

I. E.N.S.

ÉPREUVES ORALES ENS

Ulm : Une épreuve commune (physique 1) plus une épreuve spécifique (physique 2) pour ceux qui ont choisi l'option « physique » (voir les coefficients dans la notice du concours). Une heure sans préparation à chaque fois. Extraits du rapport 2008 : « Les deux épreuves sont très semblables. Après s'être vu poser un énoncé souvent lapidaire et pouvant se présenter comme le résultat d'une expérience faite en direct ou extraite d'une publication scientifique, les étudiants doivent exposer leurs idées sur la question. Les examinateurs essaient de poser des problèmes qui testent les capacités du candidat à utiliser les connaissances qu'il a acquises pour aborder des sujets originaux. »

Lyon - Cachan : l'oral est commun pour les ENS de Lyon et de Cachan. Préparation pendant une heure d'un exposé sur un sujet tiré des programmes Sup PCSI ou Spé PC, avec consultation d'ouvrages de prépa mis à la disposition du candidat. Exposé de 25 minutes en interaction avec les deux examinateurs du jury puis résolution d'un exercice « ouvert » pendant une durée de 30 minutes, sans préparation.

1. LYON – PARIS SACLAY (2025, THOUVENOT – 14/20)

QUESTION DE COURS :

Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique et inversement. Illustration avec les rails de Laplace.

EXERCICE :

Parlez-moi d'ondes acoustiques mais sans négliger les transferts thermiques.

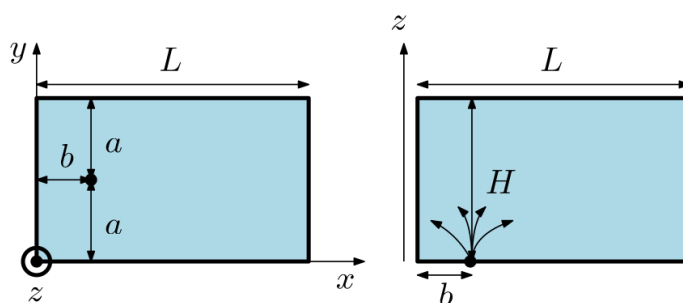
2. LYON – PARIS SACLAY (2025, DEMAY – 14/20)

LEÇON :

Aspect non galiléen du référentiel terrestre. Présenter une ou deux situations où l'interprétation non galiléenne est nécessaire.

EXERCICE : PISCINE A DEBORDEMENT

On injecte de l'eau avec un débit D_0 constant au fond de la piscine dont le niveau est maintenu constant grâce au débordement.



1. Tracer qualitativement les lignes de courant
2. Déterminer le champ des vitesses

3. LYON – CACHAN (2025, BONNEFOY - 13/20)

LEÇON

Présenter l'effet de serre à l'aide d'une modélisation simple. Discuter des hypothèses et des limites. A quelle condition une molécule permet-elle un effet de serre ?

EXERCICE

On considère un doublet :

$$\lambda_1 = 310 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 310,3 \text{ nm}$$

L'intensité de la raie 2 est mille fois plus élevée que l'intensité de la raie 1.

Comment isoler la raie 1 ?

4. LYON – CACHAN (2024, LE PICARD - 15/20)**LEÇON (MEME LEÇON QUE SUAUA 2023)**

Etude des efforts aérodynamiques s'appliquant sur un avion en vol. Aspect énergétique et application à la consommation de carburant.

EXERCICE

Il y avait une photo d'une pomme de terre grillée à l'extérieur.

Expliquer.

[Déroulement

- Heureusement que j'ai trouvé un exercice sur l'aile d'avion dans les livres sinon j'étais mort.
- Je propose un modèle 1D : grosse discussion avec le jury, on opte pour un modèle 2D.
- Je propose les coordonnées polaires : ils me demandent si je connais le laplacien polaire (je me souvenais du terme en r mais pas du terme en θ).
- J'ai proposé une résolution à variables séparées : ils étaient super contents.

Examineurs très expressifs qui réagissaient de manière très positive à chaque bonne piste proposée.]

5. LYON-CACHAN (2024, SHARKAWI – 7/20)**LEÇON**

Présentez le phénomène de diffusion à travers un ou deux exemples concrets. Discuter de l'évolution spatio-temporelle à travers des grandeurs caractéristiques.

Mon plan :

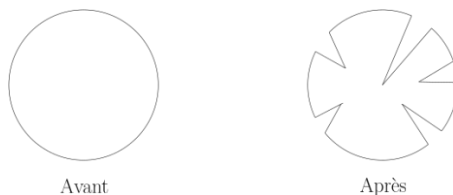
- I- Le phénomène de diffusion/Exemples
 - a. Définitions/exemples
 - b. Flux/vecteur densité de courant
 - c. Equation de diffusion, grandeurs caractéristiques
- II- Exemple de diffusion moléculaire : Evaporation de l'eau à la surface d'un bécher.
 - a. Modèle/hypothèses
 - b. Mise en équation / ARQS
 - c. Influence de la concentration en sels
- III- Exemple de diffusion thermique : Ailette de refroidissement
 - a. Modèle hypothèses
 - b. Mise en équation, temps caractéristique
 - c. Application à l'industrie

[Déroulement/Questions :

- Peut-on définir des grandeurs caractéristiques en 3D ? Quelle grandeur caractéristique pour une tarte au four ?
- La modélisation du II- n'a pour lui aucun sens car il y a de la convection. J'ai essayé de lui dire que en TIPE cela avait très bien marché, il a continué à dire que c'était complètement nul.]

EXERCICE

Séchage du bois : Expliquer



[Un examinateur particulièrement odieux, l'oral s'est mal passé]

6. LYON-CACHAN (2023, DELHAIE - 15/20)

LEÇON

Etudiez une onde sphérique dans le domaine de votre choix (approche énergétique et structure de l'onde loin de la source)

[J'ai choisi les ondes acoustiques et j'ai pris l'exemple du HP. C'était trop ambitieux, cela va se ressentir sur la note je pense]

EXERCICE

« vous connaissez Spiderman ? Est-ce que c'est possible pour un humain de tenir entre deux murs comme lui ? »

[Oral assez drôle, les examinateurs voulaient surtout discuter, ils m'arrêtaient dès que je commençais à écrire des équations]

7. LYON-CACHAN (2023, BEN - 16/20)

LEÇON

Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique et inversement grâce à une spire rectangulaire qui peut tourner autour de l'un de ses cotés.

EXERCICE

Quand on monte en montagne, il fait plus froid, pouvez-vous expliquer pourquoi ?

Discussion sur la stabilité de l'atmosphère.

