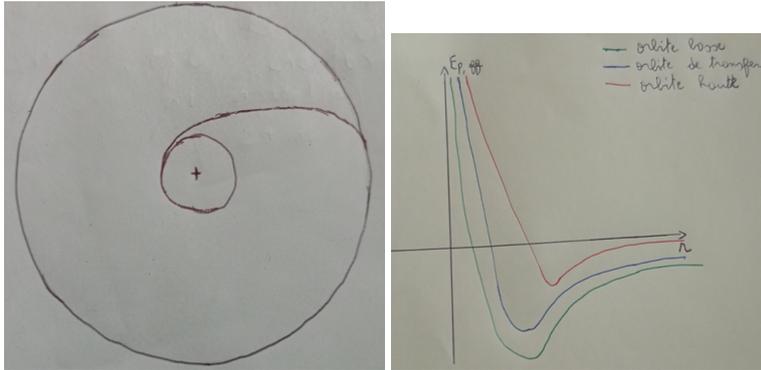
CSPI.19 Changement d'orbite

CSPI-23-408

Un satellite de masse m en trajectoire circulaire de rayon r autour de la Terre.

1. Exprimer son énergie mécanique
2. Dans le cas général, exprimer l'énergie mécanique sous la forme $E_m = \frac{1}{2}mv^2 + E_{p,eff}(r)$ puis discuter de l'allure de la trajectoire.
3. On souhaite faire passer le satellite précédent se trouvant sur une orbite circulaire de rayon r_1 vers une orbite circulaire de rayon r_2 (avec $r_2 > r_1$) de même centre et en utilisant une orbite de transfert dont un foyer est le centre des trajectoires circulaires comme le montre le schéma ci-dessous. Déterminer la variation d'énergie mécanique à communiquer pour le faire quitter de l'orbite basse à l'orbite de transfert puis de l'orbite de transfert à l'orbite haute.

4. Dernière question non lue.



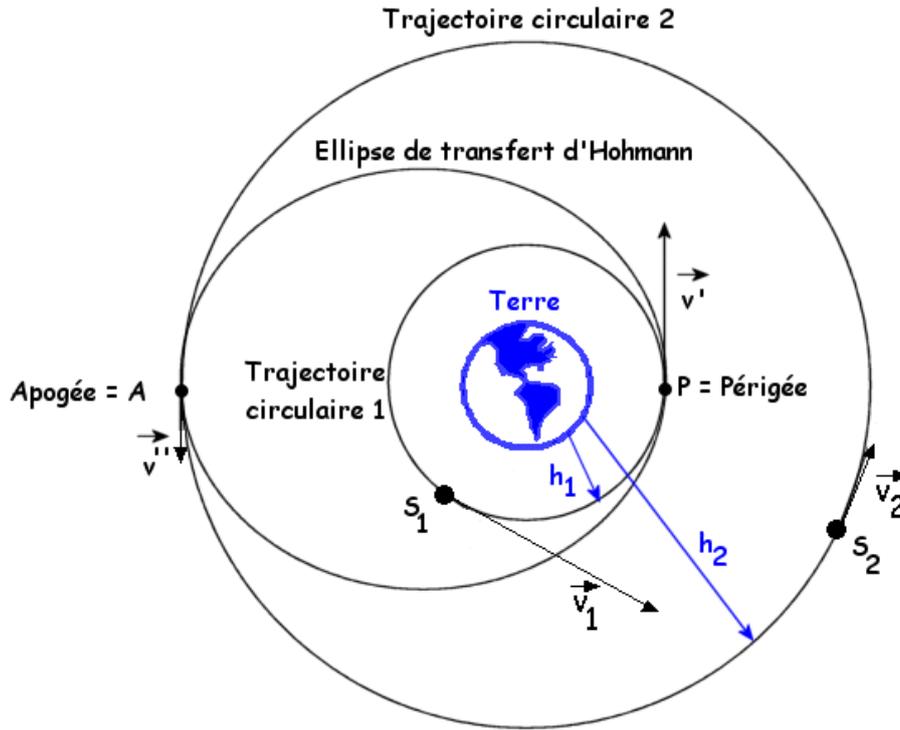
Dérroulement et indications

1. Dans l'expression de l'énergie mécanique, j'avais oublié qu'on pouvait exprimer la vitesse en effectuant le PFD étant donné que l'orbite est circulaire. Mais je m'en suis souvenu lorsque l'examinateur m'a posé une question à ce propos.
2. Il m'a demandé d'exprimer l'énergie potentielle effective en fonction de la constante des aires, ce qui m'a un peu déstabilisé car j'avais toujours l'habitude de l'écrire en fonction du moment cinétique, mais ça revient au même évidemment. Et il m'a aussi demandé de justifier pourquoi le moment cinétique était conservé.
3. Pour répondre à cette question, j'étais parti sur un raisonnement, je ne sais pas si ça allait aboutir, mais je crois que oui. Cependant, l'examinateur m'a coupé et m'a orienté vers un autre chemin, sans doute parce qu'il voulait que j'utilise les graphes des énergies potentielles effectives qui étaient donnés mais je ne les avais pas vu et c'est l'examinateur qui m'avait soufflé qu'il y a des graphes qui sont donnés.
4. Je sais juste que c'était une question qualitative. Il fallait justifier l'utilisation de quelque chose.

CSPI.20 Orbite de transfert

CSPI-23-501

1. Donner l'expression de l'énergie mécanique dans le cas circulaire, dans le cas elliptique.
2. Démontrer l'expression de l'énergie potentielle effective. Définir l'énergie potentielle effective. $E_m = \frac{1}{2}m \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + E_{peff}$
3. On passe d'une orbite circulaire à 8000km à une orbite circulaire à 42000km par une orbite elliptique. Justifier le choix du deuxième rayon. Déterminer l'énergie de passage de la phase 1 à la phase 2. De la phase 2 à la phase 3.
4. Le carburant a une chaleur massique 50 kJ/kg. Déterminer la masse de carburant nécessaire.



Oral simple examinateur aimable, j'ai juste oublié l'expression de l'énergie mécanique dans le cas elliptique.

CSPI.21 Oscillateur harmonique quantique

CSPI-23-502

Une particule est soumise à un potentiel de la forme : $V(x) = \frac{1}{2}kx^2$.

1. Rappeler ce qu'il se passe dans le cas classique.
2. On cherche une solution de l'équation de Schrödinger sous la forme : $\psi(x, t) = \varphi(x)e^{-i\frac{E}{\hbar}t}$. Déterminer l'équation vérifiée par φ .
3. Dire ce que représente E .
4. On cherche φ sous la forme : $\varphi(x) = NH(y)e^{-y^2/2}$, avec $y = \frac{x}{a}$ et N est une constante de normalisation. $a = (\frac{\hbar^2}{km})^{\frac{1}{4}}$. Déterminer la dimension de a .
La forme proposée dans l'équation de Schrödinger conduit à

$$H'' - 2yH' + \left(\frac{2ma^2E}{\hbar^2} - 1 \right) H = 0$$

On pose : $H_0 = 1, H_1(y) = 2y, H_2(y) = 4y^2 - 2$.

5. Déterminer les expressions des énergies dans chacun des cas et faire apparaître $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.
6. Généraliser en déterminant l'énergie pour n quelconque.
7. Différence avec le cas classique ?
8. On prend un échantillon de diiode à l'équilibre avec un thermostat $T = 298$ K et dont la fréquence est $f = 6,4 \times 10^{12}$ Hz. Déterminer la proportion d'atomes ayant pour énergie celle du fondamentale.

Données L'équation de Schrödinger :

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

Déroulement et indications

Pour la dernière question il faut penser à utiliser le facteur de Boltzmann. Comme j'ai terminé un peu en avance il m'a posé une question supplémentaire sur le fait que l'énergie fondamentale n'était pas nulle, il fallait utiliser l'inégalité de Heisenberg mais je n'ai pas eu le temps de finir le calcul.

L'oral s'est bien passé, l'examineur était gentil. L'examineur m'a épargné la partie de calcul où il fallait remplacer les expressions des H_n pour obtenir l'énergie, je l'ai seulement fait pour le cas $n = 0$

CSPI.22 Molécules polarisées

CSPI-23-503

On a deux molécules modélisées par des points A_1 et A_2 . A_1 est de moment dipolaire \vec{p}_1 et A_2 a un moment dipolaire induit

$$\vec{p}_2 = \alpha \epsilon_0 \vec{E}_{1 \rightarrow 2}$$

avec α la polarisabilité de A_2 .

1. Qu'est-ce qu'est la polarisabilité d'une molécule ? Donner sa dimension.
2. Quel est le champs électrostatique dans lequel est A_2 ?
3. Donner l'expression de $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$.
4. Donner l'expression de l'énergie potentielle d'interaction U .
- 5.

a) On a

$$\langle U \rangle = \int U dP$$

avec dP proportionnel au facteur de Boltzmann et à $\sin \theta d\phi d\theta$
Donner $\langle U \rangle$.

b) une autre question portant sur $\langle U \rangle$

Données

- $V(M) = \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$
- $\vec{F} = (\vec{p} \cdot \overrightarrow{grad}) \vec{E}_{1 \rightarrow 2}$

Déroulement et indications

1. L'examineur commence l'oral par me dire que si je ne savais plus ce que c'était la polarisabilité, on allait en parler ensemble, ce qu'on a fait.
2. Quand j'ai redonné la formule d'un champs électrostatique induit par un dipole, l'examineur m'a fait remarquer qu'il y avait des données (que je n'avais pas vu) et qu'il fallait que je le retrouve par le calcul.

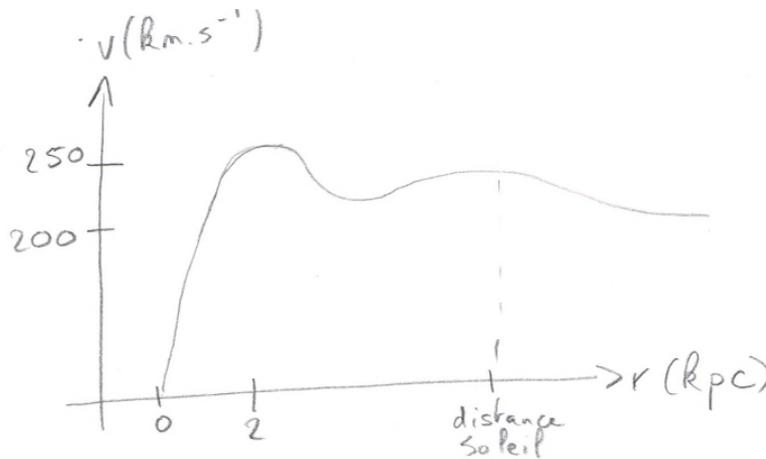
3. J'ai fait quelques erreurs bêtes que j'ai retrouvé grâce à l'examineur.

L'examineur était très sympathique et on a pu avoir une discussion pendant les courtes 30 minutes de l'épreuve.

CSPI.23 Bulbe galactique

CSPI-23-504

On considère le mouvement d'une étoile par rapport au centre de la galaxie. Voici la courbe de la vitesse réelle de cette étoile en fonction de sa distance au centre de la galaxie.



Bulbe galactique :



On considère que la galaxie peut être modélisée par un bulbe de rayon 2kpc (kiloparsec, 1 parsec = $3,09 \times 10^{16}$ m).

1. Pourquoi peut-on considérer que le mouvement d'une étoile est plan ?
2.
 - a) Pour un mouvement circulaire, exprimer la vitesse v d'une étoile en fonction de $M(r)$ la masse contenue dans la sphère de rayon r (r étant la distance étoile-centre de la galaxie; ce n'était pas précisé)
 - b) Pour une répartition sphérique uniforme de masse, comparer le modèle à la courbe des résultats réels, pour r entre 0 et 2 kpc
 - c) Estimer la masse du bulbe galactique.
 - d) Le modèle est-il cohérent pour r supérieur à 2 kpc ? Pourquoi ?

3.

a) On rajoute au modèle un halo de matière de masse volumique

$$\rho = \frac{C_0}{r_0^2 + r^2}$$

Montrer que l'ajout de ce halo est cohérent avec la courbe.

b) Calculer C_0 . question non traitée

2 autres questions non traitées à la fin

Données

- Masse du soleil : $1,99 \times 10^{30}$ kg

Déroulement et indications

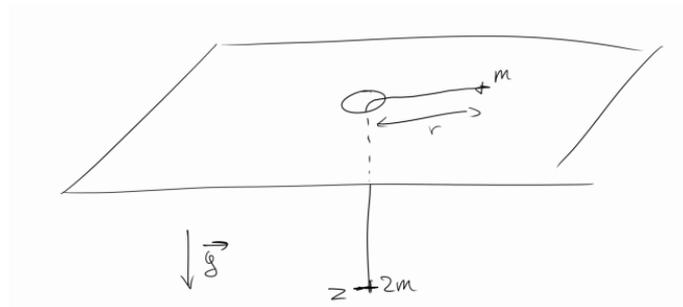
Pas de difficultés particulières, Exo proche des classiques. Pas de questions supplémentaires de l'examineur en dehors des questions de sens physique : à la 2)c), il m'a demandé l'analyse physique, il attendait de moi que je compare à la masse du soleil pour dire que c'était cohérent

Examineur plutôt sympathique et suivait ce que je disais, mais cela peut beaucoup varier, surtout à Centrale, format vraiment cours, il faut être efficace, présenter rapidement ce qu'on va faire; dans la plupart des cas, les examinateurs ne vont pas faire le premier pas du début de l'oral comme ça peut être le cas en colle.

CSPI.24 Force centrale

CSPI-23-505

On se donne un fil de longueur $2L$ inextensible, à une extrémité se trouve une souris (un jouet, pas une vraie) de masse m et à l'autre se trouve une masse $2m$. La souris est déposée sur une plaque plastifiée très glissante (donc pas de frottements solides) avec un trou au milieu. Par ce trou, on fait passer le fil et la masse $2m$.



1. La souris est lâchée en $t = 0$ sans vitesse initiale en $r = 2L$, trouver un lien entre l'accélération de la souris et de la masse $2m$.
2. Montrer que la souris a un mouvement uniformément accéléré.
3. Déterminer t_0 tel que $r = L$ ainsi que la vitesse v_0 de la souris en cet instant. Applications numériques. En $t = t_0$, un chat, agacé par le mouvement de la souris, tape dedans et lui donne une vitesse $v_1 = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ perpendiculairement au fil.
4. Exprimer l'énergie mécanique du système $2m$, souris en fonction de m, v_0, v_1 et L et en déduire l'équation du mouvement de la souris.
5. D'autres questions dont je n'ai plus les détails, ça parlait d'énergie potentielle effective.

Déroulement et indications

1. J'applique le PFD à la masse $2m$, puis à la souris. Puisqu'il n'y a pas de frottement solide, la force de tension du fil s'appliquant à $2m$ et celle s'appliquant à la souris sont de même norme. On obtient alors une première équation reliant les deux accélérations.
2. L'examinatrice me rappelle gentiment que le fil est inextensible, donnant ainsi une deuxième équation reliant les deux accélérations. En éliminant l'accélération de la masse $2m$, je montre que la souris a un mouvement uniformément accéléré.
3. Aucun problème.
4. Il faut dire que toutes les forces qui s'appliquent sur le système sont conservatives. Exprimer l'énergie mécanique à l'instant $t = t_0$ permet de répondre à la première partie de la question. J'ai ensuite exprimé l'énergie mécanique du système à un instant quelconque (c'est un peu moche). L'examinatrice m'a fait faire un bilan des forces s'appliquant sur la souris. J'ai alors remarqué que la résultante est une force centrale. On a alors conservation du moment cinétique, ce qui nous donne un lien entre r et θ . De nouveau, en utilisant le fait que le fil est inextensible, on a un lien entre \dot{r} et \dot{z} . Ces deux dernières équations permettent d'exprimer l'énergie mécanique du système uniquement en fonction de r .

Examinatrice très sympathique (elle n'était pas chauve), elle m'a laissé réfléchir et n'est intervenue que lorsqu'il était évident que je ne voyais plus comment avancer. 5/5, would recommend. Par ailleurs, 30 minutes c'est **VRAIMENT** court.

CSPI.25 Cinétique chimique

CSPI-23-506

En solution dans l'éthanol, la potasse KOH est totalement dissociée en $K^+ + HO^-$. On étudie à 20°C sa réaction avec le 1-bromo-2-méthylpropane (noté RBr) qui conduit au 2-méthylpropan-1-ol (noté ROH) par substitution.

1. Soit une réaction $A \rightarrow B$ admettant un ordre α par rapport à A et une constante cinétique k . Calculer le temps de demi réaction $\tau_{1/2}$ pour $\alpha = 0$, $\alpha = 1$ et $\alpha = 2$.
2. Une première expérience a pour conditions initiales : $[RBr]_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ et $[HO^-]_0 = 1,00 \text{ mol/L}$. Que se passe-t-il ?
3. On suppose que cette réaction admet un ordre par rapport à RBr et un ordre par rapport à HO^- . Définir k_{app} la constante cinétique apparente dans cette réaction.
4. A l'aide du tableau de valeur, trouver $\tau_{1/2}$, k_{app} et l'ordre par rapport à RBr.

$t(\text{min})$	0	10	20	30	40
$[RBr](10^{-2} \text{ mol.L}^{-1})$	1,00	0,50	0,25	0,12	0,06

5. On recommence la même expérience avec les conditions initiales : $[RBr]_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ et $[HO^-]_0 = 0,50 \text{ mol/L}$. Comment vérifier que l'ordre par rapport à HO^- est 1 ? Comment peut-on suivre la cinétique de cette réaction ?

$t(\text{min})$	0	10	20	30	40
$[RBr](10^{-2} \text{ mol.L}^{-1})$	1,00	0,71	0,50	0,35	0,25

Déroulement et indications L'exercice n'était pas très difficile, malgré un petit passage à vide lorsqu'il faut déterminer le premier ordre partiel : il faut juste remarquer que ça fait une droite et dire que donc l'ordre est 0.

Examineur fatigué mais plutôt sympathique. L'oral s'est bien passé.

CSPI.26 Appareil photo

CSPI-23-507

On s'intéresse à un appareil photo modélisé par un objectif (lentille) (L) et un capteur tous deux distants d'une distance d . On suppose d'abord que l'appareil ne permet pas de mise au point, c'est-à-dire d fixe.

1. Déterminer et estimer la distance d nécessaire pour obtenir une image nette sur le capteur d'un objet à l'infini.
2. Dans la configuration de la question 1, on observe la lune avec un diamètre apparent $\beta = 0,5^\circ$. Calculer la taille X de l'image obtenue sur le capteur.
3. On observe un objet A situé à une distance D du point O (centre de la lentille, sur l'axe optique). On note A' l'image de A par (L) et R le rayon de la lentille. Déterminer la taille δ de la tache sur le capteur. Quels sont les inconvénients du système ?
4. On s'intéresse ensuite à la possibilité d'une mise au point automatique. On suppose que la distance d peut varier. On note d_1 et d_2 les distances extrêmes pour avoir une photo acceptable. Faire un schéma des situations et exprimer d_1 , d_2 , ainsi que la latitude de mise au point.
5. Une ou deux autres questions non traitées.