Discussion sur les contraintes exercées sur une fusée (à quelle altitude sont-elles les plus importantes ?)

8. LYON-CACHAN (2023, ODDOU - 15/20)

LEÇON

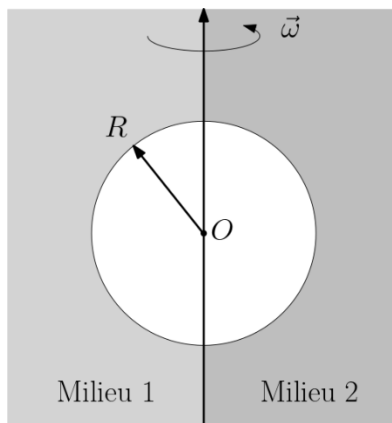
Présenter brièvement l'interféromètre de Michelson. Présenter ses applications en spectroscopie (mesure de longueur d'onde ou de différence de longueur d'onde) et dans l'industrie (mesure de déformation, mesure de vibration...)

[Plan proposé :

- I. L'interféromètre de Michelson
 - a. Présentation
 - b. Différents montages (coin d'air, lame d'air)
 - c. Réglages expérimentaux
- II. Applications
 - a. Mesure du doublet du sodium
 - b. Mesure d'un indice de réfraction (mica, air)
 - c. Mesure d'un rayon de courbure]

EXERCICE

Une sphère en rotation est placée à l'interface entre deux milieux solides différents (les surfaces de contact sont plus ou moins rugueuses). Que se passe-t-il ?



[Pour la leçon : Examineur assez froid mais respectueux. Pour l'exercice : Examineur souriant et aidant. Globalement, l'oral s'est bien déroulé et les examinateurs étaient assez sympathiques]

9. LYON-CACHAN (2023, SUAU – 12/20)**LEÇON**

Etude des efforts aérodynamiques s'appliquant sur un avion en vol. Aspect énergétique et application à la consommation de carburant.

[Plan proposé :

- I. Ecoulement d'un fluide autour d'un obstacle
- II. Etude de l'aile d'avion
- III. Consommation

L'examineur 1 était plutôt gentil, il me posait des questions seulement pour clarifier certains points, il me laissait suivre mon plan. L'examineur 2 était rude pendant la leçon, pas du tout agréable et vu sa façon de me parler, j'avais l'impression de dire n'importe quoi de A à Z. Clairement ce que j'ai fait n'allait pas, mais il n'y avait rien dans les livres de prépa, j'ai trouvé seulement 3 livres de vulgarisation]

Il fallait regarder dans les livres de PSI : l'aile d'avion est explicitement au programme de PSI

EXERCICE

On réalise un cylindre en neige, on le pose en haut d'une piste enneigée et il se met à rouler. Que se passe-t-il ?

10. LYON-CACHAN (2023, MARTINETTI - 15/20)**LEÇON**

Proposer un modèle de diffusion de particules permettant de relier un phénomène macroscopique à des phénomènes sous-jacents microscopiques. Illustrer avec des exemples et des ordres de grandeurs.

EXERCICE

Un considère des noyaux de carbone 12 placés dans un nuage électronique. Ces noyaux interagissent si leur distance est inférieure à une distance d . Discuter de l'influence de la température ($T \approx 10^8 \text{K}$) sur le taux de réaction.

[Discussion avec le jury :

- Expliquer l'existence de noyaux de carbone dans électrons (comparer $E_{\text{ionisation}}$ avec $\frac{3}{2}k_B T$)
- Faire une description énergétique de l'interaction entre deux noyaux de carbone et la liaison C-C

- Discuter de ce que se passe d'un point de vue classique
- Discuter de ce qui se passe d'un point de vue quantique]

11. LYON-CACHAN (2022, TATON - 8/20)

LEÇON

Expliquer comment on peut observer des interférences optiques et acoustiques et comparer les conditions d'obtentions.

[Plan proposé :

- I- Notion d'interférences
 - a. Définition et observations
 - b. Conditions d'obtention
- II- Comparaison ondes optiques / ondes acoustiques
 - a. Interférences optiques (calcul de l'intensité)
 - b. Interférences acoustiques]

[Questions sur les hypothèses, les temps caractéristiques, les moyennes temporelles, les battements, définition de l'intensité ...]

EXERCICE

On considère un cylindre rempli d'un volume V d'eau liquide sur lequel on pose un piston. L'air extérieur est à pression atmosphérique et à la température $T_1 > T_{fus}$. On pose une masse m sur le piston et on change le thermostat extérieur à $T_2 < T_{fus}$. On enlève la masse m et on rétablit la température T_1 .

Analyser chaque étape et calculer le rendement de cette machine ditherme.

12. LYON-CACHAN (2022, BERGER - 11/20)

LEÇON

Définir l'induction mutuelle et mettre en application le phénomène dans deux situations

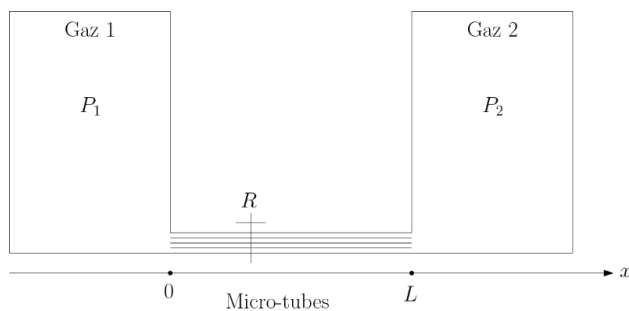
[Plan :

- I – Induction : définition et généralités
 - 1. Différents types d'induction et exemples
 - 2. Inductance mutuelle
 - 3. Loi et relations
- II- Première application : le transformateur
 - 1. Schéma et utilisation
 - 2. Equations
- III – Bobine en translation dans \vec{B}
 - 1. Schéma et analyse qualitative
 - 2. Equations]

[peu de questions sur la leçon]

EXERCICE

Déterminer l'évolution des pressions dans les deux réservoirs, mettre en évidence un temps caractéristique.



13. LYON-CACHAN (2021, PALOC - 16/20)

LEÇON

Dans le domaine de votre choix, vous décrirez la propagation des ondes sphériques. Discuter de la structure locale de l'onde et de l'aspect énergétique.