Déroulement et indications

1. Il faut $d = f'$. J'ai proposé de l'ordre du centimètre et l'examineur m'a dit que c'était un peu gros, plutôt de l'ordre de quelques millimètres.
2. On trace la figure et on obtient $X = f' \tan(\beta)$.
3. Je place le point A n'importe où mais l'examineur me dit qu'on va le prendre sur l'axe. On obtient alors $\delta = \frac{2Rf'}{D}$. La tache ne doit pas recouvrir plusieurs pixels si l'on veut une photo acceptable.
4. Il faut faire un peu de géométrie. La latitude correspond simplement à $d_1 - d_2$.

Je ne m'attendais pas à avoir de l'optique géométrique mais ce n'était pas si désastreux. Cela ressemblait à des exercices faits en sup (merci M. Brunel à nouveau). L'examineur était neutre.

CSPI.27 Machine thermique

CSPI-23-508

On prend un moteur thermique. Le cycle est composé de deux isochores et de deux transformations adiabatiques. Le gaz est diatomique. On suppose le cycle réversible. (beaucoup de données)

1. Quelle est la source chaude ? la source froide ?
2. Déterminer le rendement de Carnot de la machine.
3. On définit $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$. Déterminer la valeur de γ . Puis déterminer l'ensemble des températures inconnues.

Déroulement et indications

1. J'indique que le moteur est thermique, donc qu'il y a probablement une explosion pour la source chaude. La source froide est l'air extérieur.
2. Je commence à redémontrer le rendement de Carnot pour un moteur (premier et second principe sur un cycle). Cependant, l'examineur me pose des questions à chaque lettre que j'écris. Ainsi il me demande pourquoi W pour le travail, S pour l'entropie, H pour l'enthalpie... Il me demande également pourquoi U à le droit à un Δ dans le premier principe et pas W et Q (même question pour S dans le second principe). Il me demande également s'il existe un troisième principe, ainsi que les personnes ayant énoncé le premier et le second principe.
3. Je commence par définir C_p et C_v et j'utilise l'énoncé pour retrouver la valeur de γ pour un gaz diatomique. Il me demande alors si le résultat était prévisible (nombre de degrés de liberté du gaz) et ce que cela donne comme information sur le gaz (à savoir qu'il est diatomique). Avec les données et les suppositions du cycle je détermine les températures.

L'examineur était vraiment pas sympathique (très aigri). Il voulait seulement me piéger avec des questions de culture scientifique. Le problème c'est que ça a eu pour effet de ralentir fortement l'oral et donc je n'ai pas vraiment pu aborder les questions plus intéressantes.

CSPI.28 Congélateur et évaporation

CSPI-23-509

1. Expliquer qualitativement pourquoi il ne faut pas laisser la porte du congélateur ouverte trop longtemps, bien que les aliments ne décongèlent pas directement.
2. On s'intéresse à une pièce fermée de surface au sol S . Le coefficient d'humidité y vaut 60%. On verse un volume d'eau liquide $V = 1\text{L}$ au sol. Combien d'eau se vaporise ?

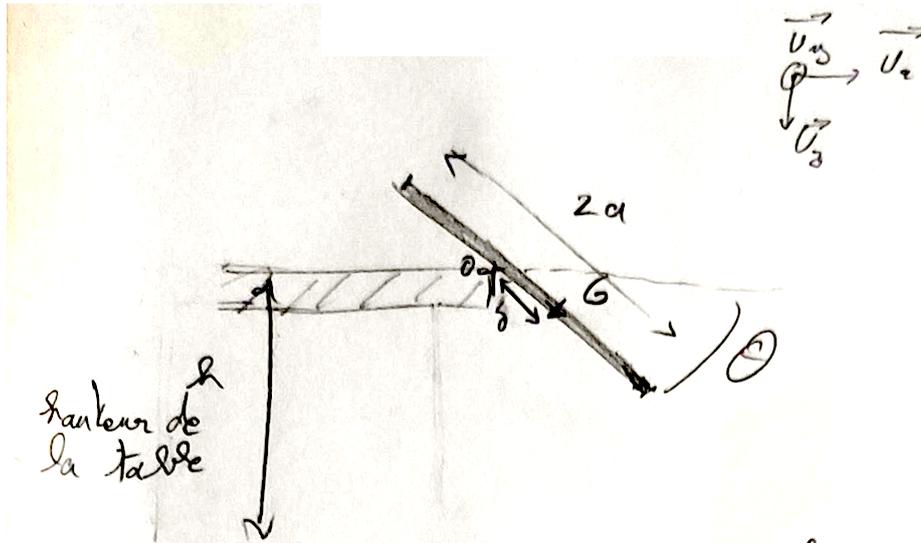
Déroulement et indications

1. Pour la première question, je n'ai pas pensé tout de suite à la formation de givre. Puis j'ai voulu la mettre en avant par la visualisation d'un diagramme (P, V) mais j'ai échangé la position des phases liquide et vapeur... Il me fait alors calculer la pente de la courbe d'une isotherme afin de me faire remarquer mon erreur.
2. Pour la deuxième question, il ne restait plus beaucoup de temps donc je n'ai pu que traiter l'approche qualitative et la partie théorique.

L'examineur me laissait réfléchir et me donnait des indications lorsque j'étais bloquée.

CSPI.29 Tartine

CSPI-23-510



On considère qu'il n'y a pas de frottement (?)

1. Déterminer θ tel que la tartine « décolle ». (introduire N et T)
2. Donner l'équation d'évolution de θ .
3. Montrer que

$$\dot{\theta}^2 = \frac{g}{a} \frac{6\eta}{1 + 3\eta^2}$$

On donnera η .

4. Pour $\eta=0,2, a \ll h$, montrer que la tartine tombe du mauvais coté.

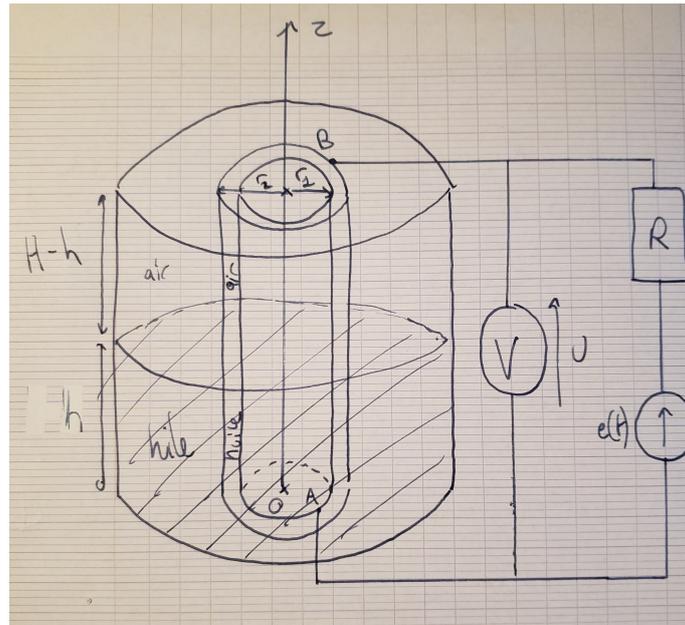
Données

- $\theta(t = 0) = 0$
- $\dot{\theta}(t = 0) = 0$
- $J_G = \frac{1}{3}ma^2$
- $J_0 = J_G + m\delta^2$
- D'autres grandeurs, inutiles

CSPI.30 Condensateur cylindrique

CSPI-23-511

Dans une cuve de hauteur $H = 2m$ qui contient deux cylindres conducteurs de rayons $r_1 = 20cm$ et r_2 avec $r_2 - r_1 = 1\text{ mm}$, on verse de l'huile (de permittivité $\epsilon_r = 4$) jusqu'à la hauteur h . Les cylindres ne reposent pas exactement sur le fond de la cuve, de sorte que l'huile puisse s'immiscer entre les deux cylindres. On relie les deux cylindres à un voltmètre et une source de tension qui envoie le signal $e(t)$ (signal créneau dont on connaît l'amplitude E et la fréquence f , je ne me souviens plus des valeurs).



1. Déterminer la capacité du condensateur. Donner l'intervalle des valeurs dans laquelle elle peut se situer en fonction des paramètres du problème.
2. Donner l'allure de la tension u aux bornes du voltmètre.
Deux autres questions que je n'ai pas regardés.

Déroulement et indications

1. Je commence d'abord par expliquer que je vais utiliser la formule $Q = Cu$ et qu'il va falloir distinguer les cas "air" et "huile". Je trouve la forme du champ entre les deux cylindres par invariances et symétries (J'oublie alors de faire l'approximation du cylindre infini, qu'il me demande ensuite de justifier). J'applique le théorème de Gauss dans l'air et dans l'huile, et je trouve finalement les capacités des **deux** condensateurs.
2. L'examineur me demande s'ils sont en dérivation ou en série, puis la définition de "dipôles en dérivation". Je répond par un schéma au lieu de dire que leurs bornes sont aux mêmes potentiels. Finalement on peut calculer la capacité totale du condensateur et faire les applications numériques pour $h = 0$ et $h = H$ (ϵ_0 n'était pas donné, je l'ai retrouvé via μ_0)
3. Pour la 2e question je fais le schéma électrique équivalent mais j'écris n'importe quoi dans ma loi des mailles. Il me corrige et je finis par trouver une équation différentielle et la forme de u juste à temps. Je réalise maintenant qu'il s'agissait d'un simple circuit RC comme en terminale, je ne suis pas sûr que l'examineur attendait des calculs vu la question mais il m'a laissé faire.

L'examineur très sympathique et minutieux. Il échangeait beaucoup avec moi. L'oral s'est bien passé (sauf pour la loi des mailles)

CSPI.31 Doublet du mercure

CSPI-23-512

On considère un interféromètre de Michelson en configuration lame d'air à l'entrée duquel on place une lampe spectrale à vapeur de Mercure. On a au préalable isolé le doublet du Mercure de sorte que seules ces raies pénètrent dans le Michelson. On mesure l'intensité reçue par une diode placée sur le centre de symétrie du système. On chariote un des deux miroirs.

1. Expliquer le mécanisme d'émission de lumière d'une lampe spectrale. En quoi cela est différent de l'émission de lumière blanche ?
2. Déterminer l'expression de l'intensité reçue par la photodiode.
3. Déterminer la vitesse de chariotage.

Données

- Un graphe de l'intensité mesurée par la photodiode en fonction du temps (On mesurait 7 annulations du contraste en 1000 secondes)
- un spectre d'émission pour le mercure (longueurs d'onde du doublet : 577 nm, 579,1 nm)

Déroulement et indications

C'est du cours

L'examinateur m'a posé les questions supplémentaires suivantes :

1. À quoi ressemble le graphe de l'intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde pour le Soleil ? Où se situe le maximum grossièrement ? (Question 1)
2. Comment fait-on pour exciter les atomes d'une lampes spectrale ? (Question 1)
3. Tracer le graphe de l'intensité reçue par la photodiode en fonction du temps. (Question 2)
4. Pourquoi en réalité le contraste local ne s'annule pas totalement ? (Question supplémentaire à la fin)

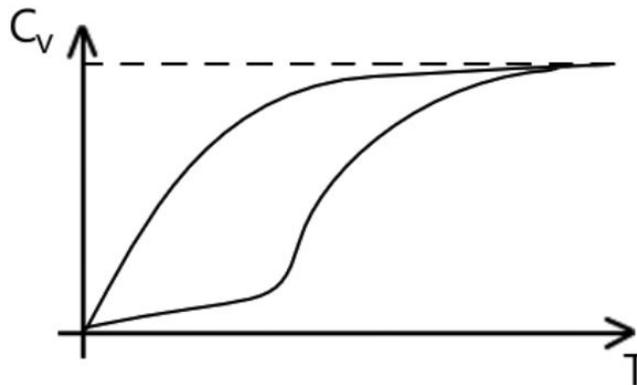
Examinateur professionnel qui m'a souligné mon erreur de calcul à un moment. Il posait parfois des questions supplémentaires pour voir jusqu'où je pouvais aller. J'aurais pu être plus rapide mais j'ai quand même eu le temps de finir l'exercice et de faire un question supplémentaire.

CSPI.32 Loi de Boltzmann

CSPI-23-513

On considère un matériau constitué de $N \gg 1$ oscillateurs. Chaque oscillateur a accès à des niveaux d'énergie discrets $\epsilon_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$, $n \in \mathbb{N}$.

1. Donner qualitativement l'énergie moyenne d'un oscillateur à très haute et basse température.
2. Retrouver le résultat par le calcul.
3. On donne l'évolution de C_v de deux matériaux en fonction de la température.



Discuter cette évolution à l'aide du modèle établi.

Déroulement et indications

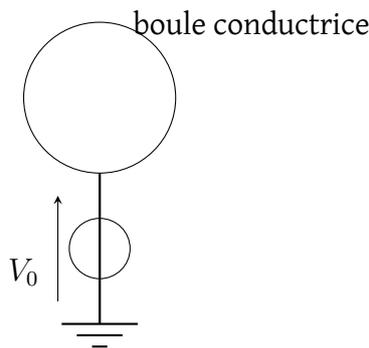
La première question m’a un peu déstabilisé, et j’ai mis du temps à me lancer (30 minutes c’est très court). La deuxième et la troisième question se traitent dans le cas de Boltzmann.

Examineur qui ne respirait pas la joie de vivre.

CSPI.33 Sphère conductrice

CSPI-23-514

On considère une boule conductrice de rayon R. On impose une tension V_0 correspondant au potentiel créé par la boule en considérant ce potentiel exercé au centre de la boule comme charge ponctuelle.



Dans un second temps, on isole électriquement la boule.

1. Justifier pourquoi est-il absurde de considérer la boule chargée dans sa totalité?
2. On relie la masse à la terre. Que vaut la charge totale Q_0 de la boule?
On constate expérimentalement que la charge totale décroît au cours du temps. On note $Q(t)$ la charge de la boule conductrice à l’instant t . On suppose que l’air qui entoure la boule a une conductivité σ .
3. Chercher $Q(t)$. Expliquer pourquoi il est plus difficile de faire durer une expérience dans l’eau que dans l’air.

Déroulement et indications

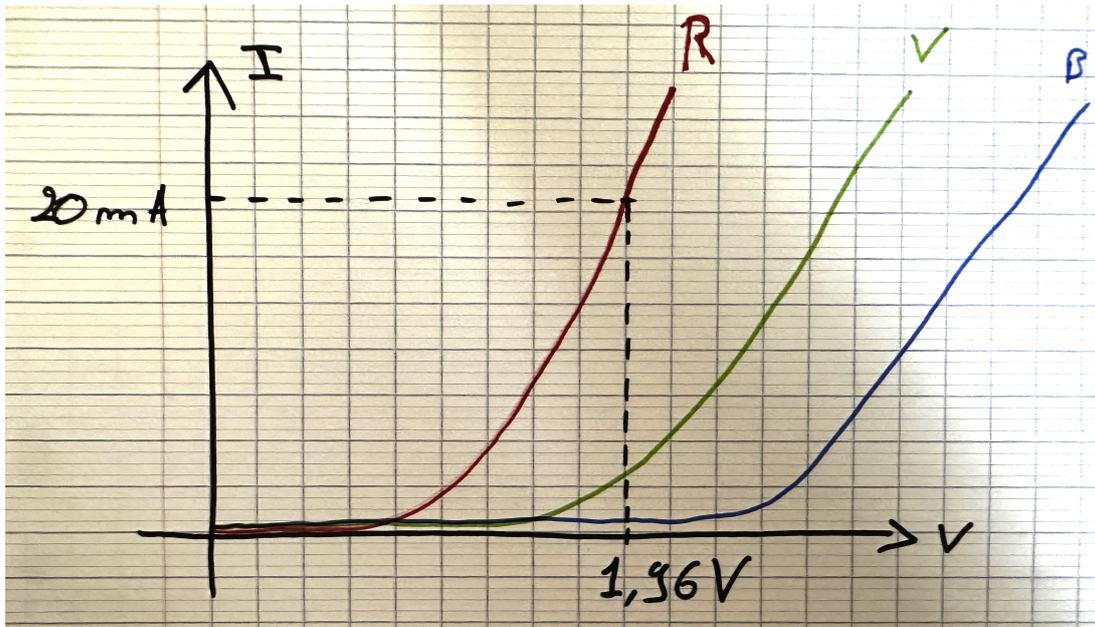
1. J’ai expliqué qu’on allait montrer que la charge volumique de la boule diminuera jusqu’à 0 sur un temps caractéristique assez court pour pouvoir considérer $\rho = 0$. La démo est la même que pour montrer la neutralité d’un bon conducteur mais malheureusement j’ai mis du temps à considérer la boule comme conducteur ohmique pour avoir $\vec{j} = \gamma \vec{E}$. Et puis j’ai fait une erreur d’homogénéité débile en remplaçant \vec{E} par $\frac{\vec{j}}{\gamma}$ dans l’équation de Maxwell-Gauss. J’ai donc ensuite passé beaucoup trop de minutes à montrer que $\frac{\gamma}{\epsilon_0}$ est en s^{-1} pour remarquer que j’avais une erreur.
2. Question pas difficile si on regarde bien à quoi correspond V_0 .
3. Je sais pas comment faire.

Pas très bien réveillé pour mon premier oral de centrale. J’étais déçu de mon niveau pour cet oral mais faut oublier l’oral une fois celui-ci passé pour se concentrer sur le reste. Restez toujours motivé.e.s!

CSPI.34 DEL

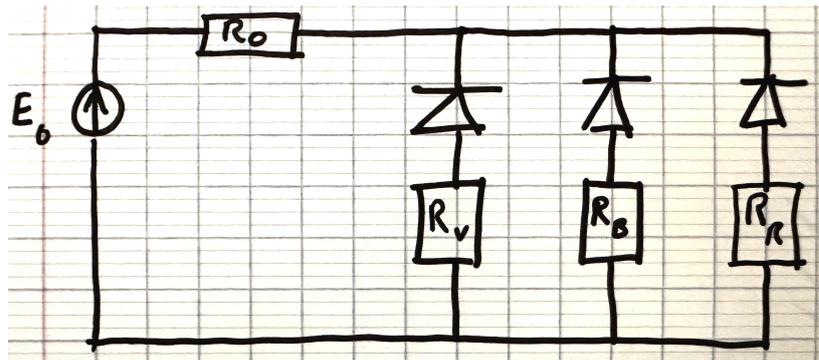
CSPI-23-515

On considère trois diodes électroluminescentes (rouge, verte et bleue) dont les caractéristiques sont données ci dessous.

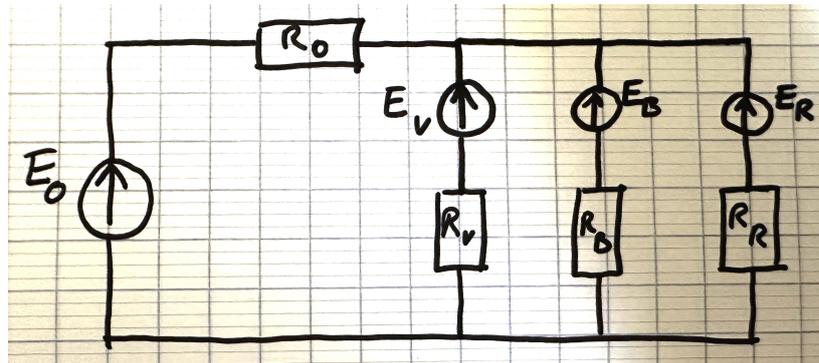


1. Ces dipôles sont-ils linéaires? Ecrire la fonction $V \mapsto I(V)$ pour chacun de ces dipôles.
2. Combien de nuances de couleurs est-il possible d'observer avec ces trois diodes?

On considère le montage suivant, où $R_{V,B,R}$ sont variables et de l'ordre du $k\Omega$ et où $E_0 = 10V$



3. Pourquoi utilise-t-on des résistances variables ? Montrer (quantitativement) que ce schéma précédent est équivalent à celui ci dessous : (A l'oral : Rappeler la définition d'un générateur de Thévenin)



4. D'autres questions non traitées.

Déroulement et indications

L'examinatrice m'a rappelé que le codage RVB correspondait à 8 bits par couleur, en me signalant que ce n'était pas tout à fait au programme.

Examinatrice bienveillante qui ne semblait pas agacée tout le long de l'oral bien que j'ai été mauvais (je me suis trompé dans la définition de générateur de Thévenin).

CSPI.35 Trampoline

CSPI-23-516

Un trampoline est constitué d'un cadre métallique de diamètre $D=3,6$ m et de $2N=80$ ressorts de longueur à vide $\ell_0=23$ cm, de raideur $k=1,3$ kN/m qui tiennent une toile déformable mais peu élastique de diamètre $D_0=3,1$ m.

On se place dans un référentiel supposé galiléen. O est le centre du trampoline lorsqu'il est horizontal. On choisit l'axe des z vers le bas.

On modélise un trampoliniste comme une masse ponctuelle M de masse $m=75$ kg au centre du trampoline. On néglige les frottements.

1. Déterminer la position d'équilibre.
2. Autres questions non traitées, avec du mouvement...

CSPI.36 Marche de potentiel

CSPI-23-517

On considère un jet de particules, de masse m , d'énergie E arrivant selon x depuis les $x < 0$. Le potentiel est $V = 0$ pour $x > 0$ et pour $x > \ell$. Pour $0 < x < \ell$, le potentiel est $V = V_0$. On note τ le coefficient de transmission et $1 - \tau$ le coefficient de réflexion.

1. Pourquoi a-t-on une onde stationnaire ? La décrire.
2. Expression de la fonction d'onde dans chaque zone. Condition de continuité.
3. Donner l'expression de τ dans le cas d'une marche épaisse.

VI. Centrale Physique-Chimie 2

CSPII.1 Loi de Hooke

CSPII-23-403

Identique à 2023/CSPII.2

Avec préparation 30 minutes

Le sujet est sur deux feuilles. Une feuille avec l'énoncé en trois parties et une autre feuille-document (recto verso) sur l'élasticité des matériaux de construction des ponts.

Première partie Il faut expliquer l'intérêt d'utiliser des matériaux élastiques pour la construction des ponts.

Deuxième partie Le fil est approché comme étant l'enchaînement de N maillons. On a, pour tout n plus petit que N , $\overrightarrow{O_n O_{n+1}} = \epsilon_n a \vec{e}_x$ où $\epsilon_n = \pm 1$. On note $N^+ = \frac{N}{2}(1+x)$ et $N^- = \frac{N}{2}(1-x)$.

1. On a $S = k_b \ln\left(\frac{N!}{N^+!N^-!}\right)$. Trouver une expression plus simple de S (il faut employer $\ln(n!) = n \ln(n)$).
2. Établir l'identité thermodynamique du fil pour un transfert réversible ou F est la force qui s'applique.
3. À température constante, trouver F . Conclure sur la loi de Hooke.

Troisième partie Partie peu abordée, il y avait quatre questions. On donnait $S = C \ln\left(1 + \frac{U-U_0}{CT_0}\right) - \frac{k}{2}(L - L_0)^2$. La première question consistait à trouver F à nouveau.

Déroulement et indications

Première partie Question qualitative.

Deuxième partie La partie a été partiellement faite en préparation.

1. C'est du calcul.
2. Raisonnement thermodynamique.
3. Question qui employait la question précédente (il faut remarquer que $L = Nax$).

Troisième partie Partie peu abordée, il y avait quatre questions. La première question a été un peu faite. L'oral a été réussi.

CSPII.2 Loi de Hooke et entropie

CSPII-23-511

Identique à 2023/CSPII.1

Avec préparation 30 minutes

Le document n'apportait aucune information réellement utile sauf pour la dernière question que je n'ai pas traitée. Il parlait de la loi de Hooke et des limites élastiques des matériaux.

1. Pourquoi un pont doit-il avoir des propriétés élastiques ?

On modélise l'élasticité d'un fil. On considère un fil de longueur L de longueur à vide L_0 . On découpe ce fil en N sections de longueur a , de sommets O_1, O_2, \dots, O_N tel que chaque section soit comptée positivement ou négativement : $O_k O_{k+1} = \epsilon_k * a$, avec $\epsilon_k = \pm 1$

On pose N_+ le nombre de sections où $\epsilon = 1$ et N_- le nombre de sections où $\epsilon = -1$. On pose x tel que $N_+ = \frac{N(1+x)}{2}$, $N_- = \frac{N(1-x)}{2}$

On note S l'entropie du fil et on admet que pour un fil peu déformé $S = k_B * \ln\left(\frac{N!}{N_+!N_-!}\right)$

2. On admet $\ln(n!) \approx n \ln(n/e)$ et le développement limité du \ln en 1 (à deux termes). Donnez un DL de S à l'ordre 2 en fonction de L .

3. On soumet le fil à une force opérateur F . On admet que pour un déplacement dL , $\delta W_{rev} = F.dL$. Donnez l'identité thermodynamique du fil. En déduire la force F . Commentez cette force (dépendances, est-ce que cela correspond à une force de rappel?).

On se place dans le cas général, et on admet la généralisation du résultat précédent.

Cette fois $S = S_0 + C * \ln\left(1 + \frac{U-U_0}{CT_0}\right) - k * (L - L_0)^2$ (tout sauf U et L sont des constantes).

4. Donner la force F_{op} . Commentaire qualitatif, est-elle différente de l'autre expression ?

5. Calculer l'énergie interne U , montrer qu'elle ne dépend que de T . Simplifier l'expression de S .

6. Le fil subit une transformation réversible, où sa longueur double (partant L_0), trouver la température finale.

7. (dernière) Expliquer pourquoi la loi de Hooke dépend de la surface de section.

CSPII.3 Autour du peroxyde d'hydrogène

CSP11-23-101

Avec préparation 30 minutes

On s'intéresse au peroxyde d'hydrogène, de formule H_2O_2 . Ses usages sont multiples, par exemple il peut être utilisé comme antiseptique ou comme oxydant. Avec les concentrations trouvable dans le commerce, un volume V de solution de peroxyde d'hydrogène dégage un volume $110V$ de dioxygène après dismutation totale à $0,00^\circ\text{C}$ et $1,00\text{ bar}$. On considère une solution issue du commerce et on réalise avec deux solutions S_0 et S_1 en diluant respectivement 10 et 100 fois la solution initiale.

1. Donner la formule de Lewis du peroxyde d'hydrogène.

2. Déterminer les concentrations c_0 et c_1 en peroxyde d'hydrogène dans S_0 et S_1 .

3. Montrer que la dismutation est totale. Pourquoi utilise-t-on quand même le peroxyde d'hydrogène ?

4. À l'aide du protocole ; calculer l'enthalpie de dismutation du peroxyde d'hydrogène. Précisez et justifiez vos hypothèses. Quel est le rôle du nitrate de fer ?

5. Estimer l'incertitude dans le calcul précédent.

6. Il y avait trois autres questions, à propos d'un dosage, dont le protocole était également donné.

Données Potentiels standards à 25°C :

- H_2O_2/H_2O : 1,77 V

- O_2/H_2O_2 : 0,68 V

- Il y avait d'autres potentiels mais je ne les ai pas utilisés.

Protocoles

Il y en avait deux mais je ne me rappelle que d'un :

Dans un calorimètre ($C_{calo} = 114 \text{ J.K}^{-1}$ je crois), on met 50 mL de solution S_0 . On attend l'équilibre thermique (qui s'établit à $23,4^\circ\text{C}$) et 5 minutes après, on rajoute une solution de nitrate de fer III à la même température. Un fort dégagement gazeux a alors lieu; on mesure alors la température au cours de l'expérience. Le résultat est donné dans une courbe sur ordinateur (la température se stabilise à environ 33°C avant de commencer à descendre très lentement). (le thermomètre a une tolérance de $0,2^\circ\text{C}$, même si je ne l'ai pas utilisé).

On rappelle que l'incertitude type pour un appareil de tolérance t est donnée par $u = \frac{t}{\sqrt{3}}$.

Je pense que ça s'est plutôt bien passé. J'ai fait une petite erreur question 2 (enfin pas vraiment : j'ai exprimé les concentrations en mol.m^{-3} au lieu de mol.l^{-1} ce qui fait que je les trouvais énormes. Au début il ne comprenait pas non plus le problème, puis a réfléchi et m'a fait comprendre en me demandant d'exprimer la qdm pour un volume initial de 1 L). J'ai pas mal bafouillé sur la thermochimie même si on s'en est à peu près sortis (disons que je n'ai pas exploité l'ensemble des données directement).

L'examineur était plutôt sympa et ne disait pas grand chose. Il m'a plutôt bien guidé quand je galérais à la fin. Il n'a posé qu'une seule question supplémentaire, au tout début : quel est le nombre d'oxydations de O dans le peroxyde ?

CSPII.4 Propagation inhomogène

CSPII-23-102

Avec préparation 30 minutes

Une onde électromagnétique $\vec{E} = E(x, y, z) \exp\{j(\omega t - kz)\} \vec{e}_x$ se propage le long des x positifs. Son amplitude complexe $E(x, y, z)$ n'est pas constante, mais les variations étant faibles, on fait les hypothèses $|\frac{\partial E}{\partial x}| \ll k|E|$, $|\frac{\partial E}{\partial y}| \ll k|E|$, $|\frac{\partial E}{\partial z}| \ll k|E|$ et $|\frac{\partial^2 E}{\partial z^2}| \ll k|\frac{\partial E}{\partial z}|$

1. Montrer que $\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + jk\frac{\partial E}{\partial z} = 0$
2. On suppose que $E(x, y, z) = \frac{1}{a(z)} \exp\left\{\frac{jr^2}{2b(z)}\right\}$ avec $r^2 = x^2 + y^2$. En établissant un système à 2 équations, montrer que $\frac{a(z)}{b(z)}$ est constante.

Déroulement et indications J'ai fait la question 2 sans faire la 1 durant la préparation. L'examineur a souhaité que je commence par la première, mais en me servant de la formule donnée au début de la question 2 pour pouvoir la dériver.

CSPII.5 Etude d'un puit canadien

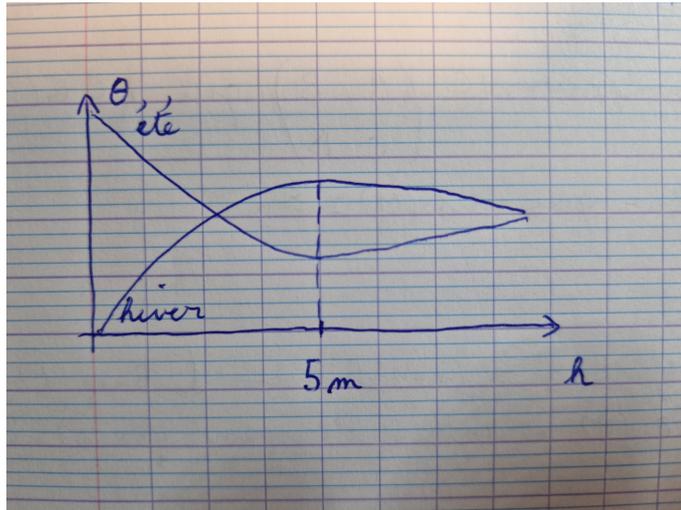
CSPII-23-103

Avec préparation 30 minutes

On considère un puit canadien pour chauffer une maison. On cherche à étudier les variations de température du fluide dans le puit canadien. On considère qu'à la surface, la température est donnée par $\theta = \theta_0 - \theta_m \cos(\omega t)$.

1. Etablir l'équation de propagation dans le sol pour $\theta(z, t)$.
2. En déduire une longueur caractéristique de diffusion en fonction du temps de diffusion. Montrer que l'on peut négliger les variations journalières.
3. Montrer que θ peut se mettre sous la forme $\theta = \theta_0 + \theta_m e^{-\frac{z}{\delta}} \cos(\omega t - \frac{z}{\delta} + \phi)$, donner δ et ϕ .

4. Le script python donne θ en fonction de la profondeur h du tuyau. En déduire la profondeur optimale.



5. On note $T(x)$ la température de l'air dans le tuyau, on modélise les pertes thermiques à travers une portion de longueur dx du tuyau par la puissance $dP = K(T(x) - T_{sol})dx$. Trouver K pour que la température en sortie du tuyau soit 17°C en juillet pour une température extérieure $T_{ext} = 30^\circ\text{C}$ pour un tuyau de longueur $L = 10\text{m}$.

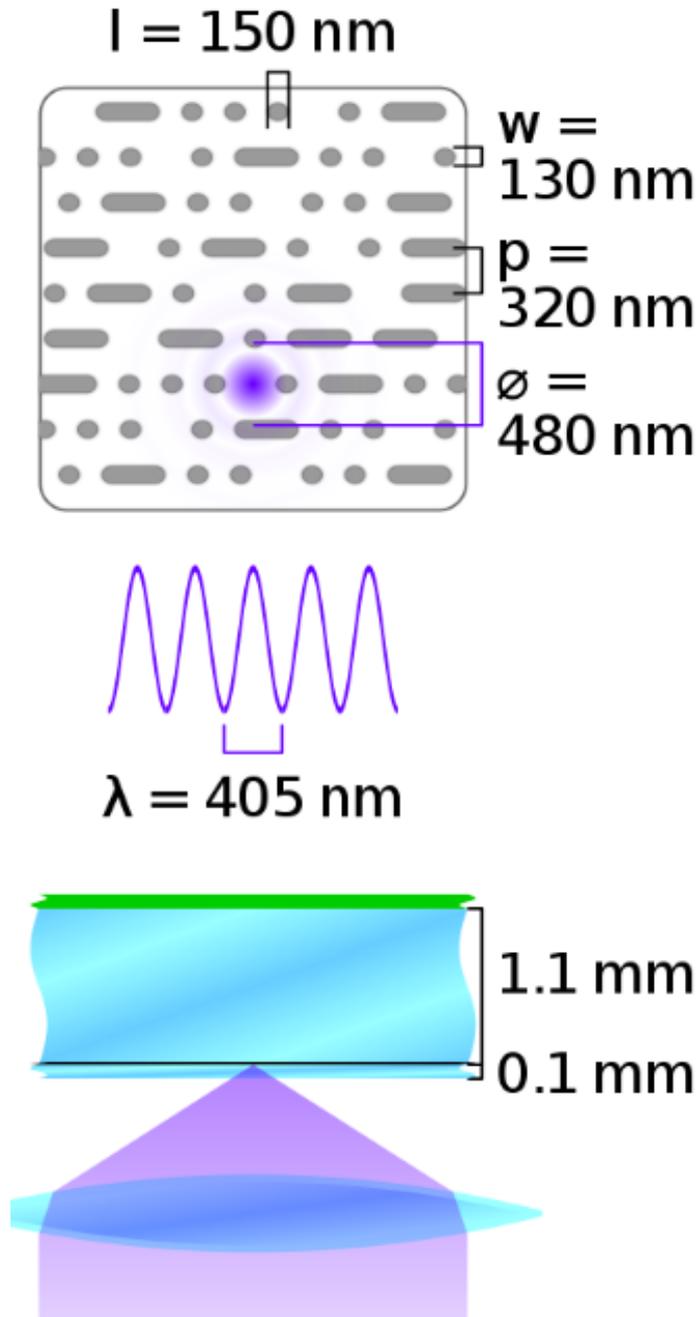
CSPII.6 Le nitrure de gallium

CSPII-23-104

Avec préparation 30 minutes

Le sujet comportait un document dans lequel il y avait (entre autres) les informations suivantes :

- $M(\text{N}) = 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{Ga}) = 70 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Rayon d'un ion gallium : $r(\text{Ga}^{3+}) = 76 \text{ pm}$ (je ne suis plus sûr de cette valeur)
- Le nitrure de gallium a une structure cristalline de paramètre de maille $a = 450 \text{ pm}$. Dans cette structure, les ions N^{3-} forment une structure cubique à faces centrées dont la moitié des sites tétraédriques est occupée par des ions Ga^{3+} . On suppose que les cations et les anions les plus proches dans cette structure sont tangents.
- Le nitrure de gallium est un semi-conducteur possédant un gap de $3,4 \text{ eV}$
- Le nitrure de gallium est utilisé dans les disques Blu-ray, et également dans des diodes laser de longueur d'onde 405 nm .
- Il y avait un schéma des dimensions d'un disque que je n'ai pas retrouvé. Si on veut un ordre de grandeur, on peut prendre 12 cm pour le diamètre extérieur du disque et 4 cm pour le diamètre intérieur.
- Il y avait le schéma suivant, donnant les dimensions des sillons sur un disque :



Questions :

1. En justifiant, donner les formules de Lewis de N_2 , NH_3 , NO_2^+ , NO_2^- ,
2.
 - a) Calculer la masse volumique du nitrure de gallium GaN
 - b) Calculer la compacité d'une maille de nitrure de gallium
 - c) Expliquer quantitativement pourquoi le nitrure de gallium absorbe les UV.
3. Quelle est la durée maximale d'une vidéo (ayant un débit de $2,5 \text{ Mbit/s}$) qui peut être stockée sur un disque Blu-ray?

Déroulement et indications

1. Pendant la préparation, j'ai eu le temps d'aller jusqu'à la question 2.b). Pour la question 2.a), il fallait commencer par compter le nombre d'ions N^{3-} et Ga^{3+} dans une maille. Pour la question 2.b), il fallait exploiter les relations géométriques dans les sites tétraédriques pour obtenir une relation entre $r(Ga^{3+})$, $r(N^{3-})$, et a . Je ne mène pas le calcul jusqu'au bout, notamment parce que je ne me souviens plus de l'angle au centre d'un tétraèdre régulier ($109,5^\circ$).
2. Pour la question 2.c), je ne vois d'abord pas par où commencer. Je demande alors bêtement si l'on a besoin de la valeur de la compacité. L'examinatrice me répond que si c'était le cas, elle ne m'aurait peut-être pas laissé sauter la question sans mener le calcul jusqu'au bout. Je me ressaisis et je dis que le gap correspond à l'énergie des photons absorbés par le nitrure de gallium. Je calcule alors la longueur d'onde absorbée (environ 360 nm, donc bien dans les UV).
3. Je n'ai pas le temps de faire le calcul complet pour la dernière question, j'explique seulement la démarche : un sillon du disque (court ou long) correspond à 1 bit de données. En déterminant le nombre de sillons sur le disque, on détermine donc sa capacité et la durée maximale d'une vidéo.

L'examinatrice est agréable et prend la parole à plusieurs reprises. L'exercice en lui-même consistait en grande partie à comprendre le document, ce qui n'est pas forcément évident (en particulier, il me semble qu'il n'y avait pas de légende expliquant le schéma donné) et à extraire du document les informations utiles pour chaque question (il y avait aussi des informations inutiles, par exemple que le GaN est utilisé dans des diodes de longueur d'onde 405 nm).

CSPII.7 Récupération de l'énergie de la marche

CSPII-23-105

Avec préparation 30 minutes

J'en donne une version très simplifiée, il y avait un blabla au début et un document annexe recto-verso

La marche d'un piéton de masse m à vitesse constante entraîne des oscillations verticales de sa hanche, dont l'énergie est récupérable.