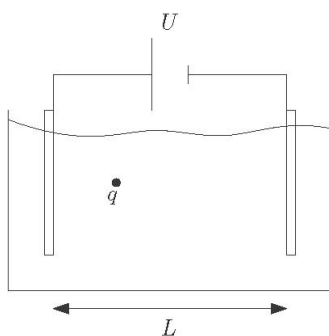
[Plan :

- I- Grandeurs couplées
 - a. Approximation acoustique
 - b. Equation de couplage
- II- Equation de propagation
 - a. Equation de d'Alembert
 - b. Solutions sphériques
 - c. Approximation des ondes planes
- III- Aspect énergétique
 - a. Vecteur de Poynting acoustique
 - b. Conservation de la puissance à travers une sphère de rayon r]

[J'ai eu quelques questions sur Z, dans le cas des OPPM ils m'ont demandé des résultats sans démonstration. Ils étaient très satisfaits]

EXERCICE

On considère la cellule électrolytique suivante :



Déterminer le courant dans l'eau.

14. LYON – CACHAN (2018, PELTA)

LEÇON :

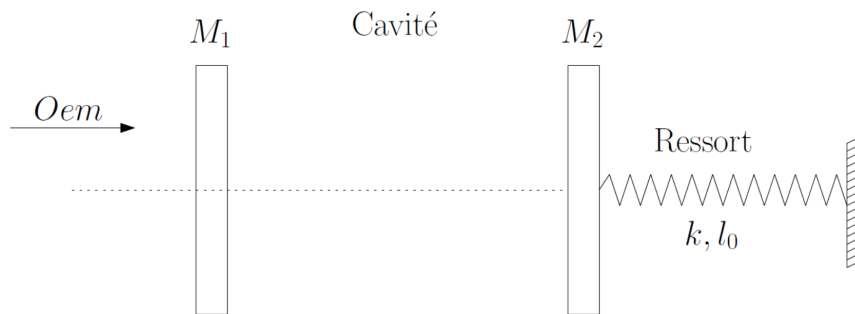
Interpréter l'évaporation d'un liquide dans une atmosphère environnante. Proposer des ordres de grandeur.

[Plan :

- I- Définition (avec diagrammes)
- II- Exemples simples (verre d'eau qui s'évapore dans une pièce)
- III- Autres phénomènes à prendre en compte (diffusion, convection, temps caractéristiques)]

EXERCICE :

On considère le dispositif suivant où les miroirs sont semi-réfléchissants (r, t) :



Une oem d'intensité I est envoyée dans la cavité : on constate alors que le miroir M_2 fait des « sauts ».

Déterminer $x = f(I)$

[Examineurs très sympathiques, agréables et souriants. La leçon s'est bien passée. Pour l'exercice je pense avoir été beaucoup trop aidée pour avoir une note correcte]

15. LYON - CACHAN (2018, YOUS - 12.2/20)**LEÇON :**

Présenter un ou deux exemples de diffusion, proposer des ordres de grandeur de temps et d'espace.

[Plan :

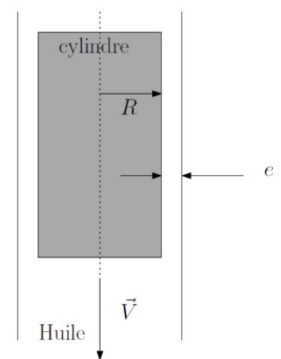
- I- Diffusion moléculaire
- II- Diffusion thermique
- III- Réponse à un pic de concentration]

EXERCICE : RAMEUR

Le titre me semble vague, il vaudrait mieux parler d'amortisseur.

Calculer \vec{V} .

Raisonner avec des grandeurs caractéristiques.

**16. LYON-CACHAN (2016, HEYRAUD - 15,6/20)****LEÇON :**

Identifier la source d'irréversibilité de l'équation de diffusion et, dans un cas simple, mettre en évidence le caractère irréversible d'une évolution.

[Plan adopté :

I°/ Rappels de thermodynamique et de diffusion

- 1.1. Rappels thermo : 1^{er} et 2nd principes (rappels de cours, définitions ect.)
- 1.2. Equation de la chaleur (démonstration pour diffusion thermique 1D, généralisation à 3D et pour diffusion moléculaire, puis en électromagnétisme, en méca flu..)

II°/ Illustration sur un cas simple

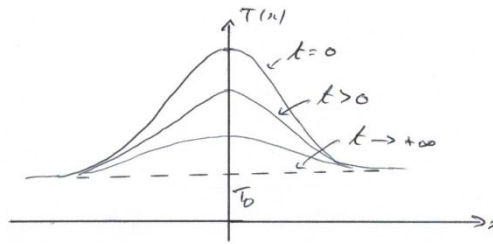
Exemple d'équations réversibles et irréversibles.

Cas simple : tranche mésoscopique d'un milieu conducteur, et calcul de l'entropie élémentaire créée dans la tranche : $\delta S_c = \frac{\lambda}{T^2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2$

Discussion : Pour moi, c'était la dérivée première par rapport au temps qui rendait l'équation non invariante par renversement du temps, mais pour lui c'était le fait que dans la loi de Fourier on ait $\lambda > 0$ avec le signe moins devant le gradient (évolution du chaud vers le froid) qui était à l'origine de l'irréversibilité. Il m'a fait parcourir la démonstration pour identifier le sens de ces équations (Fourier notamment).]

Questions abordées :

- Les équations de la mécanique sont-elles réversibles ? [Je me suis trompé en essayant de passer à $-t$, il m'a dit que ce raisonnement conduisait à des erreurs car ces équations sont bien réversibles (exemple d'une gomme qui tombe ou que l'on lance en l'air)]
- Pour le profil de température initial suivant, donner l'évolution du profil lorsque le temps passe.



[L'idée c'est que connaissant le profil final on ne peut pas remonter au profil initial, d'où l'irréversibilité]

- Quelle est la durée caractéristique du phénomène ?

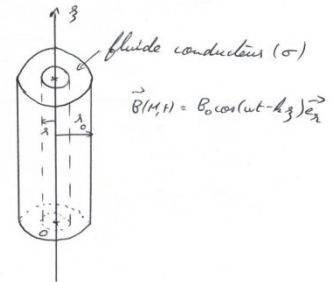
[Utiliser le $D=L^2/T^*$, j'ai proposé de prendre pour L la largeur à mi-hauteur à $t=0$]

EXERCICE :

Montrez que le fluide est mis en mouvement, calculez le débit de la pompe réalisée.

[J'ai utilisé MF après avoir analysé les symétries et invariances (j'ai un peu bloqué pour trouver les plan d'antisymétrie, le rotationnel de E était donné en cylindrique). J'ai proposé de passer par le théorème de Stokes mais il m'a dit que trouver les surfaces adaptées n'était pas envisageable. En utilisant la loi d'Ohm locale on remonte aux forces volumiques de Laplace que l'on injecte dans l'équation de Navier-Stokes, en supposant que le gradient de pression compense le poids du fluide. Il m'a demandé ce qui allait limiter l'accélération du fluide, j'ai pensé qu'il s'agissait des frottements fluides.

Il m'a dit que j'avais réalisé une approximation majeure et fautive (en précisant qu'on était limite HP), j'ai pensé au changement de référentiel et ai proposé le calcul du champ électromoteur et du champ magnétique dans le réf du fluide en utilisant l'invariance des forces de Laplace, mais ce qu'il attendait était plus simple : en supposant que le fluide va à une vitesse stationnaire et par une composition des vitesses on remplace z par z' dans l'expression de B, et la pulsation est remplacée par une pulsation apparente : $\omega_{app} = \omega + V_e k$



17. LYON -CACHAN (2015, FLEURY)

LEÇON

Présenter un exemple d'oscillateur mécanique, définir et donner l'intérêt de la notion de facteur de qualité. Donner les conséquences sur le comportement dynamique des systèmes.

[J'ai présenté le système masse/ressort avec force de frottement fluide et au bout de deux minutes je me suis fait bombarder de questions : c'est quoi votre masse, un atome, une molécule, un camion ? ça représente quel système physique ? Sur quoi est posée votre masse ? y-a-t-il des frottements solides ? quel est le domaine de validité de la force de frottement fluide ? ça veut dire quoi faible vitesse ? On prend quelle grandeur caractéristique pour le nombre de Reynolds ?]

EXERCICE

On considère une bouteille indéformable et vide. On l'ouvre pendant $\tau = 0.5s$ et on la referme. On attend un peu. Quelle est la température à l'intérieur de la bouteille ?

[Je n'ai presque rien fait... Quelle est la vitesse d'une molécule ? C'est quoi la diffusion à l'échelle moléculaire ? quelle est la vitesse du son entrant dans la bouteille ? quel est le temps de remplissage d'air dans la bouteille...]

18. LYON-CACHAN (2015, COOREMAN - 13/20)

LEÇON :

Introduire les principes fondamentaux de l'optique géométrique (trajet lumineux, objet, image...) à partir d'un instrument d'optique de votre choix et montrer l'importance des conditions de Gauss.

EXERCICE

L'exercice portait sur un cycliste qui souhaite monter au sommet d'une colline.

1. L'examineur m'a tout d'abord demandé la différence entre le VTT et le vélo de route. [J'ai parlé du fait que les coefficients de frottement dynamique et statique avaient des valeurs différentes selon l'état de la route et la nature des pneus].
2. Ensuite, il m'a demandé de trouver l'équation du mouvement en fonction de tous les paramètres du système. [Toute la modélisation était laissée à l'initiative du candidat].
3. Finalement il m'a demandé de discuter des différentes situations possibles en fonction des paramètres du système : Couple, coefficient de frottement, pente, position du barycentre...
[On est arrivé rapidement aux trois situations : 1. Le vélo roule et adhère au sol. 2. Le vélo glisse. 3. La roue avant décolle.]

[Examineur très sympa]

19. LYON -CACHAN (2015, DEGRAEVE)

LEÇON PHYSIQUE

Présenter et expliquer les phénomènes d'induction. On illustrera le propos à l'aide de deux exemples simples.

[Voici mon plan :

1. Généralités :

[J'ai utilisé les 2 exemples du cours pour les deux types d'induction (rail de Laplace pour lorrains, circuit inductif couplés pour Neumann). Quand j'ai expliqué le lien entre MF et la loi de Faraday, ils m'ont demandé pourquoi on passait d'une dérivée partielle par rapport au temps pour MF à une dérivée droite pour $e = -\frac{d\Phi}{dt}$. J'ai proposé que c'était parce que on avait en quelque sorte déjà fixé les variables d'espace en intégrant B pour donner le flux, mais ils m'ont fait remarquer que la surface à travers laquelle on calcule le flux se déforme, se déplace. Ils ont essayé de me faire comprendre l'origine physique des phénomènes d'induction avec une approche énergétique. Ils m'ont demandé d'où venait l'égalité $P_{elec} + P_{laplace} = 0$, et si je pouvais la démontrer].

2. Lorentz :

[J'avais introduit une résistance R dans mon circuit électrique équivalent avec les rails de Laplace. Ils voulaient savoir ce que c'était physiquement cette résistance. Est-ce celle de tout le circuit ? Est-ce $R = \frac{L}{\gamma s}$? Si oui alors cela signifie qu'elle est variable (puisque la longueur du circuit varie). Ils m'ont fait remarquer que si on fait l'expérience dans le noir, on voit des étincelles, ce qui signifie que c'est aux niveaux des points de contact qu'est la majeure partie de la résistance du circuit.]

3. Neumann :

[Ils m'ont demandé si le théorème de Neumann avait un domaine d'application rétreint, ou infini. (Réponse : infini). Utilité du barreau de fer doux ? Différence entre fer doux, et fer normal ?]

Toutes les questions posées sont HP !

EXERCICE : MONTEE D'UN LIQUIDE DANS UN CAPILLAIRE

On plonge un capillaire de rayon 1mm dans un grand volume d'eau. Pourquoi l'eau monte-elle ? Déterminer la hauteur max H, et le temps T de la montée. On donne l'énergie de surface $dE_s = -\gamma ds$ (valeur de γ donnée).

Questions : pourquoi grand volume d'eau ? Pourquoi prendre en compte E_s ? C'est quoi physiquement ? Qu'est-ce qui explique physique que l'eau s'arrête de monter au bout d'un moment ?

[J'ai fait une approche énergétique pour trouver H sans prendre en compte les frottements (en minimisant E_p qui est à trouver). Pour le temps T, j'ai voulu utiliser plutôt le pdf en utilisant les forces de Laplace $dF = \gamma dl$, mais ils m'ont dit que c'était HP ... Donc je suis parti de l'équation énergétique obtenue, il fallait considérer les frottements visqueux. J'ai proposé un écoulement de poiseuille et les forces surfaciques de frottements associées, ils voulaient que je donne directement l'expression de v en fonction de v_{max} ($v = v_{max} \left(1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)$) puis une valeur pour v_{max} ($v_{max} = 2 \frac{dh}{dt}$) car $\frac{dh}{dt}$ est la vitesse moyenne de l'écoulement.]

[Commentaire : examinateurs normaux, sympas mais exigeants, qui "bombardent" de questions. Question favorite : "Pourquoi ?" (À poser un maximum de fois d'affilée au candidat jusqu'à ce que l'explication soit parfaitement claire !) et "physiquement, ça veut dire quoi ?"]