1. **a)** Qu'est ce qu'une résonance ? Donner des exemples dans différents domaines de la physique.
b) Y a t il des inconvénients à ce phénomène ?
c) Dans l'annexe, une courbe du mouvement vertical de la hanche en fonction du temps était donnée (sinusoïde), il fallait trouver les différents paramètres.
2. L'annexe présente le dispositif de récupération de l'énergie : un masse ressort avec deux amortisseurs de coeff différents, dont l'un représente une puissance récupérable sous forme électrique.
a) Équation du mouvement de la masse.
b) En déduire $z(t)$ en régime forcé (utiliser notations complexes). On introduira $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ et on précisera son sens physique.
c) Déterminer la puissance moyenne récupérable au sein du dispositif en fonction de ω .
d) On admet que cette puissance est maximale pour $\omega = \omega_0$. En déduire P_{\max} en fonction de Z_{\max} amplitude du mouvement de la masse (l'expression à trouver était donnée).
3. On donne des valeurs, effectuer l'application numérique.
 + 3 questions non traitées, il y avait au verso de l'annexe le fonctionnement d'un transducteur.

Déroulement et indications

1. Il n'est pas satisfait par ma première définition de la résonance et je lui propose de faire un schéma, il apprécie plus. Je lui donne des systèmes abstraits en exemple, il m'en demande un plus concret, je propose l'effet de la marche sur un pont, ça répond en plus à I.2. La I.3 c'est juste une lecture graphique.
2. La partie II est classique, pendant la préparation j'avais mal lu que la puissance récupérable c'était celle d'un des 2 amortisseurs, j'ai perdu un peu de temps mais pas trop j'ai pu trouver ce qui était demandé par l'énoncé. À l'oral l'examineur me précise qu'on suppose le rendement égal à 1.

*L'examineur n'est pas très communicant mais pas désagréable (il avait l'air un peu plus désagréable avec la candidate précédente qui a eu de la thermo, lui demandant des définitions de cours). Je fais l'erreur de dire JE CROIS que puissance = force * vitesse, il me demande si j'attends une approbation, je lui dis que je suis sûr, je n'avais pas énormément d'assurance du fait que j'avais bloqué un peu sur la question pendant la préparation (je l'ai bien faite sur le tableau, j'ai même réussi à éviter une erreur de signe que j'avais fait pendant la préparation).*

Je ne sais pas si l'examineur a remarqué que j'avais oublié un quart de question sans faire exprès bien sûr.

Mon oral est correct, je ne pense pas que j'aurais pu aller beaucoup plus vite sans faire des erreurs de précipitation.

CSPII.8 Nickel de Raney

CSPII-23-106

Avec préparation 30 minutes

Texte explicatif sur le Nickel de Ranay sans grand intérêt pour la suite.

1. Partie I : Cristallographie

- a) Dessiner une maille de Nickel CFC de paramètre $a = 551 \text{ pm}$
- b) Définir les termes population, coordinence, compacité, densité et masse volumique. Les calculer pour la maille précédente.
- c) Déterminer le rayon des atomes de Nickel
- d) On donne le rayon de l'Aluminium : $r = 143 \text{ pm}$. On définit les alliages de substitution et d'insertion respectivement lorsque l'on remplace les atomes de Ni par des Al et lorsqu'on insère des Al dans les sites tétraédriques de la maille. Déterminer lequel des deux alliages est possible.

2. Partie II : Diagramme E-pH

On donne la superposition des diagrammes de l'eau du Nickel et de l'Aluminium; seuls sont tracées les frontières.

- a) Compléter le diagramme de l'eau et donnez les demi-équations rédox.
- b) Expliquer pourquoi $\text{Al}(\text{OH})_3$ est amphotère. Déterminer la valeur de pH à la précipitation.
- c) Compléter le diagramme de Al avec les espèces : Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ et Al.
- d) Compléter le diagramme de Ni avec les espèces : Ni^{2+} , $\text{Ni}(\text{OH})_2$, NiO_2 , Ni, Ni_2O_3 . On précisera les nombres d'oxydation.
- e) Que se passe-t-il si on acidifie Ni_2O_3 ?

3. Partie III : Thermochimie

On donne une réaction sur le Nickel ainsi que les $\Delta_r H^\circ$ et S_m° des réactifs et produits.

- a) Que se passe-t-il si on élève la température à pression constante ?
- b) On ajoute un constituant, que se passe-t-il ?

Données

- Valeurs des masses molaires utiles, celle de \mathcal{F} , le pK_s pour l'Aluminium, ainsi que le nombre d'Avogadro.

Déroulement et indications

L'oral s'est plutôt bien passé même si le sujet était vraiment long en 30min. Pour la compacité je donne la formule avec les rayon et j'avais oublié pendant la préparation la méthode pour retrouver le 74% usuel mais lors de l'oral l'examinateur me demande que dire des rayons et je me rappelle qu'il suffit de regarder la tangence des atomes de la maille (la diagonale ou l'arête selon laquelle il y a contact). Une erreur de calcul m'empêche de trouver le célèbre $C = 74\%$. Je me corrige. Quant à la dernière question de cristallographie je pense rapidement à regarder s'il y a la place pour une insertion en considérant les rayons.

Pour la partie II, tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes jusqu'à la dernière question où j'explique vaguement ce qu'il se passe mais en oubliant de mentionner le mot dismutation attendu : l'oral s'arrête là car l'examinateur avait faim (et moi aussi).

Je suis un peu déçu pour la thermochimie non abordée car j'avais vu en préparation que je connaissais les réponses aux questions. Mais bon, manger est plus important que la chimie.

L'examinateur était peu bavard mais il m'aidait de temps en temps.

CSPII.9 Star Wars

CSPII-23-107

Avec préparation 30 minutes

1. On considère un Sith (*oui, un Sith dans Star Wars...*) qui peut accueillir une charge $-Ze$ tout en électrisant un objet de charge $+Ze$ qui s'approche. Trouver le Z , exprimer le résultat en mol sachant que l'objet chargé est initialement immobile et s'approche avec une vitesse v' donnée à $r' = 0.5m$ du Sith, initialement il est à $r = 3m$ du Sith avec une vitesse initiale nulle. Le Sith reste immobile.
2. Donner un ODG du nombre d'atomes d'un Sith. Commentaire?
On modélise l'éclair du Sith par une diode à vide : on prend le vide comme isolant diélectrique, deux plaques (une anode et une cathode) séparées d'une distance h , un courant I constant traverse le condensateur plan ainsi formé. Le champ électrique en $z = 0$ est nul.
3. Établir la vitesse $v(z)$ des électrons en fonction du potentiel $V(z)$
4. Calculer $\rho(z)$ la densité volumique de charges en fonction de $V(z)$.
5. Établir l'équation différentielle vérifiée par $V(z)$. On posera k tel que $\frac{d^2V}{dz^2} = \frac{-k}{\sqrt{V}}$
6. En déduire l'expression de $V(z)$

Données

- masse d'un Sith
- $\varepsilon_0, e, \mu_0, N_a...$ Bref les constantes fondamentales nécessaires au problème étaient toutes données

Déroulement et indications (Élève α)

1. RAS, théorème de l'énergie mécanique
2. RAS, j'écris $n = \frac{m_{Sith}}{M} = \frac{\text{nb d'atomes du Sith}}{N_a}$, il me dit qu'on va prendre $M=10\text{g/mol}$.
3. C'est un exercice "classique"... Cf le cours d'électromagnétisme 1 de Mr Kious pour un corrigé détaillé, sinon il doit aussi se trouver dans le Dunod. Je prends le temps de faire un schéma clair, au début l'examineur n'était pas trop d'accord avec mes CI (je n'avais pas fait attention à la condition que le champ électrique était nul en $z=0$, j'en tiens compte après sa remarque). Pour cette question un théorème de l'énergie mécanique fait encore l'affaire.
4. J'utilise $j(z) = \rho(z)v(z) = \frac{I}{S}$, il acquiesce. Attention aux erreurs de signes possibles ici (je crois que dans l'énoncé il était clair que le I était >0)
5. J'utilise l'équation de Poisson de l'électrostatique pour obtenir l'équa diff.
6. Au début je pense à une séparation des variables, mais on ne peut pas directement en faire une, à cause du $\frac{d^2V}{dz^2}$. Je pense à tout multiplier par $\frac{dV}{dz}$ quasiment en même temps qu'il me le propose... Donc je le fais, puis on intègre, puis on peut faire une séparation des variables après avoir tout passé à la racine.
 - Au tout début du sujet il est précisé que notre capacité de présentation orale de l'exo est évaluée.
 - Il y avait d'autres questions que je n'ai pas eu le temps de traiter, j'imagine que c'était la caractéristique $I = \frac{3}{\text{cste}} U^2$.
 - L'examineur n'était pas très agréable.
 - L'épreuve s'appelle "Physique-chimie info" mais je n'ai pas du tout eu d'info. Par contre l'examineur me dit que si je veux je peux utiliser l'ordinateur pendant ma préparation.
 - Un conseil, si vous tombez sur un exo déjà vu, ne vous précipitez pas et restez très professionnels :).

CSPII-23-107

Déroulement et indications (Élève β)

1. RAS, théorème de l'énergie mécanique
2. RAS, j'écris $n = \frac{m_{Sith}}{M} = \frac{\text{nb d'atomes du Sith}}{N_a}$, il me dit qu'on va prendre $M=10\text{g/mol}$.
3. C'est un exercice "classique"... Cf le cours d'électromagnétisme 1 de Mr Kious pour un corrigé détaillé, sinon il doit aussi se trouver dans le Dunod. Je prends le temps de faire un schéma clair, au début l'examineur n'était pas trop d'accord avec mes CI (je n'avais pas fait attention à la condition que le champ électrique était nul en $z=0$, j'en tiens compte après sa remarque). Pour cette question un théorème de l'énergie mécanique fait encore l'affaire.
4. J'utilise $j(z) = \rho(z)v(z) = \frac{I}{S}$, il acquiesce. Attention aux erreurs de signes possibles ici (je crois que dans l'énoncé il était clair que le I était >0)
5. J'utilise l'équation de Poisson de l'électrostatique pour obtenir l'équa diff.

6. Au début je pense à une séparation des variables, mais on ne peut pas directement en faire une, à cause du $\frac{d^2V}{dz^2}$. Je pense à tout multiplier par $\frac{dV}{dz}$ quasiment en même temps qu'il me le propose... Donc je le fais, puis on intègre, puis on peut faire une séparation des variables après avoir tout passé à la racine.

- Au tout début du sujet il est précisé que notre capacité de présentation orale de l'exo est évaluée.
- Il y avait d'autres questions que je n'ai pas eu le temps de traiter, j'imagine que c'était la caractéristique $I = \text{cste } U^{\frac{3}{2}}$.
- L'examineur n'était pas très agréable.
- L'épreuve s'appelle "Physique-chimie info" mais je n'ai pas du tout eu d'info. Par contre l'examineur me dit que si je veux je peux utiliser l'ordinateur pendant ma préparation.
- Un conseil, si vous tombez sur un exo déjà vu, ne vous précipitez pas et restez très professionnels :).

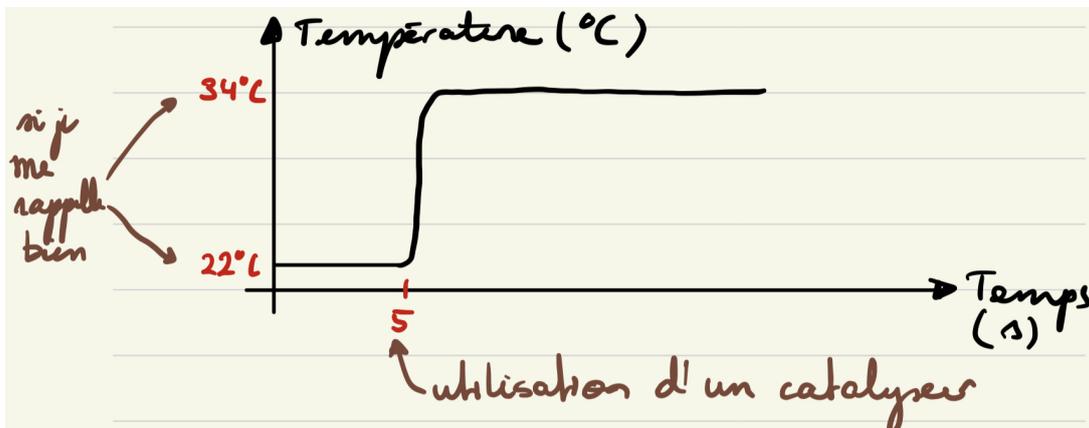
CSPII.10 Eau oxygénée

CSPII-23-108

Avec préparation 30 minutes

Documents présents : énoncé avec les questions, annexe avec 2 protocoles expérimentaux (avec les résultats de l'expérience), code Python qu'il suffisait de lancer.

Figure affichée après le lancement du code :



Contexte : une solution commerciale d'eau oxygénée de 110 volumes.

PARTIE 1 :

1. Donner la formule de Lewis de l'eau oxygénée.
2. On appelle S_0 et S_1 les solutions obtenues après avoir dilué respectivement 10 et 100 fois la solution commerciale.
3. Montrer que l'eau oxygénée est instable dans l'eau (les potentiels de H_2O_2/H_2O et de O_2/H_2O_2 étant fournis).

PARTIE 2 :

4. Déterminer l'enthalpie de formation de l'eau oxygénée (données : description de l'expérience, $c_{calo} = c$ avec c la capacité thermique massique de toute la solution, températures initiale et finale, courbe Python).

5. Estimer les incertitudes (attention je ne me rappelle pas de quoi exactement) (quelques incertitudes annexes ont été fournies dans les données).

PARTIE 3 :

6. Titration avec du permanganate de potassium. on donne V_{eq} et le volume de S_1 titré. Comment reconnaît-on l'équivalence ? Déterminer la concentration de la solution initiale.

7. Estimer les incertitudes. (attention une fois de plus je ne me rappelle pas de quoi exactement)

Déroulement et indications

PARTIE 1 :

1. RAS
2. Utiliser : $H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$; le fait que 1 L de H_2O_2 libère 110 L de dioxygène ; l'équation du gaz parfait en assimilant le dioxygène au gaz parfait.
3. Après avoir répondu à la question, l'examineur m'a demandé pourquoi vend-on l'eau oxygénée dans l'état liquide dans une bouteille, alors qu'il est instable ? J'ai dit que cinétiquement la réaction n'était pas favorable et que la dismutation se faisait relativement lentement (j'ai aussi parlé du fait que la lumière solaire était un facteur cinétique, et qu'il fallait p.e. conserver les bouteilles d'eau oxygénée dans des endroits sombres.

PARTIE 2 :

1. J'ai un peu bugué sur cette question, mais l'examineur m'aidait et m'incitait à mieux exploiter la courbe Python. Remarque : il fallait utiliser la conservation d'énergie interne et exploiter des différents systèmes.
2. Des différentes incertitudes ont été données en annexe, donc ça se calcule.

Je connaissais les réponses pour la question 1 de la partie 3, mais suite au manque de temps je n'ai pas pu l'exploiter jusqu'au bout avec l'examineur, ce que je trouve vraiment dommage. Donc mon conseil, tout en étant concentré et "professionnel", essayer d'être relativement rapide ; et si la question qui suit est une question dont tu connais la réponse, qu'elle commence une nouvelle partie et que l'épreuve est quasiment finie (cf dans une min), expliquer rapidement comment t'aurais pu procéder pour répondre à cette question.

CSPII.11 Puits quantique - Courant dans un fil

CSP11-23-201

On considère un puits infini à une dimension de largeur a . On cherche une solution de la forme $\Psi_n(x) = C_n f_n(x) g_n(t)$.

1. Calculer $f_n(x)$. Déterminer les énergies accessibles.
2. Calculer $g_n(t)$.
3. Calculer la valeur moyenne de x . Dépendance avec n ?
4. Calculer l'écart type.

On considère un fil de cuivre de section carré de côté a , puits à deux dimensions. Les électrons parcourent ce fil. On cherche une solution sous la forme

$$\Psi(x, y, z, t) = f(x) g(y) e^{-i(\omega t + kz)}$$

5. Le courant i est-il permanent ou continu ? Quel est son sens ?
6. Donner les équations vérifiées par f et g . Donner la relation de dispersion.
7. Préciser les unités de Ψ et \vec{J} .

CSPII.12 Vaporisation de l'eau

CSPII-23-202

Équilibre liquide vapeur de l'eau :

$$\log \frac{P}{P_0} = a - \frac{b}{T - T_1}$$

avec $a = 5,402$, $b = 1839$, $T_1 = 31,7$, $P_0 = 1$ bar.

1. On étudie une bouilloire de 1,7 L contenant 1 L d'eau. On fait chauffer jusqu'à ce que tout l'air soit sorti. Il reste 0,9 L d'eau. Combien de vapeur est sortie ?
2. On donne pour l'équilibre glace / vapeur $P(T = 0 \text{ } ^\circ\text{C})$, $P(T = -5 \text{ } ^\circ\text{C})$ et $P(T = -10 \text{ } ^\circ\text{C})$. En déduire le point triple de l'eau.
3. Avec une résistance R , sous tension U_0 constante, il faut quarante minutes pour vaporiser un gel qui contient 98% d'eau. En déduire l'enthalpie de sublimation de l'eau.
4. On place du pinène liquide dans une enceinte fermée de volume V . Comment déterminer si le liquide se vaporise complètement ?

CSPII.13 Déviation vers l'Est

CSPII-23-203

1. Rappeler la définition d'un référentiel galiléen. Définir précisément les référentiels terrestres, géocentriques et de Copernic. Dans quels cas sont-ils galiléens ? Qu'est-ce qu'une force d'inertie ? Donner ses différentes expressions et interprétations possibles.
2. *Une question dont je ne me souviens pas trop, où il fallait tracer pleins de référentiels avec pleins de coordonnées, une perte de temps.*
3. Montrer que pour un objet se déplaçant sur le sol terrestre, une des forces d'entraînement est négligeable devant l'autre.
4. Qu'appelle-t-on déviation vers l'est ? Le montrer pour un objet d'altitude nulle dans l'hémisphère Nord. Que se passe-t-il dans l'hémisphère sud ?
5. On soumet l'objet à une force supplémentaire résultant des forces de pression. Écrire l'équation de l'équilibre hydrostatique.
6. *Deux autres questions dont je ne me souviens pas.*

Déroulement et indications Je déroule le cours. J'ai oublié de mettre le — pour les forces d'inertie, je me suis fait allumer et il m'a posé PLEINS de questions pour me piéger, alors qu'il prétendait « qu'il n'était pas là pour me piéger, mais pour m'aider ». Vous comprenez maintenant la longueur de cette première question...

Avec un bon ordre de grandeur de ωT , on montre que la force d'entraînement est négligeable devant celle de Coriolis, à condition de bien exprimer ces forces dans le référentiel terrestre. Il a l'air content que je connaisse sa valeur. En revanche, il me dit d'effacer tous mes schémas dès que le nom de mes axes ne coïncide pas avec les siens (en particulier, il était impératif que je mette le z en haut, x vers nous et y vers la droite...). J'ai pas mal ramé au niveau des projections pour les forces, il a dû voir que j'étais un peu rouillé là-dessus.