20. LYON-CACHAN (2015, STACHURSKI)

LEÇON :

Vous traduirez, par un bilan en énergie à l'interface entre 2 milieux de propriétés distinctes, la conservation de l'énergie d'une onde plane sous incidence normale. (Vous développerez 2 exemples dans 2 domaines distincts de la physique). [J'ai choisi ondes acoustiques dans les fluides et ondes électromagnétiques. J'ai perdu beaucoup de temps et ai peu développé le 2^{ème} exemple].

EXERCICE :

On étudie des naines blanches, constituées d'un plasma formé de noyaux de carbone. "Quelle est l'influence de la température sur la réactivité nucléaire ?"

21. LYON-CACHAN (2014, CHEKROUN)

QUESTION DE COURS

Limite de l'optique géométrique avec des situations concrètes.

EXERCICE

Sujet donné à l'oral au compte-goutte au fur et à mesure de mon avancée (l'examineur a dit qu'il était infinisable car toujours déclinable) :

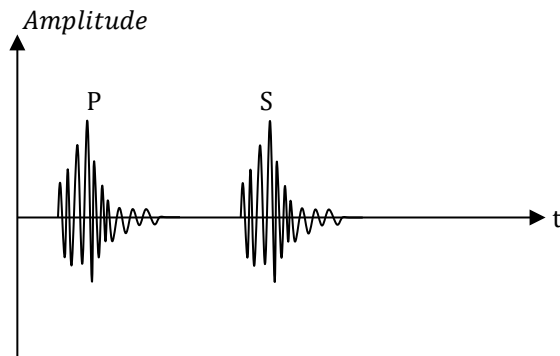
1. Je prends un grand béccher que je pose sur une balance. Je fais la tare, je remplis le béccher d'un litre d'eau et je plonge en partie un cylindre dans l'eau. Quelle est la masse affichée ?
2. Maintenant, j'oublie la balance et j'accroche mon cylindre à un ressort. Je le fais osciller verticalement dans l'eau de manière à ce qu'il y ait toujours une partie du cylindre immergée. Equation du mouvement (ne pas prendre en compte tout ce qui est frottements fluides etc. car on ne connaît pas!).
3. Idem mais avec un cône (pointe en bas). Est-ce que l'équation reste la même (aux constantes près) ? La poussée d'Archimède est-elle toujours linéaire en z ?
4. Maintenant, je reprends mon cylindre, mais la section de celui-ci est très grosse (par rapport aux bords du béccher). Que se passe-t-il ?

- [1. Enfin la poussée d'Archimède ! Bilan des forces. Réaction de la balance sur le béccher : Masse_affichée*g. Ne pas hésiter à introduire grandeurs et notations.
2. Simple TRC mais il faut introduire des mesures, longueurs etc. On tombe sur un OH classique mais avec un terme supplémentaire dû à la poussée d'Archimède.
3. L'allure reste la même car seules les constantes et les coefficients sont changés. Le volume immergé reste linéaire en z car le volume d'un cône, c'est $\frac{1}{3} \text{Aire_de_base} * h$.
4. L'eau du béccher va monter (on considère que ça ne déborde pas) et donc la poussée d'Archimède n'est pas la même. Calculer le volume déplacé, puis la nouvelle hauteur d'eau et donc la nouvelle poussée d'Archimède. Ça se fait.

Ne pas hésiter à papoter avec l'examineur, et proposer des pistes. C'est très sympa de résoudre cet exercice !]

22. ULM- PHYSIQUE1 (2013, BERTHOMIEU)

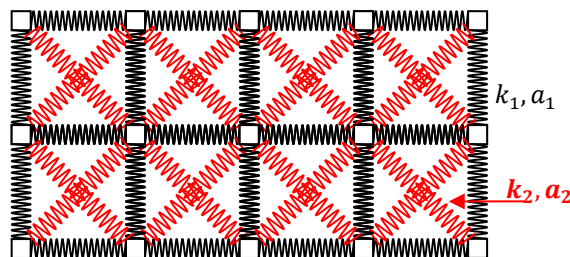
L'examineur me montre un sismographe où l'on voit deux paquets d'ondes : les P (ondes longitudinales de compression) et les S (ondes transversales de cisaillement).



Interpréter.

[Il fallait modéliser le matériau de manière à expliquer la propagation des deux ondes dont une était plus rapide. Ça a donné le schéma donné par la figure ci-dessous et on trouve :

$m \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = \left(k_1 + \frac{\sqrt{2}}{2} k_2\right) a_2^2 \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2} + \left(\frac{\sqrt{2}}{2} k_2\right) a_1^2 \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x^2}$ où ε est l'allongement suivant y]



23. ULM- PHYSIQUE 2 (2013, BERTHOMIEU)

On considère une rivière (sol horizontal) avec un obstacle au fond. Que se passe-t-il ? Comment varie la hauteur d'eau ? Trouver l'équation différentielle caractérisant l'écoulement. Représenter $gh + \frac{Cste}{h^2}$

[Exercice fait en TD, j'ai peur qu'il s'en soit aperçu]

24. LYON-CACHAN (2013, BERTHOMIEU)

QUESTION DE COURS

Etude mécanique d'un problème à deux corps. Cas particulier de l'interaction gravitationnelle. Application au mouvement des planètes.

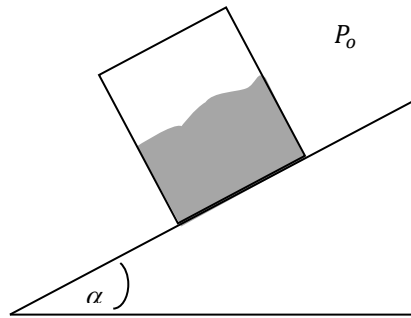
Questions posées :

- Si le système n'est pas isolé, qu'est ce qui change ?
- Quelle planète a la plus forte excentricité ? [Mercure]
- Que se passe-t-il si on considère une troisième planète ?

EXERCICE

Bécher d'eau sur un plan incliné. On néglige les frottements.

1. Donner l'équation de la surface libre.
2. On perce un trou à la base avant du bécber. Donner l'équation de la surface libre.



[Deux examinateurs, un pour chaque partie]

25. LYON-CACHAN (2013, FABRE)

LEÇON

La mécanique des fluides possède deux approches : une locale (équations) et une globale (bilans). Quels sont les intérêts et les différentes informations que l'on peut en déduire ?

EXERCICE

1. Expliquer pourquoi un métal de cuivre ne permet pas de propager des HF.
2. Pourquoi les métaux brillent ?
3. Transparence UV des métaux ?

AUTRES QUESTIONS.