Il était satisfait de l'interprétation et de la preuve de la déviation (raisonner en fonction du signe de $\sin(\lambda)$ et $\cos(\lambda)$), mais était exaspéré en voyant que je m'emmêlais encore entre ses axes et les miens.

Pour la fin, il ne me reste que très peu de temps, je ne suis pas allé plus loin que l'équilibre hydrostatique. Examineur un peu trop bavard, qui ne laisse pas le temps de réfléchir, qui refuse tout ce qui n'est pas exactement comme sur son dessin à lui. Il était malgré tout assez gentil, mais ce n'est pas une raison pour baisser sa garde car ses questions pièges révèlent une certaine sournoiserie. Je suis assez déçu de l'oral, j'ai l'impression d'avoir passé plus de temps à corriger mes projections qu'à faire de la physique. Et c'est fou comme trente minutes ça passe vite!

CSP11.14 Saut en parachute

CSP11-23-204

On s'intéresse à un saut en parachute en très haute altitude ($z_0 = 31$ km).

1. La combinaison du sauteur est pressurisée à 0,6 bar. Expliquer la nécessité de cette précaution.

On modélise la force de frottement fluide de la forme : $\vec{f} = -\alpha \vec{v}$

2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la vitesse \vec{v} .
3. Expliciter une constante de temps τ et une vitesse limite v_{lim} .
4. Donner l'expression de v .
5. Ce modèle convient-il? (Un document annexe nous explique que la chute a duré quatre minutes, mais que la vitesse de pointe a été atteinte la première minute).

On modélise cette fois les frottements par : $\vec{f} = -\frac{1}{2}C_x \rho_{\text{air}} K v \vec{v}$, où le C_x , qui dépend de la forme de l'objet et K sont des constantes.

6. Rappeler l'expression de $\rho_{\text{air}}(z)$ dans le cas de l'atmosphère isotherme en équilibre à $T = 0^\circ\text{C}$.
7. Donner le système d'équations différentielles vérifiées par v et z .
8. Une question de modification de code sur Python.
9. D'autres questions non traitées.

L'examinatrice ne parlait presque pas. Elle signifiait juste si elle ne comprenait pas mon raisonnement. Dans l'ensemble, l'oral s'est plutôt bien passé.

CSP11.15 Sur l'histoire de l'atome

CSP11-23-205

Modèle de Thomson

Le noyau est assimilé à une sphère de charge volumique homogène $\rho > 0$ et de rayon a , de charge totale Ze , dans laquelle les Z électrons ponctuels se déplacent. On peut se limiter au cas de l'hydrogène.

1. Déterminer la densité volumique ρ .
2. Étudier les symétries et invariances pour déterminer le champ électrique \vec{E} .
3. Déterminer le potentiel, pris nul à l'infini.
4. Déterminer l'énergie potentielle, la tracer. On donne l'énergie d'ionisation, en déduire a et commenter.

Modèle de Rutherford

Le noyau est assimilé à une petite sphère chargée positivement et contenant la majorité de la masse de l'atome, séparée par du vide des électrons en orbite circulaire autour. On se limite toujours à l'hydrogène.

1. Inventaire des forces. En déduire l'énergie potentielle d'interaction.
2. Montrer que le mouvement est plan.
3. En déduire l'expression de la vitesse.
4. Énergie totale contenue.

Modèle de Bohr

En complément du modèle précédent, on suppose que les électrons sont en orbites sur des rayons particuliers (rayons de Bohr).

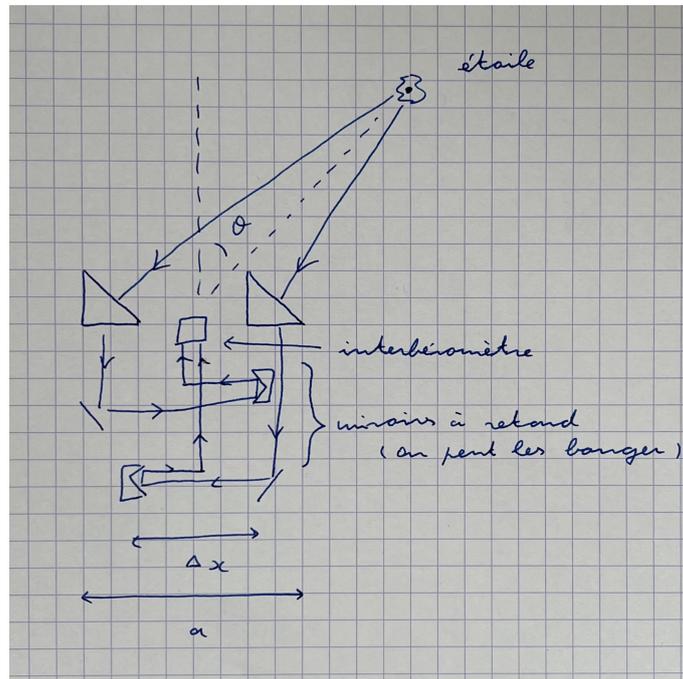
1. Une question Python.
2. ?.
3. ?.

Examineur très sympathique, il parlait juste quand il le fallait. J'ai eu des problèmes d'ordre de grandeur et il m'a dit de passer plutôt que de perdre du temps dessus, ce qui était gentil. La présentation du sujet que j'ai faite était peut-être un peu longue, mais les rapports du jury semblent y attacher une grande importance.

CSPII.16 Télescope à interférométrie

CSPII-23-401

Avec préparation 30 minutes



Il y avait un document qui présentait le dispositif étudié, un formulaire et un ordinateur avec un script Python à compléter.

Le dispositif étudié est un ensemble de télescopes qui captent la lumière d'une étoile distante et par un système de miroirs ramènent le faisceau à un interféromètre. Il y a un filtre à l'entrée qui ne laisse passer que les ondes $\lambda = 25\mu m \pm 5nm$ et on affirme que pour $\theta = 0, \Delta x = 0$ on a $\delta = 0$

1. Donnez la formule de Fresnel pour 2 sources d'intensité différente. Complétez le script Python fourni et affichez le graph de $I(\delta)$

2. Le source est maintenant étendue. Commentez la formule donnée en Python. Affichez le graph et déterminez la longueur de cohérence. Quelle est la relation entre $\delta\lambda$ et l_c ?
3. Expliquez l'intérêt de miroirs à retard en vue de la longueur de la cohérence. Faites une analogie avec l'interféromètre de Michelson.
4. Que voit-on sur l'écran ? Complétez la formule $\delta = f(\Delta x, a, \theta)$ et affichez le graph avec Python. Donnez la longueur de cohérence.
5. Quelle devrait être le diamètre d'un télescope pour pouvoir distinguer 2 phares d'un camion qui se situe sur la lune ?
6. Une dernière questions que je n'ai pas eu le temps pour lire. Il faudrait sans doute conclure sur l'avantage du système par rapport au télescope traditionnel.

Déroulement et indications

Je ne suis allé que jusqu'à la question 3 à l'oral.

1. Rien d'intéressant pour cette question de cours.

2. J'explique la formule de Python, c'est $\frac{1}{\Delta\lambda} \int_{\lambda - \frac{\Delta\lambda}{2}}^{\lambda + \frac{\Delta\lambda}{2}} I(\delta)$. Je dis que c'est une sorte de moyenne sur les

longueurs. Je décrit le dessin observé et je dis que ça ressemble aux battements (ce qu'on observe avec 2 sources de longueurs proches). Je ne sais pas trop comment déterminer l_c sur le dessin, donc je dis qu'on pourrait prendre quelques distances entre les annulations successives. Il me pose alors des questions sur le graphique, sur le contraste, la définition de longueur de cohérence, de durée d'émission et les relations entre toutes ces valeurs. Je lui récite le cours et il est assez content. Il me dit alors qu'on va prendre la longueur jusqu'à la première annulation comme la longueur de cohérence. Elle fait $80\mu m$. Je dis ensuite que je ne vois pas de relation entre $\Delta\lambda$ et l_c . Après un silence assez longue il me demande si j'ai modifié des paramètres en Python ? Je dis que non et je vais voir le script pour multiplier $\delta\lambda$ par 2. On comprend alors que les deux paramètres sont inversement proportionnels.

3. Je pose l'analogie avec Michelson qui est assez claire mais je ne comprend pas la question sur les miroirs à retard. On se lance alors dans une nouvelle discussion sur la relation entre Δf et $\Delta\lambda$ et après quelques calculs intermédiaires on obtient $l_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$ qui vaut $0.2mm$ et l'examineur est d'accord avec cet ordre de grandeurs. Il m'explique alors que d'après le dessin il y a quelques mètres entre les 2 télescopes et donc il faudrait compenser cette longueur pour arriver à $\delta = 0$. On discute ensuite de TP avec Michelson et de ce qu'on observe en lumière blanche. Je dis que dès que l'on sort du contact optique on n'observe plus d'interférences parce que les différentes longueurs d'onde se superposent. Il me dit que c'est la même chose ici et qu'il faut donc revenir à l'ordre 0 pour observer quelque-chose. L'oral se termine ici.

Vous avez le droit de revenir à l'ordinateur pour modifier des scripts python ou vérifier vos données au cours de l'oral donc profitez en.

Je suis très content de cet oral car j'ai eu une vrai discussion physique avec l'examineur et c'était assez passionnant.

CSPII.17 Etude de l'évolution de la concentration en éthanol dans le sang

CSPII-23-402

Avec préparation 30 minutes

1. On considère un verre de 250mL contenant une mole d'alcool, calculer le volume d'alcool présent dans le verre

2. On donne le tableau suivant qui donne la concentration en éthanol dans l'estomac en fonction du temps. Montrer que l'éthanol suit une loi d'ordre 1.

temps en min	0	1,6	3,0	5,2	18	22
concentration en $10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	4,0	3,0	2,5	0,16	0,2	0,1

3. Une fois dans l'estomac, l'éthanol passe dans le sang. On note V_{bu} : volume (L) d'alcool absorbé se retrouvant dans l'estomac et dans l'intestin; V_S : volume du sang et autres liquides de l'organisme. Cette absorption de l'éthanol suit une loi de vitesse constante v_1 . Donner l'expression de X la concentration d'éthanol dans l'estomac en fonction de C_0 la concentration d'éthanol dans le verre bu puis Y la concentration d'éthanol dans le sang en faisant attention à une possible dilution.
4. Calculer l'instant du pic d'alcoolémie dans le sang

Données

- Densité de l'éthanol : 0.78
- Masse molaire de l'éthanol : 46 g/mol

Déroulement et indications

1. Question sur le type d'alcool donné
2. Utilisation de l'ordinateur pour faire une droite et en trouver le coefficient
3. Tableau d'avancement et résolution des équations différentielles
4. Expression du temps mais je n'ai pas eu le temps de faire l'application numérique

Je pensais que comme à maths info on aurait un formulaire et des questions python explicites mais l'utilisation de python n'était pas explicite et je n'avais pas de formulaire à disposition. Il y avait des questions pour une autre partie sur l'oxydation de l'éthanol qui pourrait ressembler à ce qui est fait ici : <https://chimix.com/an6/sup/cinet.htm>

CSPII.18 Le citron c'est fantastique !

CSPII-23-404

Avec préparation 30 minutes

Les questions du sujet ressemblaient, tant par leur formulation que par leur contenu, à des questions du sujet de la Banque Agro-Véto - Concours B - ENSA 2011 - Chimie, dont j'ai repris les valeurs numériques, qui me semblent à peu près les mêmes que celles de mon sujet (je ne les ai plus en tête).

Il y avait un script PYTHON prérempli sur l'ordinateur pour vérifier les ordres trouvés à la question 2.

Le sujet comportait également un texte sur l'acide ascorbique qui disséminait des informations utiles. Je ne m'en souviens pas, je vais donner ici l'essentiel.

Acide ascorbique (ou vitamine C) noté H_2Asc . Le bleu de méthyle BM^+ est un indicateur coloré bleu, tandis qu BMH est incolore.

$$E^\circ(Asc/H_2Asc) = 0,62V \quad E^\circ(BM^+/BMH) = 0,13V$$

pK_A successifs de H_2Asc : 4.1, 6.4, 11.6.

Masse molaire de l'acide citrique $M = 192 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Etait donnée aussi la composition d'un citron à $pH = 2,0$, sans la peau.

1. Titration de l'acide ascorbique dans le citron. On écrase 20 g de citron dans un mortier (masse volumique égale à celle de l'eau). On ajoute 20 mL d'acide chlorhydrique. Après centrifugation, on extrait le filtrat surnageant et on verse les 20 mL de solution obtenue dans une fiole jaugée de 100 mL. On complète jusqu'au trait de jauge, on obtient ainsi la solution S. On en prélève 20 mL dans un bécher. On titre la solution du bécher avec du bleu de méthylène dans une burette à la concentration $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On titre jusqu'à persistance de la teinte bleutée.

 - a) Réaction de titrage ? Calculer sa constante thermodynamique. Qu'en serait-il en milieu basique ?
 - b) Définir le point équivalent. On trouve un volume équivalent de 11,3 mL. Calculer la concentration massique de l'acide ascorbique dans le citron.
 - c) On titre de même le jus d'un citron resté plusieurs heures à l'air libre. On trouve une concentration d'acide ascorbique bien inférieure à ce qui précède. Quelle est la réaction à l'origine de ce changement ? Justifier.
2. Cinétique de la réaction avec le bleu de méthylène. Cette réaction admet un ordre de vitesse tel que la vitesse de la réaction s'écrit $k_H [\text{H}_2\text{Asc}]^\alpha [\text{BM}^+]^\beta$. On mesure l'absorbance d'une solution qui contient BM^+ et H_2Asc en milieu acide, tel que $[\text{HCl}]_0 = 2,7 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $[\text{H}_2\text{Asc}] \approx 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[\text{BM}^+] = 1,7 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Les mesures sont effectuées aux instants $t = 3 \text{ s}$, 5 s , 15 s et 40 s , on obtient respectivement $A = 1.415$, 1.256 , 0.681 et 0.144 . On mesure ensuite les temps de demi-réaction dans une solution où $[\text{BM}^+]_0 = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[\text{HCl}] = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On obtient pour $[\text{H}_2\text{Asc}]_0 = 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $6,7 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $1,67 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $3,3 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, les temps de demi-réaction respectifs $t_{\frac{1}{2}} = 7,58 \times 10^{-3} \text{ s}$, $1,5 \times 10^{-2} \text{ s}$, $3,65 \times 10^{-2} \text{ s}$ et $7,13 \times 10^{-2} \text{ s}$. Déterminer les ordres α et β .
3. Il y avait une dernière question que je n'ai pas abordée, je ne m'en souviens plus.

Déroulement et indications

1. L'examineur me guide pour reformuler l'équation de titrage dans le cas d'un milieu basique, pour passer du point de vue oxydoréduction au point de vue acide base.
2. J'interprète mal l'énoncé lorsqu'il est écrit « masse volumique égale à celle de l'eau » lors du calcul de la concentration massique de l'acide ascorbique du citron, de plus il fallait utiliser la masse molaire de l'acide citrique, qui n'a me semble-t-il rien à voir avec l'acide ascorbique, pour passer de la concentration molaire à la concentration massique, ce qui m'égarait un peu à ce moment. L'examineur me confirme que c'est bien ça qu'il faut faire. Soit.

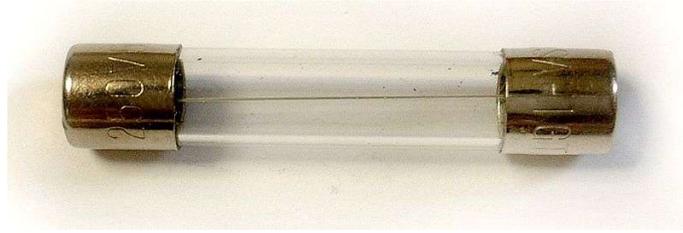
L'oral s'est bien déroulé, examineur dynamique et coopératif. La formulation du sujet était - je trouve - mal fichue par endroits (utiliser la masse molaire de l'acide citrique pour calculer la concentration massique d'acide ascorbique...).

CSPII.19 Etude de fusibles

CSPII-23-405

Avec préparation 30 minutes

Les fusibles sont utilisés pour protéger certains appareils et circuits électriques contre les surintensités, ils ont une température de fusion spécifique. Dans cet exercice on considère le fil à l'intérieur du fusible en étain.



1. Justifier le fonctionnement des fusibles à partir de la description et des images disponibles et vos connaissances.
2. On modélise un fusible par un fil de longueur L parcouru par une intensité I de section circulaire de rayon $a \ll L$, caractérisé par une conductivité σ et une conductivité thermique λ . Justifier que dans ce modèle la température ne dépend que de r .
3. Faire un bilan sur le bon système considéré et donner l'équation qui décrit les échanges thermiques et ensuite donner l'expression du vecteur responsable du flux d'énergie thermique, et donner l'expression de la température dans le fil.
4. Sachant que la température de fusion pour ce fusible est 500 K, donner le rayon qui va permettre de caractériser un fusible par cette température. (On fournit également la valeur de la conductivité et conductivité thermique et longueur L)
5. Application numérique du rayon a .
6. Question par rapport à un multimètre et son branchement.

Déroulement et indications

1. Par des considérations de symétries géométriques la températures ne dépend que de r , on fait classiquement un bilan entre r et $r + dr$ pour obtenir l'équation voulue.
2. la température maximale se trouve en $r = 0$, en calculant on trouve l'ordre de grandeur du rayon du fil $10^{-6}m$, il est plus petit que ce qu'on observe sur la figure, ceci est du au fait que les hypothèses simplifiait trop le modèle, et j'ai discuté avec l'examineur de comment affaiblir les hypothèses et ajouter d'autres facteurs pour s'approcher du modèle réel.

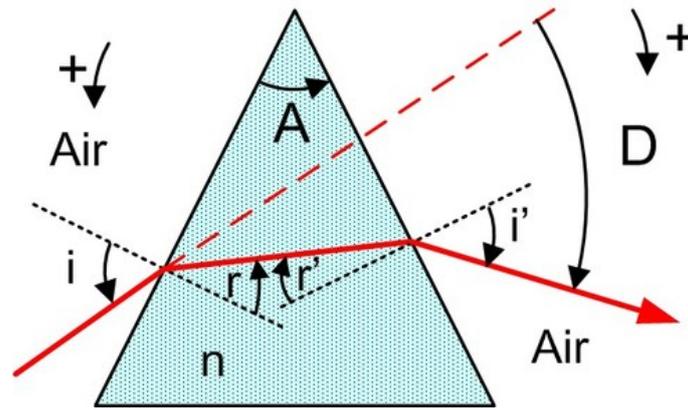
L'examineur interagissait vite et était actif.

CSPII.20 Prisme

CSPII-23-501

Avec préparation 30 minutes

On a un prisme d'angle au sommet $A = 60^\circ$ et d'indice optique $n = 1,50$. Il est dans l'air d'indice optique $n_{air} = 1$.



1. Énoncer les lois de la réfraction de Snell-Descartes. Relation entre i , r et n et entre i' , r' et n .
2. Montrer que l'angle de déviation vaut $D = i + i' - A$.
3. Montrer qu'il existe un rayon émergent ssi

$$A < 2 \arcsin(1/n) \quad \text{et} \quad i_0 < i < \pi/2$$

et déterminer i_0 .