1. Comment faire pour qu'une transformation soit isentropique ?
2. Détente de Joules-Thomson ?

26. LYON – CACHAN (2013 : JOUANEN)

LEÇON

Discuter le caractère irréversible de l'équation de diffusion. En particulier, montrer que l'évolution ainsi décrite dans un exemple simple est bien conforme au deuxième principe de la thermodynamique.

[J'ai pris une tige (unidimensionnelle) en négligeant les pertes comme exemple. Pour le caractère irréversible j'ai notamment montré que si $(x,t) \rightarrow f(x,t)$ était solution de l'équation de diffusion alors $(x,t) \rightarrow f(x,-t)$ ne l'était pas]

EXERCICE

Soit un atome d'hydrogène. Il se désexcite en émettant un photon de pulsation ω_0 . En fait on a un spectre de largeur $\Delta\omega$ centré sur ω_0 . Évaluer $\Delta\omega/\omega_0$.

[On a d'abord utilisé le modèle planétaire de l'atome, puis un examinateur m'a demandé d'où venait le rayonnement. J'ai donc considéré une transition d'orbitale qui aurait lieu sur une durée caractéristique τ que l'on relie ensuite à la durée d'émission d'un train d'onde : on a alors $\Delta\omega = 1/\tau$. Il fallait donc évaluer τ . L'examinateur m'a conseillé de considérer l'atome comme un dipôle de moment dipolaire p et d'utiliser la puissance émise $P = p^2/6\pi \epsilon_0 c^3$ mais je n'ai pas eu le temps d'aboutir.]

27. LYON – CACHAN (2013 : THEOKRITOFF)

LEÇON.

Quelles sont les conditions sur la source primaire et un système interférentiel pour observer des interférences ?

[Les examinateurs m'ont laissé parler sans m'interrompre durant 20min, puis les 5 derniers ils m'ont fait corriger une erreur.]

EXERCICE.

On a une onde \vec{E}_i linéaire se propageant suivant (ox) dans un plasma dans lequel il règne un champ \vec{B}_0 constant dirigé suivant (ox).

Question: Comment ressort l'onde du plasma ?

[Ils m'ont laissé modéliser mon plasma. J'ai fait un TRC qui contrairement à d'habitude fait intervenir la composante magnétique de la force de Lorentz. Ils m'ont alors conseillé de décomposer mon onde linéaire en deux ondes circulaire droite et gauche et de passer en complexe. Je l'ai fait et je suis arrivé à de longs calculs. J'y ai passé du temps. Ils m'ont dit que cela devait aboutir mais que c'était trop lourd. Du coup ils m'ont demandé de m'intéresser à l'indice optique du milieu dans les 5 dernières minutes. Je n'ai pas terriblement avancé. Ils m'ont alors demandé de deviner la polarisation de l'onde sortante. L'onde sortante du plasma est linéaire mais suivant une direction différente.]

Par linéaire, il fallait entendre polarisée rectilignement.

28. LYON – CACHAN (2013 : CLARON)**LEÇON.**

Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires, vous pourrez vous appuyer sur un exemple simple comme la bobine ou le condensateur.

[Le jury n'a pas parlé du tout pendant le temps d'exposition de la leçon, soit 15min, puis des questions sur ce que j'ai dit : la conductivité dépend-t-elle de la fréquence ? (j'avais parlé de l'effet de peau), faites rapidement et qualitativement la même chose pour le condensateur (exemple de la leçon : bobine)]

EXERCICE.

Phénomène de marée sans approximation,

L'un des deux jurys m'a dessiné la lune et la Terre au tableau, et m'a dit : Calculez.

[Il voulait en réalité l'équation de la surface de l'eau dans le cas de l'attraction purement lunaire, sachant que le système Terre-Lune était modélisé par un système à deux corps tournant autour d'un barycentre, le jury m'a pas mal aidé pour me faire comprendre le début de l'exercice, ils voulaient que j'utilise une méthode énergétique, la surface de l'eau étant une surface équipotentielle, malheureusement je n'ai pas su faire le calcul. Dans un second temps, le but était de faire pareil pour le soleil et de comparer quel était l'effet de plus important, ce que je n'ai pas fait car je n'ai même pas réussi à faire la Lune.]

29. ULM - PHYSIQUE 1.

On entend souvent à la météo : l'humidité de l'air est de 90% ; que cela signifie-t-il ?

Évaluer numériquement la pression en eau.

[L'examineur me demande si je connais la tension superficielle. Il me dit qu'à l'interface eau liquide / vapeur d'eau, par exemple, est associée une énergie de surface $dE = \gamma dS$ pour une aire dS . Il me pose quelques questions pour me faire comprendre le sens physique : dimension de γ ?]

On considère une goutte d'eau de rayon R dans une cuve ne contenant que de la vapeur d'eau sous une pression P supérieure à la pression de vapeur saturante à 25°C. Que devient la goutte ? S'évapore-t-elle ? Grossit-elle ?

[Les examinateurs à Ulm sont géniaux : on peut discuter avec eux et avoir un échange constructif.]

30. ULM - PHYSIQUE 2.**EXERCICE.**

On considère une OPPM polarisée circulairement qui arrive sur une lame demi - onde.

1 - Quel est le couple exercé par la lumière sur la lame ? L'exprimer en fonction des indices de la lame et du flux de puissance incidente.

2 - Quelle est l'énergie d'un photon ?

3 - En déduire grâce à l'étude précédente le moment cinétique d'un photon.

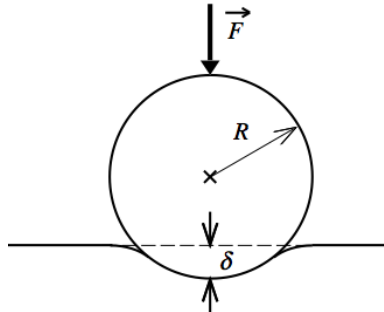
4 - En déduire le moment cinétique d'un photon dans le vide.

31. LYON - CACHAN.

LEÇON.

Quelles sont les différences et les analogies entre le champ électrique créé par une molécule d'eau et le champ magnétique créé par une spire parcourue par un courant permanent ? On évitera les développements trop lourds.

EXERCICE.



On considère une sphère de rayon R , dont on néglige la masse. On la pose sur un milieu élastique. Quand on applique une force verticale \vec{F} , la sphère s'enfonce de δ tel que $\delta \ll R$. Donner $F(\delta)$.

[Alors que je voulais faire une modélisation un peu propre, ils voulaient en fait que je fasse une modélisation très simple où on considère que le contact est un disque et où on applique $\sigma = E \frac{\Delta \ell}{\ell}$ en prenant pour ℓ le rayon de contact du disque ce qui, selon moi, n'a aucun sens.]