4. Donner l'expression de $D(i)$ en fonction de i et A et tracer cette fonction (avec Python)
5. En admettant qu'il existe un minimum de déviation, D_m que peut-on dire de i et i' en ce point? En déduire que

$$n = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin(A/2)}$$

6. On a une liste de valeur de n à des λ donnés. Déterminer (avec Python) la formule de Cauchy

$$n(\lambda) = a + b/\lambda^2$$

7. Des questions non traitées avec $dD/d\lambda$

CSPII.21 Oxydes d'azote

CSPII-23-502

Avec préparation 30 minutes

Une seringue contient un mélange de NO_2 et N_2O_4 . On appuie sur le piston et on constate que le mélange s'obscurcit brièvement pour ensuite s'éclaircir durablement. On remarque par ailleurs que si l'on plonge la seringue dans de la glace, le mélange s'éclaircit.

1. Écrire l'équation de dismutation de N_2O_4 en NO_2 .
2. Laquelle des deux espèces est colorée?
3. En déduire le signe de $\Delta_r H^\circ$.
4. Peut-on en déduire le signe de $\Delta_r S^\circ$?
5. Définir un taux de dissociation τ . Le relier à K° et à sa densité relative à l'air.

6. Compléter le code Python pour obtenir K° en fonction de T .
7. En déduire les valeurs numériques de $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$.
8. Deux autres questions d'électrochimie que je n'ai pas traitées.

Déroulement et indications

1. $\text{N}_2\text{O}_4 \longrightarrow 2 \text{NO}_2$
2. Avec la loi de Le Châtelier, on en déduit que du NO_2 est consommé pour produire du N_2O_4 . J'en avais déduit que N_2O_4 était coloré mais que nenni ! L'examinateur m'a fait comprendre que si le mélange est d'abord coloré, c'est parce que le NO_2 est plus concentré, et il s'éclaircit justement car NO_2 est consommé. Ainsi, l'espèce incolore est N_2O_4 .
3. On remarque avec la deuxième partie du petit paragraphe introductif que K° est une fonction croissante de la température. D'après la loi de Van't Hoff, $\Delta_r H^\circ > 0$
4. Lorsque la réaction se produit, on a plus de gaz qu'auparavant donc l'entropie est plus élevée, ainsi $\Delta_r S^\circ > 0$.
On a désormais une boîte contenant à l'instant initial seulement du N_2O_4 dont la température est fixée à $T = 25^\circ\text{C}$.
5. J'ai défini $\tau = \frac{\xi_{eq}}{n_0}$ où ξ_{eq} est l'avancement à l'équilibre et n_0 la quantité initiale de N_2O_4 .

On a par ailleurs $K^\circ = \frac{\left(\frac{P_{\text{NO}_2}}{P^\circ}\right)^2}{\left(\frac{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}{P^\circ}\right)}$. En exprimant les pressions partielles en fonction de ξ_{eq} , on obtient

une expression de τ en fonction de K° ($\tau = \sqrt{\frac{K^\circ}{4 + K^\circ}}$ si je me souviens bien, en tout cas c'est cohérent puisque plus K° est grand, plus τ est proche de 1).

Je n'ai pas réussi pendant la préparation à exprimer τ en fonction de la densité d du mélange (m'empêchant par ailleurs de toucher aux questions de Python). Pendant la partie au tableau, l'examinateur m'aide un peu au début puis je déroule tous les calculs qu'il faut : il faut exprimer la masse volumique du mélange en fonction de τ .

6. Le code à compléter reposait sur l'expression de τ en fonction de d , je n'ai donc pas pu traiter cette question.
7. Si la question précédente avait été traitée, on aurait eu la courbe de $\ln K^\circ$ en fonction de T . Avec la loi de Van't Hoff, on aurait une estimation de $\Delta_r H^\circ$. Ensuite, on exprime $\Delta_r G^\circ$ en fonction de K° et avec $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$, on en déduit $\Delta_r S^\circ$.

Examinateur sympathique quoique un peu froid. Je n'ai pas l'impression d'avoir raté cet oral, mais je n'ai pas l'impression de l'avoir absolument tué non plus. J'ai perdu pas mal de temps sur l'expression de τ en fonction de d , temps que j'aurais pu utiliser pour traiter les questions d'électrochimie qui me paraissaient assez faciles.

CSPII.22 Datation et chimie

CSPII-23-503

Avec préparation 30 minutes

L'exercice était séparé en trois sous exercices indépendants.

- Le linceul de Spartacus.

Spartacus était le chef des esclaves révoltés contre Rome en 73 av. J.-C. à Capoue en Italie. Il mourut en 71 av. J.-C. Un matin de novembre 1897, Leeds Lanner fût retrouvé assassiné à son domicile. Ce célèbre antiquaire avait récemment vendu le linceul de Spartacus à Tor Heidegger. L'enquête minutieuse de Sherlock Holmes conclut que Heidegger était le meurtrier. Le point clé de cette enquête résida dans le fait qu'un test chimique démontra la présence de protéines sanguines (principalement de l'hémoglobine) sur le linceul de Spartacus. (j'ai retrouvé l'énoncé sur internet) Déterminer le nombre de molécule d'hémoglobine en puissance de 2 sur le linceul.

- On étudie le suaire de Turin qui a apparemment enveloppé la tête de Jésus. On veut dater un échantillon avec du carbone 14. L'échantillon pèse 50mg. Son activité est de 5,1mBq.
 - 1) Déterminer le nombre de molécule de carbone dans l'échantillon.
 - 2) Déterminer l'âge de l'échantillon.
- On étudie la concentration en potassium sur des yeux des bovins morts pour déterminer la date de leurs décès. Une étude sur des centaines de bovins entre 18 °C et 20 °C a permis d'établir la relation : $t = aK - b$, où t est le temps après le décès, K la concentration en potassium et a et b des constantes qui étaient fournies dont j'ai oublié les valeurs.
 - 1) Déterminer l'ordre de la réaction d'apparition du potassium et la constante de vitesse associée
 - 2) On étudie l'oeil d'un bovin, la concentration est 4 fois supérieur à celle pour un bovin vivant moyen, quand est il mort ?
 - 3) Je ne l'ai pas faites mais ça parlait d'énergie d'activation et d'incertitude.

Données Il y avait une page entière de données et documents.

- Concentration d'hémoglobine dans le sang : 130 g/L soit environ 2^7 g/L
- La cinétique de dégradation complète de l'hémoglobine à l'air est d'ordre 1 et son temps de demi-réaction est d'environ 1 an.
- Masse molaire de l'hémoglobine : 66 kg/mol soit environ 2^{16} g/mol
- Constante d'Avogadro : environ 2^{79} mol⁻¹
- la durée de demi vie du carbone 14 est 5730 ans.
- Le lin est principalement composé d'un polymère de formule : C₆H₁₂O₅ (je suis plus sûre de la formule).
- Le document expliquait aussi ce qu'était les Bq, c'est le nombre de désintégration par seconde.
- la masse molaire du carbone, hydrogène, oxygène

Déroulement et indications

1. Pour la deuxième question, je ne trouvais pas la bonne application numérique. L'examineur ne semblait pas voir de problème avec ma formule littérale mais je ne suis pas sûre qu'il ait vraiment regardé attentivement. J'ai donc du chercher pendant environ 5/10 min sans succès. Au bout d'un moment l'examineur me dit de passer à la suite.
2. Pour la troisième question je ne savais pas ce qu'était l'énergie d'activation. L'examineur essayait de me faire rappeler une loi que je ne connaissais visiblement pas qui liait température et cinétique. Il a compris que je ne connaissais pas ce dont il me parlait mais comme c'était la fin on s'est arrêté là.

J'ai trouvé l'exercice vraiment bizarre, la contextualisation ne servait à rien mais faisait perdre beaucoup de temps au moment de lire les documents. L'examineur était plutôt gentil mais ne parlait pas beaucoup. Et il n'y avait pas du tout d'informatique.

CSPII.23 Double liaison de la molécule d'éthène

CSPII-23-504

Avec préparation 30 minutes

PARTIE 1

On a une courbe potentiel en $V(\alpha) = \frac{V_0}{2}(1 - \cos(2\alpha))$ en fonction de α , l'angle de rotation de CH_2 autour de l'axe $\text{C}=\text{C}$. On l'appelle liaison π .

1. Expliquer l'allure de la courbe

On s'intéresse à la réaction : $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_6$

On a les enthalpies libres des réactions de combustion des trois molécules (la définition de combustion est rappelée, c'est la réaction avec O_2 pour former H_2O et CO_2)

2. À partir des enthalpies libres et la loi de Hess déterminer l'enthalpie de réaction de cette réaction.

On a les énergies de dissociation des liaisons définies comme l'enthalpie de la réaction $\text{A}-\text{B}=\text{A} + \text{B}$.

On a celles de $\text{C}-\text{H}$ et celle de $\text{H}-\text{H}$:

énergie de dissociation de la liaison $\text{C}-\text{H}$: $D(\text{C}-\text{H}) = 405 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

énergie de dissociation de la liaison $\text{H}-\text{H}$: $D(\text{H}-\text{H}) = 432 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

3. Déterminer E_π , celle de la liaison π carbone-carbone. Commenter.

4. En déduire V_0 .

5. Est ce qu'à température ambiante les molécules sont capables de dépasser cette énergie ? Commenter sur la position angulaire.

PARTIE 2

6. Établir une équation différentielle sur α (on a I le moment d'inertie autour de l'axe z) en considérant que uniquement un des deux côtés de la molécule bouge.

7. Sous quelles conditions est-ce l'équation d'un oscillateur harmonique ? Dans ce cas là faire apparaître une pulsation ω (on ne considère plus que l'un des côtés est immobile, on admet que cela revient à remplacer I par $I/2$)

Une étude de mécanique quantique permet de montrer que l'énergie de la molécule est quantifiée par $E = E_0 + n\hbar\omega$ avec n un entier. On a le nombre d'onde $\sigma = 1/\lambda$ et $\sigma = 835 \text{ cm}^{-1}$

8. Déterminer I .

PARTIE 3

(Non traitée)

Données

- une page d'explication de ce qu'il se passait
- définition de l'enthalpie de combustion
- $k_B, \hbar, c, \mathcal{N}_A$

Déroulement et indications

1. Pour commencer, je ne savais plus comment justifier la forme du potentiel donc j'ai regardé les cas limites
2. j'ai passé beaucoup de temps sur la question (facile) sur l'enthalpie car j'avais fait une erreur quelque part et l'examinateur m'a juste dit que le résultat était faux.

3. il ne me restait plus beaucoup de temps et j'étais paniqué par la question où j'avais faux donc je suis passé vite sur l'équation de α , laquelle il m'a demandé de le faire d'une autre manière
4. il ne me restait plus de temps pour le reste donc j'ai vite fait une question facile à la fin

L'examineur n'était pas très sympa, il ne laissait paraître aucune émotion et ne donnait pas d'indication. Il est même sorti avant moi de la salle sans dire au revoir.

Il n'y avait pas d'informatique. La préparation de 30 minutes est très rapide donc il faut se dépêcher. L'oral s'est mal passé.

CSPII.24 Antenne radio

CSPII-23-505

Avec préparation 30 minutes

On considère une antenne pour détecter les avions (il y avait 2 pages inutiles de document sur ce sujet). On la modélise par un dipôle électrique produisant un champ de la forme $\vec{E} = E_r \vec{u}_r + E_\theta \vec{u}_\theta$. On se place en coordonnées sphériques. E_r et E_θ étaient à peu près de la forme (de toute façon les termes supplémentaires important peu) : $E_r = E_0 e^{j(\omega t - kr)} \left(\frac{1}{(kr)^2} - \frac{j}{(kr)^3} \right)$

$$E_\theta = E_0 e^{j(\omega t - kr)} \left(\frac{j}{kr} + \frac{1}{(kr)^2} + \frac{j}{(kr)^3} \right)$$

1. Justifier pourquoi on n'a pas de composantes selon u_ϕ , et dans la zone de rayonnement, simplifier E .
2. Calculer B (on a un formulaire)
3. Calculer $\langle \vec{\Pi} \rangle$ et le mettre sous la forme suivante : $\frac{cE_0^2}{2\mu_0\omega^2} f(r)g(\theta)$ (c'était à peu près ça, je me suis peut-être trompé dans la constante)
4. Pourquoi ne peut-on pas utiliser cette antenne pour détecter les avions ?
5. A quel phénomène est dû la dissipation du signal (ce n'était pas la formulation, l'énoncé exprimait le fait que le signal était inutilisable/ non reconnaissable après une certaine distance)
6. d'autres questions non traitées, à propos notamment de la puissance de rayonnement ; les questions demandaient des calculs puis une analyse physique

Données

- Pas vraiment de données qui m'ont servi, seules les formules des opérateurs en sphériques étaient utiles dans le formulaire (des résultats classiques/ de cours étaient également présents)

Déroulement et indications

1. J'ai simplifié en me plaçant dans la zone de rayonnement où $r \gg \lambda$ en gardant le premier terme de E_r et de E_θ . En réalité, il ne fallait garder que le terme de E_θ .
2. Du calcul long mais pas difficile, j'ai vérifié 2 fois mes calculs avant de finalement le présenter à l'examineur
3. $f(r) = \frac{1}{r^2}$ et $g(\theta) = \sin^2(\theta)$
4. Le terme en \sin^2 fait que le signal est très faible dans les zones d'intérêt (on a θ petit pour détecter un avion quand on pointe l'antenne vers le ciel)
5. La réponse attendue était le phénomène de dispersion

L'oral s'est globalement très mal passé, je répondais à côté de la plaque, et l'examineur était très froid et sec.

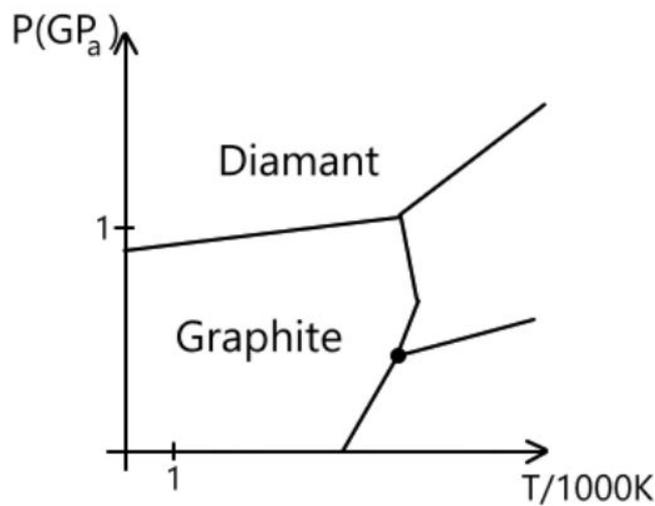
CSPII.25 Synthèse du diamant

CSPII-23-506

Avec préparation 30 minutes

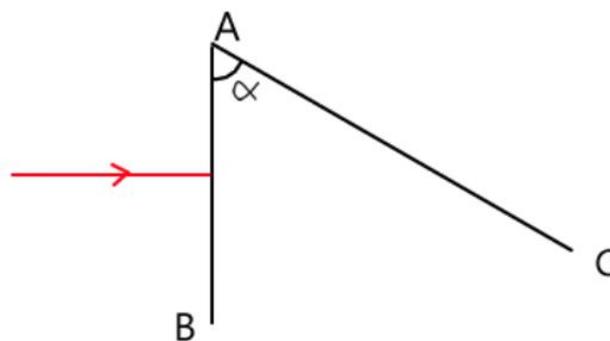
On s'intéresse ici à la synthèse du diamant.

1. Donner les électrons de valence du carbone ($Z = 6$).
2. On donne la masse volumique du diamant. Le diamant cristallise dans une maille CFC avec un site tétraédrique sur deux occupés. Retrouver le paramètre de maille a .
3. Une autre variété allotropique du carbone est le graphite, organisée en feuillets. Expliquer la différence de conductivité entre le graphite et le diamant.
4. Partie qui porte sur la lecture d'un texte (très long) sur la synthèse du diamant. On donne le diagramme P-T du carbone. Donner l'espèce la plus présente à température et pression ambiante. Expliquer la présence de diamant dans ces conditions.



Expliquer l'influence de la température sur la synthèse du diamant. (Question sur la loi de modération de Van't Hoff)

5. Non traitée
On envoie dans un premier un rayon en incidence normale avec la face AB. Donner des conditions sur l'angle α pour que le diamant brille le plus possible.



Même question pour une incidence de 30° . Quel diamant est le plus brillant ?

Données

- masse volumique du diamant $\rho = 3,5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Une annexe sur le diamant était fournie en plus des questions, avec une majorité d'informations inutiles.

Examineur plutôt sympathique qui me poussait à avancer vite dans l'exercice.

CSPII.26 Magnétron du micro-onde

CSPII-23-507

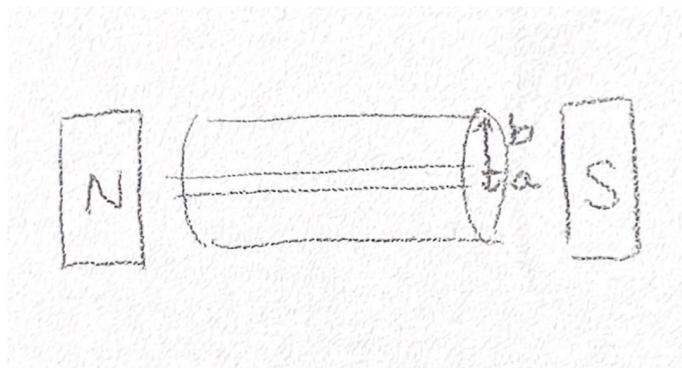
Avec préparation 30 minutes

On souhaite chauffer des courgettes au micro-onde (contexte bien inutile pour la suite). On s'intéresse au magnétron, une partie du micro-onde. Questions sur l'énoncé imprimé, donné pour la préparation :

1. Pourquoi dit-on (par abus) que le magnétron transforme l'électricité en onde électromagnétique ?
2. Expliquer, sans trop rentrer dans les détails, ce que fait le script python. Discuter de l'influence de la valeur de B .
3. À quoi sert le champ B ? Proposer une interprétation avec la base de Frenet.
4. Quelle est la trajectoire de l'électron ? Donner les projections du PFD en faisant intervenir $\frac{dV}{dr}$.
5. On s'intéresse à des trajectoires circulaires. Montrer que la vitesse angulaire est constante (on la notera ω) et montrer que le potentiel V peut se mettre sous la forme $V(r) = \frac{A}{2}(r^2 - a^2)$ où l'on exprimera A d'abord en fonction de a , V_0 et b puis en fonction des autres données (ω , e , B , m).
6. En se servant des conditions initiales, donner une forme intégrale de la trajectoire.
7. Peut-on avoir un mouvement circulaire ?
8. On admet que dans certaines conditions, les électrons ont un mouvement quasi-circulaire avec $\omega = \frac{eB}{2m}$ et l'expression de la norme du champ magnétique est alors $B = \sqrt{\frac{8mV_0}{eb^2}}$. Pour cela, il faut que le magnétron soit petit, par exemple on pose $b = 5 \text{ mm}$. Calculer B et V_0 .
9. Dans le script, aucune unité n'est donnée. Pourquoi ? Donner deux avantages à ce choix.

Données

- Une feuille présente rapidement le fonctionnement du magnétron :
Il est constitué d'un aimant créant un champ magnétique B axial uniforme et d'une anode (tige de rayon a) et d'une cathode (cylindre autour, rayon b) créant un champ électrique E radial.
Un petit schéma est fourni :



Chauffée, la cathode éjecte des électrons avec une énergie cinétique négligeable. Dans certaines conditions, les électrons peuvent avoir un mouvement quasi-circulaire à la fréquence $f = 2,45$ GHz. Ils créent dans ce cas une onde électromagnétique, qui sera guidée puis réfléchi à l'intérieur du micro-onde puis absorbée par les particules d'eau des aliments.

- On dispose d'un programme python qui résout avec `scipy` et trace la trajectoire d'un électron dans les champs B et E .
- Des formulaires dont je ne me suis pas servi.

Déroulement et indications

- Pour la question 1, il fallait juste expliquer ce que l'on a compris de la présentation du magnétron.
- Question 3, je ne m'attendais pas à voir Frenet mais j'ai juste écrit la dérivée du vecteur vitesse et dit que la force magnétique possède une composante selon le vecteur normal à la trajectoire.
- Je me suis arrêtée à la question 6 lors de la préparation. J'ai été troublée par la formulation de la question mais j'ai proposé d'intégrer le PFD (la projection sur u_θ), ce qu'il fallait bien faire. L'examinateur m'a demandé une autre manière de faire, j'ai répondu avec l'énergie mécanique et j'ai fait le calcul (il faut juste écrire la conservation).
- Question 7, on ne peut pas avoir de trajectoire circulaire à cause la vitesse initiale qui est nulle.
- Question 8, c'est juste une application numérique mais j'avais oublié qu'on disposait de la fréquence, donnée dans une des feuilles.
- On utilise des grandeurs adimensionnées. Dans le script, on lit $e = m = b = V_0 = 1$. Cela permet d'une part de faire apparaître des grandeurs caractéristiques lors de l'adimensionnement, et d'autre part, Python gère mal les très petites et très grandes valeurs à cause des arrondis en float. L'examinateur rajoute des questions, il me demande une fois que l'on adimensionné e, m, b, V_0 , quelles sont les unités dans le script de E, B, t . Il faut utiliser les relations obtenues dans les questions précédentes. Et enfin si $B = 2,86$ dans le script, quelle est la valeur réelle de la norme du champ magnétique ? Il faut écrire que l'on a $B_{reel} = 2,86B_0$ où $B_0 = \sqrt{\frac{8mV_0}{eb^2}}$.

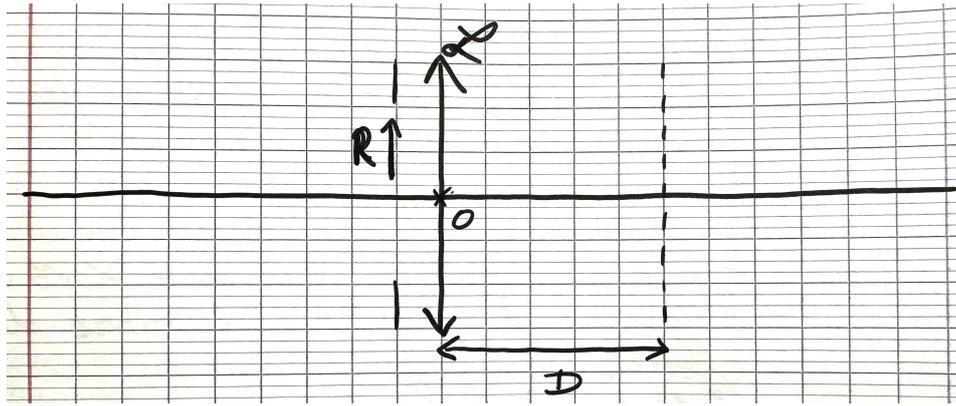
Je trouve les questions assez vagues, je n'étais pas sûre lors de la préparation de répondre ce qui était attendu mais finalement si. C'était dur de préparer convenablement pendant que l'examinateur criait sur le candidat précédent. J'appréhendais un peu mon passage mais finalement l'examinateur n'a pas été méchant. Dans la salle où j'étais, il fallait écrire au vellea sur le mur, ce qui est assez perturbant et par ailleurs difficile à effacer. Je suis plutôt satisfaite de l'oral car je suis allée au bout de l'exercice sans dire de bêtise mais le sujet n'était pas difficile. L'examinateur semblait en avoir conscience puisque l'on a déroulé les questions assez vite, afin de pouvoir tout traiter en 30min (c'est rapide).

CSPII.27 Appareil photo

CSPII-23-508

Avec préparation 30 minutes

On modélise un appareil photo par un diaphragme de rayon R , une lentille \mathcal{L} de focale f' et un capteur CCD à une distance D de la lentille.



1. Si l'on veut effectuer l'image nette d'un point A sur l'axe optique dont la distance à la lentille varie entre 1.2m et l'infini, dans quel domaine doit varier D ?
2. On suppose que l'appareil est réglé sur l'infini. Si l'on veut un objectif grand angle, vaut-il mieux choisir une courte ou une longue focale ?
3. Un document est donné avec 2 photos d'un même endroit, une grand angle et l'autre non. Il faut attribuer la focale correspondante pour chaque photo entre 50mm et 200mm
4. Le CCD est rectangulaire de dimension données. Montrer que :

$$I(x, y) \propto \frac{D^2}{D^2 + x^2 + y^2}$$
5. Une image est donnée. On remarque que la photo est plus sombre sur les bords. Expliquer le phénomène. Pour quels types d'objectifs est-ce gênant ?
6. On règle l'appareil sur l'infini. On considère que le rayon pouvant atteindre le CCD ne sont limités que par le diaphragme. On place un point A à une distance finie de l'objectif. Déterminer la distance minimale du point A à la lentille pour que la taille de la tâche sur le CCD soit inférieure à la largeur l d'un pixel.
7. Une application numérique à partir d'un 3e document.

Données

- $f' = 55\text{mm}$
- La relation de conjugaison était rappelée

Examinatrice plutôt froide qui ne me signifiait même pas lorsque je pouvais passer à la question suivante.

CSPII.28 Trajectoire d'une balle de tennis.

CSP11-23-509

Avec préparation 30 minutes

On frappe une balle de tennis de masse m avec une vitesse v_0 . La balle de tennis est soumise à son poids et à une force de frottement.

1. On néglige dans un premier temps la force de frottement. Quelle est la trajectoire de la balle ? A quelle distance retombe-t-elle ? Donner l'angle pour lequel la balle retombe le plus loin possible. Faire un application numérique.
 On considère que la balle de tennis est soumise à une force de frottement de la forme $\vec{F} = -\rho S C_x v \vec{v}$.
 Où ρ est la masse volumique de l'air, S la surface de la balle de tennis.

- 2.
- Quelle est la dimension de C_x ?
 - Donner l'équation du mouvement. Faire apparaître une vitesse limite que l'on notera \vec{v}_{inf} .
 - Réécrire l'équation du mouvement de façon adimensionnée avec $\vec{u} = \vec{v} / \|\vec{v}_{inf}\|$ et $t_a = \frac{t}{\tau}$. Exprimer τ en fonction des données du problème. τ correspond au temps caractéristique. (On exprimera τ en fonction de \vec{v}_{inf})
- 3.
- Définir et commenter les différentes phases du mouvement.
 - Quelle force prédomine dans chacune des phases ?
 - Quelle est la vitesse lors de la première phase ?
4. Décrire comment varie la force de frottement \vec{F} .
5. Donner en quel point la balle retombe. (Je ne me rappelle plus la formule qui exprimait C_x en fonction de X qui n'était pas notée sur la feuille mais donnée par l'examinatrice)

Données

- Beaucoup trop de données notées sur deux feuilles recto-verso A4 qui ne servaient à rien.
- Des valeurs d'intégrales vraiment moches.

Déroulement et indications

Je pense qu'il n'y a pas besoin d'indications

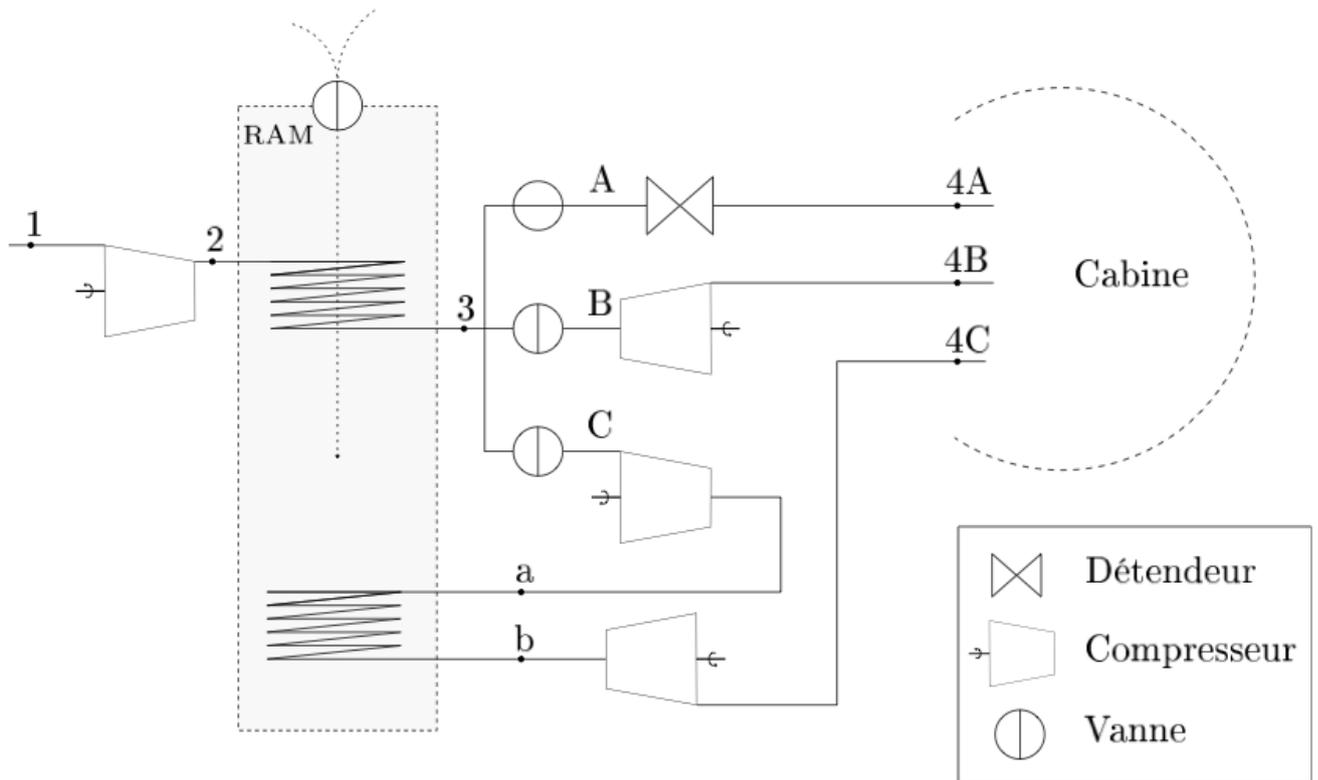
Rien de difficile pendant l'oral mise à part capter l'attention de l'examinatrice qui devait qui regardait tout le temps sa tablette. Mon palmarès sur l'ordinateur pendant la préparation : appuyer sur entrée pour afficher 3 courbes. D'ailleurs comme il fallait juste lancer le programme, l'examinatrice a cherché pendant quelques minutes le programme pour le projeter au tableau : perte de temps inutile. En plus, pour commenter les courbes j'utilisais celles projetées comme support mais comme elle me regardait pas il fallait que je lui demande à chaque fois d'afficher la courbe suivante. Sinon, elle m'écoutait.

CSPII.29 Pack de conditionnement d'un avion

CSPII-23-510

Avec préparation 30 minutes

On s'intéresse dans cet exercice au pack de conditionnement d'un avion qui sert à maintenir la température de la cabine pressurisée où se trouvent les passagers à des niveaux confortables.



Le pack est un système de conditionnement de l'air généralement placé dans la soute de l'avion qui a comme particularité intéressante que l'air traité est le même air qui subit toutes les transformations. L'air rentre dans le système par le moteur de l'avion. Cela le comprime jusqu'à le porter à 5 fois sa pression initiale.

L'air passe ensuite dans un échangeur (appelé RAM) à double flux d'air. L'air entrant dans le pack échange ainsi de l'énergie avec l'air circulant dans le RAM dont on peut modifier le débit à l'aide d'une vanne. A priori ces deux flux d'air ne sont pas dans les mêmes conditions de pression et de température. L'air propre au RAM est prélevé directement dans l'atmosphère ambiante.

On supposera que quelque soit la condition de l'air en 2 celui-ci ressort en 3 toujours avec la même température si le débit du flux d'air propre au RAM est fixé. On supposera également que les transformations dans les compresseurs sont adiabatiques réversibles et que l'échangeur est parfait (toute l'énergie perdue par l'air du pack est récupérée par l'air circulant dans le RAM).

Un fois que l'air a passé le RAM, il peut emprunter 3 chemins différents en fonction du mode de fonctionnement du pack. Les 3 modes correspondent à la température extérieure :

- Par temps froid, il faut réchauffer l'air entrant avant de le faire entrer dans la cabine
- Par temps modéré (environ 20 °C), on souhaite maintenir la cabine à une température proche de la température extérieure
- Par temps chaud (autour de 40 °C), on souhaite refroidir grandement l'air avant de le réintroduire.

Questions On suppose que l'air se comporte comme un gaz parfait diatomique. On a donc $\gamma = 1.4$.

1. Le détendeur ne comporte pas de pièce mobile. À quelle(s) condition(s) peut-on supposer que la transformation est isenthalpique? Peut-on la supposer isotherme?

- 2.
- On suppose que **la vanne du RAM est fermée**. Tracer dans un diagramme de Clapeyron la transformation subie par l'air du pack empruntant le chemin A (du point 1 au point 4A). En déduire à quel mode de fonctionnement ce circuit correspond.
 - Faire la même chose avec les circuits B et C mais cette fois avec **la vanne du RAM ouverte**.
- 3.
- Déterminer la température du flux d'air du pack en tout point dans le cas d'une utilisation en temps modéré avec **la vanne du RAM fermée**.
 - Même chose mais cette fois avec **la vanne du RAM ouverte**.
4. Une dernière question que je n'ai pas traitée et dont je ne me souviens plus qui portait peut être sur le débit optimal dans le RAM pour un mode donné mais je ne suis pas sûr du tout.

Données Conditions de pression au différents points :

- 1 : 1 bar
- 2 : 5 bar
- a : 20 bar
- Cabine : 1 bar

Déroulement et indications

Pas grand chose à dire, il faut dérouler.

L'oral avait lieu à 13h30. Je n'étais donc pas dans les meilleures conditions pour cet oral. J'ai été particulièrement lent même si j'avais les bonnes idées. L'examinateur était professionnel. Il y avait beaucoup de lecture et il fallait bien comprendre comment le système marchait donc le temps de préparation était relativement court.

CSPII.30 Combustion de l'éthanol et chaudières

CSPII-23-512

Avec préparation 30 minutes

Combustion La combustion de l'éthanol liquide produit de l'eau sous forme de vapeur ainsi que du dioxyde de carbone gazeux.

- Donner l'équation de la réaction de la combustion de l'éthanol liquide.
- Calculer l'enthalpie molaire de la réaction $\Delta_r H^\circ$.
On appelle pouvoir calorifique inférieur (PCI) d'un combustible la chaleur dégagée par unité de masse.
- Donner le CPI de l'éthanol en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Chauffage de l'eau On fait entrer dans le brûleur 4 mol d'éthanol liquide et 100 mol d'air. La réaction est totale.

- Donner les quantités de matière finale des espèces.
- Calculer la pression partielle de l'eau sous forme de vapeur.
On suppose que toute l'énergie libérée ne sert qu'à réchauffer les gaz de la combustion.
- Calculer la température des gaz en sortie du brûleur.

Chauffage de l'eau Les gaz réchauffent ensuite de l'eau. A la fin du processus, l'eau est passée de 15 à 40 °C et les gaz sont à 110 °C.

7. Calculer l'énergie perdue par les gaz.

8. Calculer la masse d'eau concernée.

Condensation de la vapeur d'eau Au cours du refroidissement, la vapeur d'eau peut se condenser.

9. Donner la température de rosée *i.e.* la température à laquelle la première goutte d'eau se forme.

10. Une question quantitative sur l'énergie et la quantité.

Données

- composition de l'air : 20% d'O₂, 80% de N₂
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{e,m} = 4,185 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Pour l'eau : $p_{sat} = \exp\left(A - \frac{B}{T-C}\right)$ où A , B et C étaient données.
- Et autres (mais il n'y avait pas les masses molaires)...

	$\Delta_r H^\circ$ (kJ · mol ⁻¹)	C_m (J · K ⁻¹ · mol ⁻¹)
H ₂ O _(g)	-241,8	?
O _{2(g)}	0	?
N _{2(g)}	0	?
EtOH _(l)	-277	?
CO _{2(g)}	-393,52	?

Déroulement et indications

1. Il me demande comment on pourrait convertir en Wh.
2. Tableau d'avancement, gaz parfait et température de flamme.
3. Pas de problèmes.
4. Il fallait regarder les données et utiliser la pression partielle, pas 1 bar comme j'ai d'abord fait. Au lieu de me faire improviser vite fait la question 2 (qui avait 2 sous-questions), l'examineur préfère discuter : intérêt du système qui récupère de l'énergie via la condensation de l'eau, formule de p_{sat} ...

Examineur sympathique, pas d'utilisation de l'ordinateur : un oral de chimie à l'état pur.

CSPII.31 Sulfure de Zinc

CSPII-23-514

Avec préparation 30 minutes

Le sulfure de zinc ZnS peut cristalliser sous la forme blende. Les ions Zn²⁺ occupent un réseau CFC tandis que les ions S²⁻ occupent un site tétraédrique sur deux.

1. Représenter la maille. Calculer la population et la coordinence.

2. Calculer le rayon ionique de S^{2-} .
3. Calculer la masse volumique.
4. Calculer la compacité.
On réalise la combustion du sulfure de zinc ZnS avec le dioxygène ce qui forme du dioxyde de soufre SO_2 et de l'oxyde de zinc ZnO.
5. Ecrire l'équation bilan avec le coefficient stœchiométrique 1 pour ZnS.
6. Calculer $\Delta_r H^\circ$.
7. Calculer $\Delta_r S^\circ$.
8. Calculer $\Delta_r G^\circ$ à $T = 1000$ K en faisant l'approximation d'Ellingham. Calculer la constante de réaction K à cette température. La réaction est-elle quantitative ?
9. On fait réagir 1 mol de ZnS. Quel est le transfert thermique fourni par le milieu réactionnel ?
10. On fait réagir 1 mol de ZnS avec de l'air dans un récipient en proportions stœchiométriques. Quelle est la quantité de matière des espèces dans le récipient ?
11. On suppose que la réaction est isobare. Calculer la température finale du milieu réactionnel.
12. Question bonus : On suppose que la réaction suit une loi de vitesse d'ordre 0 et qu'il y a des échanges conducto-convectifs avec l'extérieur (température T_0) avec un coefficient h . Etablir l'équation différentielle de la température du milieu réactionnel.

Données

- $\mathcal{N}_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $R(\text{Zn}^{2+}) = 135,0 \text{ pm}$
- $M(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g/mol}$; $M(\text{S}) = 32,06 \text{ g/mol}$
- paramètre de maille $a = 534,5 \text{ pm}$

à 298 K	ZnS	O ₂	ZnO	SO ₂	N ₂
$\Delta_f H^\circ$ (kJ/mol)	-202,92		-347,98	-297	
S_m° (J/mol/K)	57,74	205	43,51	248	
C_{pm}° (J/mol/K)	58,1	34,2	51,6	51,1	30,7

CSPII.32 Formation des nuages

CSPII-23-515

Avec préparation 30 minutes

Un article (1 page recto) explique comment sont formés les nuages, et ce qui les composent. Une autre feuille comportant l'énoncé est mise à disposition.