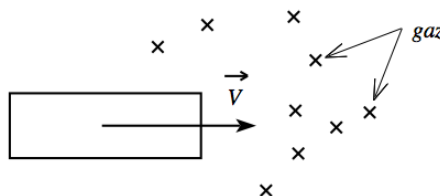
32. LYON - CACHAN.

LEÇON.

Définir une transformation adiabatique. Sous quelles conditions une compression peut-elle être adiabatique ?

EXERCICE.

Un bloc se déplace dans un milieu peu dense à la vitesse \vec{v} . A l'infini, la température est T_0 . Calculer la température au "nez" du bloc (qui modélise un avion).



Indice : bilan d'énergie cinétique, relier la vitesse moyenne des molécules à la température T par $\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$

[Remarques :

- ils m'ont beaucoup embêté sur les manipulations de grandeurs moyennes : a-t-on $\langle \vec{v}^2 \rangle$ ou $\langle \vec{v} \rangle^2$?

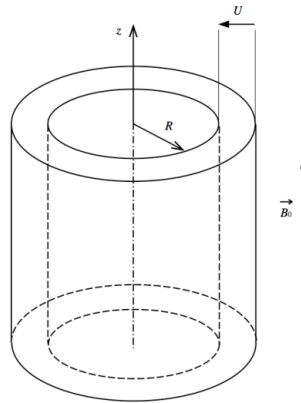
- deux examinateurs : un grincheux et celui qui "animait" le débat, posait des questions, réagissait à mes remarques.]

33. ULM- PHYSIQUE 1.

Un condensateur cylindrique de très grande longueur possède des armatures très proches. Il est chargé sous la tension U . Il est plongé dans un champ magnétique \vec{B}_0 parallèle à l'axe du cylindre. On se débrouille pour provoquer sa décharge dans le vide. Calculer le moment cinétique du système $\vec{\sigma}_f$ quand $t \rightarrow \infty$. L'exprimer en fonction de \vec{E}_0 , \vec{B}_0 et R rayon des armatures.

[J'ai voulu exprimer la vitesse des électrons (méthode énergétique), ça n'a pas marché. On a vu pourquoi, puis j'ai essayé le TMC (raisonnement type méca-flux), ça a marché.

Examineur sympathique et surtout bienveillant. Il cherche à aider tout en nous laissant chercher.]



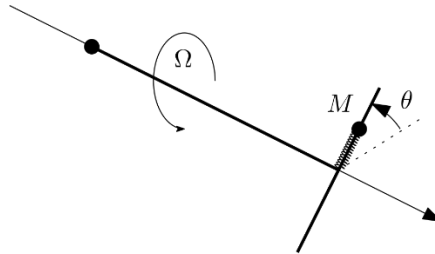
II. X - ESPCI.

EPREUVE ORALE X-ESPCI

L'épreuve, d'une durée de 50 minutes sans préparation, se compose en général de deux à trois exercices pour les meilleurs candidats. En général, l'examineur commence par observer les réactions du candidat. Puis il ne vous aidera vraiment que si vous avez déjà avancé seul(e) dans la résolution de l'exercice.

34. X-ESPCI (2025, THOUVENOT - 15/20)

EXERCICE 1



1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de M (de masse m) sachant que $\Omega = Cste$.
2. Etudier le cas particulier : $\Omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$
3. Dans le cas où $\Omega < \omega_0$ pourquoi peut-on avoir divergence ?

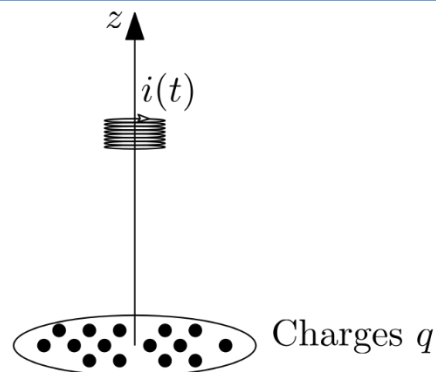
EXERCICE 2

Des charges ponctuelles sont réparties sur un disque (voir ci-contre).

Pour $t < 0$ la bobine est parcourue par un courant $i(t) = I = cste$

A $t = 0$, on coupe le courant.

Que se passe-t-il ?



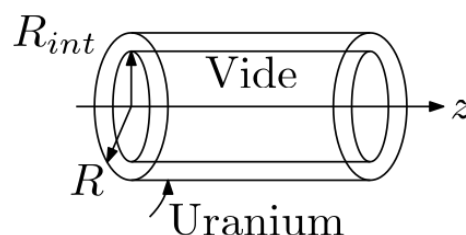
35. X-ESPCI (2025, DEMAY - 12/20)

QUESTION DE COURS

Entropie d'un gaz parfait (très rapide : 5mn)

EXERCICE

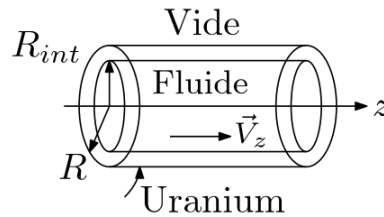
1. On considère le dispositif suivant :



Dans l'uranium, les réactions nucléaires développent une puissance volumique constante.

Déterminer le champ des températures en tout point du barreau d'uranium.

2. On considère maintenant le dispositif suivant (l'examineur fait le dessin au tableau) :

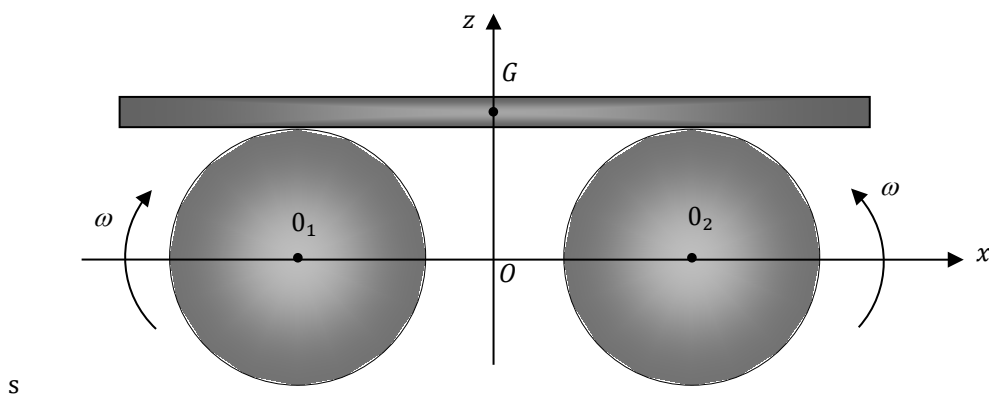


L'écoulement du fluide est parfait, incompressible-homogène, stationnaire.