Exercice 1 1. De quoi sont composés les nuages ? A quelle condition se forment-ils ?

2. On modélise l'air comme un gaz parfait de masse molaire $M = 29 \text{ g/mol}$
On suppose que la pression P dépend uniquement de l'altitude telle que :

$$\frac{dP}{dz} = -\mu(z)g$$

où μ est la masse volumique.

Déterminer $P(z)$ dans le cas d'une température uniforme. On fera apparaître une distance caractéristique dont on donnera une interprétation

3. On suppose maintenant que $T(z) = T_0 + \lambda z$. Quelle loi suit $P(z)$?
4. Montrer que pour une altitude faible, ces deux modèles sont équivalents. Faire l'application numérique pour $z = 500 \text{ m}$ dans les 2 modèles
5. Comment varie en réalité T par rapport à l'altitude ? Discutez des modèles précédents

Exercice 2 On considère maintenant un mélange air et eau, que l'on modélise toujours en un gaz parfait. On définit la pression de vapeur saturante f qui vérifie la loi suivante selon la température :

$$\ln\left(\frac{f}{f_0}\right) = a\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)$$

On définit l'indice hydrométrique h qui correspond au rapport de la pression partielle en eau sur la pression de vapeur saturante à cette température. On donne $h_0 = 0.8$

6. La chaleur latente de vaporisation L est telle que : $L = TV_m f$
Montrer que L ne dépend pas de T
7. On considère une colonne de ce mélange en ascension verticale. Trouver la loi de $T(z)$ pour z petit, puis celle de la pression partielle en eau $P_e(z)$
8. Calculer à quelle altitude on a condensation de l'eau, i.e formation des nuages

Données Un formulaire avec des constantes fondamentales est donnée. Les données supplémentaires sont :

- $\lambda = -5 \times 10^{-3} \text{ K/m}$
- $a = 5301 \text{ K}$
- $T_0 = 310 \text{ K}$

Déroulement et indications

1. Ma réponse a consisté à répéter ce qui est écrit dans le texte. L'examinateur ne m'a rien demandé de plus. Je pense que cette question sert uniquement à nommer cette épreuve "physique info" et pas juste "physique"...
2. La loi des gaz parfaits donne une forme exponentielle pour la pression

$$P(z) = P_o \exp(-z/h) \quad h = \frac{RT}{Mg}$$

3. On repart de l'équation des gaz parfaits, et on intègre en séparant les variables. On obtient une relation de la forme :

$$P(z) = \left(\frac{T_0 + \lambda z}{T_0} \right)^{\frac{-Mg}{R\lambda}}$$

4. On fait un D.L à l'ordre 1 et on trouve pour les deux $P(z) = P_0 \left(1 + \frac{z}{h} \right)$. L'application numérique donne $P(z = 500m) = 0.95 \text{ bar}$ pour les 2 modèles

5. J'ai dit que la décroissance de la température était de plus en plus faible avec l'altitude, ce qui a plus à l'examinateur. On peut donc prendre un modèle avec une décroissance linéaire pour z petit puis un gradient en $1/z^2$ pour z plus grand

1. On dérive l'égalité et on obtient $L = aR\frac{f}{P}$. Ici, $f = P$ donc on obtient le résultat

2. Je me suis embrouillé sur les pressions partielles à cause du mélange et de la définition de h . L'examinateur m'a aidé, mais j'ai eu du mal à bien suivre. Si on note P la pression totale, on a :

$$P(z)M = \mu RT(z) \quad P_e(z) = h(z)f(z)$$

L'examinateur m'a fait faire les hypothèses $P(z) = P_0(1 - \frac{z}{h})$ et $h(z) = h_0$ car z est petit. On remplace ensuite $f(z)$ grâce à $T(z)$

3. Je n'ai pas eu le temps de traiter la dernière question. L'objectif doit être de trouver l'altitude où $h(z) = 1$ (la formation des nuages survient quand le taux d'humidité est de 100% d'après le texte).

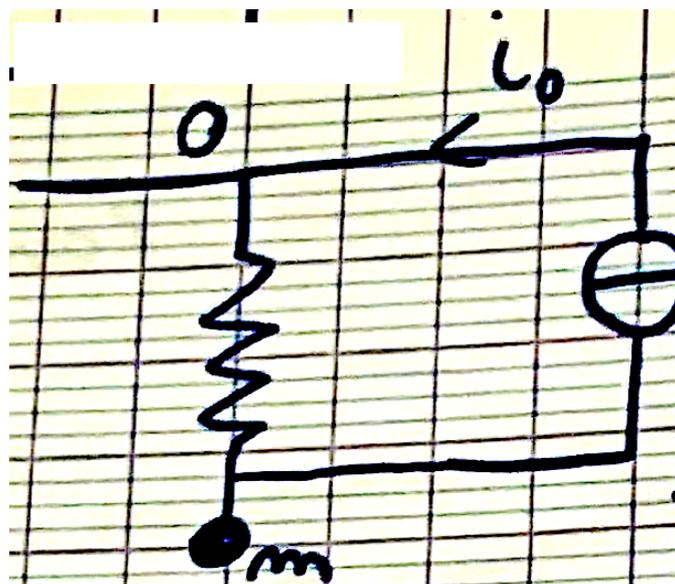
Examinateur sympathique qui engageait la conversation. Ma confusion à la fin entre pression partielle et saturante lui a sûrement donné envie de s'arracher les cheveux, ce qu'il n'a pas pu faire pour des raisons capillaires.

CSPII.33 Ressort-bobine

CSPII-23-516

Avec préparation 30 minutes

On considère un ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 , fixé en O et tenant une masse m de l'autre extrémité. On note x la longueur du ressort. Une intensité i_0 traverse le ressort, on modélise alors le ressort par un solénoïde infini contenant N spires.



1. Calculer le champ \vec{B} dans le solénoïde.

- Calculer l'inductance $L(x)$.
- On applique une force opérateur \vec{F}_{op} sur l'extrémité du ressort (sans considérer la masse m). Montrer par des considérations énergétiques, que :

$$F_{op} = k(x - l_0) - \frac{1}{2} \mu_0^2 \frac{dL}{dx}$$

- Montrer que les positions d'équilibre vérifient :

$$a - x_e = \frac{Q}{2x_e^2}$$

avec $a = mg/k + l_0$ et Q est à déterminer. Etudier les différents cas en fonction de Q .

- Montrer que le système admet une énergie potentielle. La calculer.

CSPII.34 Gaz de Van der Waals

CSPII-23-517

Avec préparation 30 minutes

On s'intéresse au modèle de Van der Waals

$$\left(P + a \frac{n^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

proche du point critique.

On donne $a = \frac{27R^2T_C^2}{64P_C}$, $b = \frac{RT_C}{8P_C}$ et $V_C = 3nb$.

On donne pour le diazote $P_C=33,5$ bar et $T_C=126$ K.

- Calculer a et b .
- Tracer les isothermes à T_1 et T_2 avec $T_1 < T_C < T_2$ dans le diagramme de Clapeyron. Commenter.
- Retrouver les expressions de a et b .
- Retrouver l'expression de V_C .
- Donner U et H pour un gaz parfait diatomique rigide.
- On note $H - U = nRT(1 + \varepsilon)$ avec $\varepsilon \ll 1$. Donner ε en fonction de a, b et de caractéristiques intensives du gaz.
- On donne $U(T, V) = U(T, V)_{GP} - a \frac{n^2}{V}$. Calculer le coefficient de Joule-Thomson

$$\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_H$$

- Il me semble qu'il restait encore une question.

CSPII.35 Mouvement de l'ISS

CSPII-23-518

Avec préparation 30 minutes

On étudie ici le mouvement de l'ISS.

- Définir le moment cinétique \vec{L} de l'ISS, montrer qu'il est constant et en déduire que le mouvement est plan.
- Montrer que $\vec{\omega}$ est constant et dirigé selon \vec{L}
- Donner ω en fonction de g_0 , R_T et h avec g_0 la norme du champs de pesanteur au niveau de la surface terrestre, R_T le rayon de la Terre et h l'altitude de l'ISS.
On pose \vec{R} le vecteur position de l'ISS. L'axe x est selon \vec{R} de sorte à ce que $\vec{R} = R\vec{u}_x$, \vec{u}_z est selon $\vec{\omega}$. \vec{u}_y est placé de sorte à ce que $\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$ soit une base orthonormée directe de l'espace. On note M le point du sac poubelle et $\vec{r} = x\vec{u}_x + y\vec{u}_y + z\vec{u}_z$ sa position.
- Pourquoi le référentiel de l'ISS n'est-il pas galiléen ?
- Donner les expressions des forces d'inerties qui s'appliquent au sac poubelle dans ce référentiel.
- À l'aide d'un DL ($R \gg r$) montrer que la force d'attraction gravitationnelle terrestre $\vec{F}_G = -m\omega^2(\vec{R} + \vec{r} - 3x\vec{u}_x)$
- Établir les équations différentielles qui régissent le mouvement du sac poubelle.
- Script Python à modifier

Exercice déjà vu en classe et examinateur plutôt sympathique donc oral pas désagréable. Il y avait 2 documents qui donnaient des valeurs utiles pour les applications numériques.

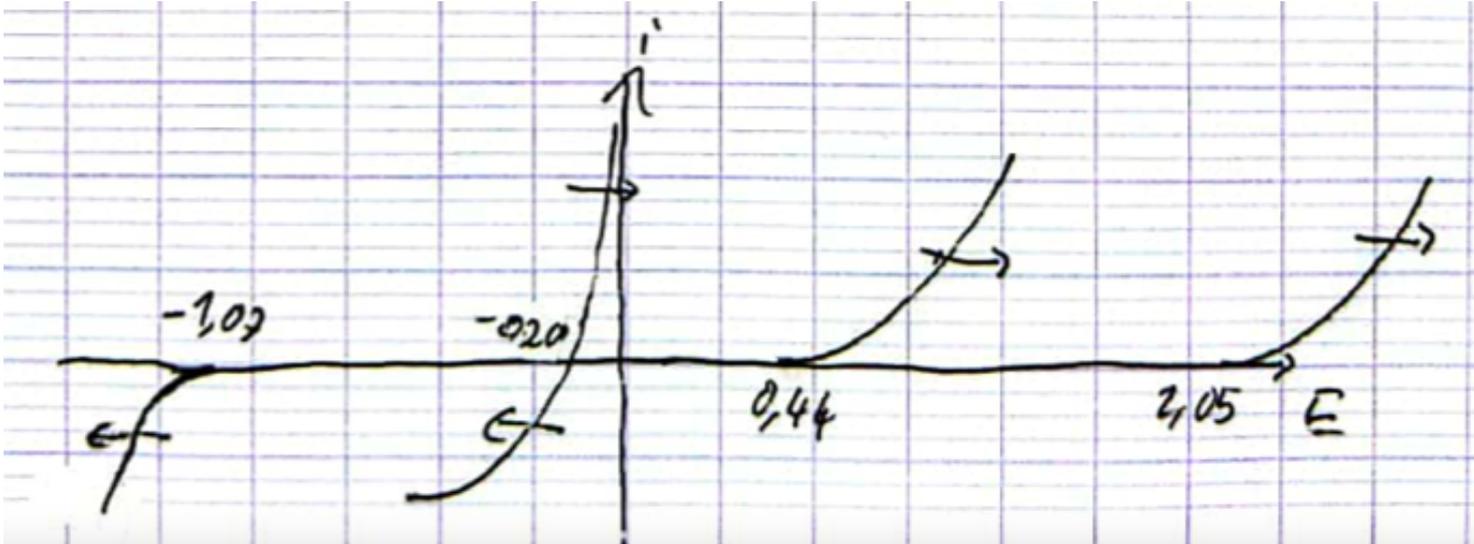
CSPII.36 le fer blanc (courbe $I = f(E)$)

CSPII-23-519

Avec préparation 30 minutes

- Rappeler le principe d'une électrolyse en électrochimie. On pourra s'appuyer sur le schéma d'une courbe courant-potentiel
- On souhaite protéger du fer avec une couche d'étain. On s'intéresse à la purification de l'étain par une électrolyse.
Electrolyte : H_2SO_4 diacide fort, solution aqueuse à pH=3, présence d'ions Sn^{2+} et SO_4^{2-} à la concentration de 10^{-2} mol/L. Les ions SO_4^{2-} sont inertes.
A la cathode on a une électrode d'étain : Sn pur
A l'anode on a une électrode d'étain Sn impur qui contient de l'argent Ag.
Donner les espèces électroactives en précisant lesquelles sont susceptibles de subir une oxydation ou une réduction et écrire les équations des réactions.
- Donner les potentiels de Nernst des couples Ox/Red de la question précédente, en prenant $[\text{Ag}^+] = 10^{-6}$ mol/L.
- Compléter la figure avec les réactions.

5. 2 autres questions

**Données**

- $E^0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$
- $E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$
- $E^0(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$
- $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$
- Surpotentiel $\eta(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,00 \text{ V}$

Les suppliciés

Merci aux retours de...

A

Achille Durand — LSR.40, XP.40
 Adélie Benhaim — U.17, XP.41, CSPI.21, CSPH.22
 Adrien Lorenzo — LSR.43, XP.34, XC.2
 Albert Thaurv — XP.47, XC.20, MP.1, CSPI.32, CSPH.25
 Alexander Zainoun — XP.43, XC.19
 Alexandre Carrey — XC.22
 Alexandre Dussole — LSR.22, MP.18
 Alexandre Parvery — XP.28, XC.14
 Alexis Deynès — U.5, LSR.24, XP.14
 Alexis Ren — LSR.39, XP.45, CSPI.24, CSPH.21
 Ambroise Sirven — LSR.26, XP.38, XC.3, MP.36, CSPH.30
 Anna Tudor — U.11, LSR.34, XP.6, XC.11
 Antoine Maugras — LSR.27, MP.7, CSPI.5, CSPH.6
 Antoine Thuillier — LSR.46, XP.34, MP.33, CSPH.32
 Arnaud Fortuny — CSPI.9, CSPH.14
 Aurélien Castillon — LSR.31, XP.4, XC.8, MP.12, CSPI.9, CSPH.12
 Ayman Zbiri — XP.30, CSPI.18, CSPH.19
 Aymane Moutei — LSR.23, XP.17

B

Bastien Souchaud — U.10, LSR.33, XP.19, XC.10
 Bouzid Youcef — MP.30

C

Cédric Coulon-Malca — U.4, LSR.20, LSR.21, XP.3, XP.13, XC.1, MP.13, CSPI.10, CSPH.13
 Charlélie Carer — U.12, LSR.35, XP.20
 Claire Caron — XP.12, XC.7, MP.11, CSPI.8, CSPH.11
 Corentin Bled — CSPH.36

D

Daniel Petrov — XP.37, CSPI.35, CSPH.20
 Dino-Rober Demir — U.19, LSR.42, XP.39, MP.28

E

Elias Kibach — U.7, MP.15, CSPI.11
 Eliot Medioni — LSR.22
 Emilhan Dürrüoglu — U.6, LSR.32, XP.5, XC.9
 Émilien Garnier — XP.9, XC.2, MP.5, CSPI.4, CSPH.5
 Etienne Azerard — XP.6, XC.5, MP.32, CSPH.2
 Evan Tostain — MP.25, CSPI.22, CSPH.23

F

Félix Artiges — U.1, LSR.20, LSR.21, XP.8, XC.1, CSPI.1, CSPH.3
 Florian Topeza — MP.22, CSPI.17, CSPH.18
 Fred Jiagho Tsabou — MP.23, CSPI.19, CSPH.9

G

Gabriel Chepelov — LSR.36, XP.21, XC.4, MP.17, CSPI.12
 Gabriel Halle — XP.43
 Gaspard Malhomme — U.13
 Georges Khalil — U.15, LSR.44, XP.36
 Grégoire Jau — XP.25, XC.12
 Grégoire Marie — MP.24, CSPI.33, CSPH.28

H

Hector Sennelier — CSPI.30
 Hélie Lacourcelle — XP.35, XC.18

I

Iman Cadi-Bouregghda — XP.44, XC.21, MP.40, CSPI.28
 Iman Cadi-bouregghda — MP.40

J

Jacob Chmielewski — XP.22
 Jean-Baptiste Ménant — LSR.37, XP.27, XC.13
 Jennifer Timani — MP.10, CSPI.7, CSPH.10
 Juliette Giraud — MP.14, CSPH.15

K

Kellian Deschryver — MP.34

L

Laura Kubler — CSPI.14, CSPH.17
 Lecomte Matthieu — MP.4
 Léo Letessier — XP.34
 Leya Quan — LSR.25, XP.4, XC.3, MP.8
 Liam Greif — XP.41

M

Madeleine Banessy — CSPI.36
 Maëlle Cornély — LSR.41, XP.31, XC.17, MP.29
 Malo Gatignol — MP.25, CSPI.27
 Malo Godard — MP.35, CSPI.29, CSPH.31
 Manon Lehmann — XP.26, MP.3
 Manon Parent — LSR.49
 Marianne Foucault — CSPI.2, CSPH.4

Mario Massy — U.9, XP.16, MP.16
 Martin Hairault — XP.24, MP.19
 Mathis Rouget — XC.4, CSPII.8
 Matthieu Lecomte — LSR.22, MP.4, CSPI.31,
 CSPII.29
 Mikhail Kataevskii — MP.20, CSPI.13, CSPII.16

N

Némo Sauvion — U.2, LSR.29

O

Olivier — XP.46
 Olivier Girard — LSR.45, MP.41
 Orel Mazor — LSR.28, XP.1, XP.3, XC.6, MP.6,
 CSPI.6, CSPII.7

P

Paul Landrier — XP.10
 Pierre — MP.38

R

Raphaël Herbeaux — XP.5, CSPI.34, CSPII.27
 Raphaël Poux — MP.42, CSPII.34
 Romane Legrain — U.14, LSR.20, LSR.21, XP.2,
 XP.3, MP.27
 Rose Desmond — XP.48, MP.39

S

Sacha Arroues-Paykin — LSR.30, XP.4
 Sami Rabinovitch — CSPII.33

Samy Méziane — LSR.38, XP.7
 Sarah Sebbane — MP.43
 Simon Elis — U.19
 Simon Poirson — MP.2, CSPI.15, CSPII.1
 Solal Wargon — U.16, LSR.23, XP.32, MP.31,
 CSPI.25, CSPII.35

T

Tanguy Thévenet — U.3, XP.11, XC.5, MP.9
 Thaïs Roussel — U.18, LSR.48, XP.33, XC.16,
 CSPI.26, CSPII.26
 Théa Araujo — LSR.47, XP.42, XC.23, MP.37,
 CSPI.20
 Théophile Dewulf — LSR.22
 Thomas Temperville — XP.29, XC.15, MP.21,
 CSPI.16
 Timothée Roina — CSPI.3, CSPII.9
 Tri Dang Vu — U.13, XP.23

V

Viren Ollivier — U.19, LSR.24, XP.18

Y

Youcef Bouzid — MP.30

Z

Zacharie Reffet — XP.7, XC.19, MP.26, CSPI.23,
 CSPII.24
 Zoé Lazzari — U.8, XP.15