Déterminer la température en tout point de l'écoulement.

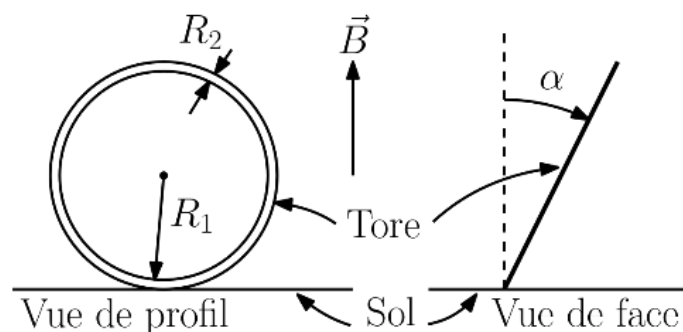
36. X-ESPCI (2024, SHARKAWI – 13/20 ; 2021, TATON - 7/20)

Machine de Timochenko : Mouvement de la barre ?



37. X-ESPCI (2023, ODDOU – 18/20)

Un tore est positionné sur une table. Il est plongé dans un champ magnétique vertical vers le haut. On écarte légèrement le tore de sa position d'équilibre : que se passe-t-il ?



Hypothèses :

- $R_2 \ll R_1$
- Le tore est conducteur (γ)
- Le tore ne peut pas rouler

[Je propose un plan pour la résolution :

- Définir les repères et les angles d'étude
- Calculer la force de Laplace élémentaire

- Calculer le moment associé et l'intégrer
- Calculer le courant induit
- Appliquer le TMC

Remarques :

- Le moment des forces de Laplace est long et pénible à calculer mais c'est faisable, le jury n'a pas voulu que j'utilise la formule $\vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}$
- Après les TMC je suis arrivé à :

$$\ddot{\alpha} + A \cos^2 \alpha \dot{\alpha} + B \sin \alpha = 0$$

]

38. X-ESPCI (2023, BEN – 9/20)

On considère un fluide visqueux de masse volumique ρ et de viscosité η . On immerge un cylindre (rayon R , hauteur h , axe (Oz)) dans le fluide et on le met en rotation, à $t = 0$, à la vitesse angulaire $\vec{\Omega}$, autour de l'axe (Oz) .

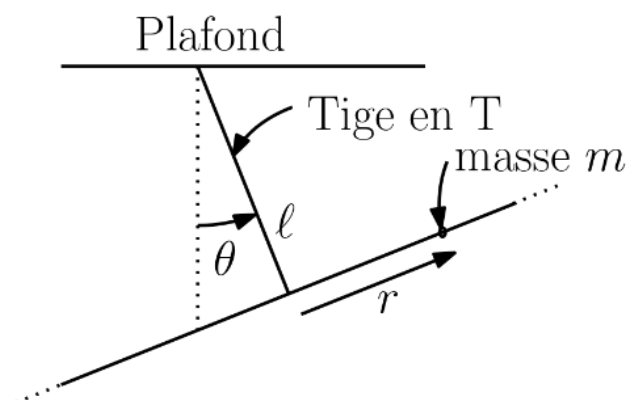
Déterminer le champ des vitesses dans le fluide.

[Résolution :

- J'ai directement parlé des conditions limites sur le cylindre puis j'ai parlé des symétries et invariances, j'ai obtenu $\vec{V} = V(r, t)\vec{e}_\theta$.
- J'ai écrit NS et j'ai montré que cela revenait à $\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \eta \vec{\Delta} \vec{v}$
- J'ai proposé $V(r, t) = f(r)g(t)$ mais là le jury m'a coupé en me disant qu'on cherchait des solutions stationnaires pour commencer. Il m'a alors donné le Laplacien cylindrique. Ce Laplacien faisait apparaître $\frac{\partial^2 \vec{e}_\theta}{\partial \theta^2}$: il m'a fait retrouver le résultat par le calcul.
- J'ai trouvé l'équation vérifiée par $V(r)$: j'ai proposé de chercher les solutions sous la forme : $V(r) = Ar^n$: ça a très bien marché, j'ai trouvé : $n = \pm 1$. J'ai donc obtenu : $V(r) = Ar + \frac{B}{r}$ avec $A = 0$ (pb de divergence) et B déterminé à partir des conditions limites.
- Il m'a demandé le temps caractéristique de mise en place du RS : j'ai utilisé NS
- Ensuite j'ai repropoé la solution à variables séparées, on a discuté du signe de la constante et on s'est arrêté là.
- Il m'a demandé de parler de la situation inverse : un fluide dans un cylindre en rotation. J'ai dit que cette fois, la vitesse serait de la forme : $V(r) = Ar$

39. X-ESPCI (2023, MARTINETTI 14/20)

On considère une tige de masse M en T attachée au plafond. Une masse m coulisse sans frottement sur la tige. Déterminer les équations du mouvement de la tige et de la masse.



[Questions supplémentaires :

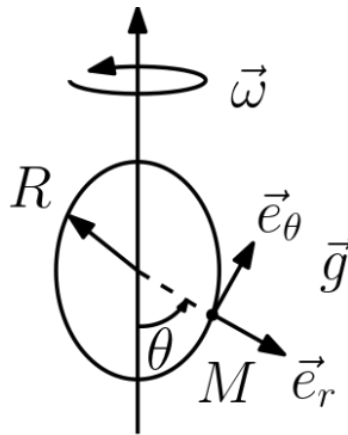
- Quelles sont les directions des forces d'inertie qualitativement ,
- Linéariser les équations obtenues]

40. X-ESPCI(2023, SUAUI 13/20)

On considère le dispositif suivant ci-dessous.

Donner l'équation différentielle vérifiée par la masse m en M , donner les positions d'équilibre et discuter de leurs stabilités.

[L'examineur parlait beaucoup, plus que ce à quoi je m'attendais. A la fin j'ai fait une erreur de calcul, il s'est levé pour aller au tableau, mais il n'avait pas l'air agacé, j'ai eu l'impression que c'était normal pour lui]



Exercice ultra classique

41. X-ESPCI (2022, MARTINAGGI – 11.5/20)

On considère un barreau d'uranium qui réalise des réactions nucléaires en son sein, le tout est plongé dans un fluide inconnu.

1. A partir d'un modèle simple, déterminer le profil de température dans le barreau. Où la température est-elle maximale ?
2. Reprendre les calculs précédents en tenant compte des échanges conducto-convectifs avec le fluide ; Exprimer T_{max}
3. On fait passer un tuyau creux à travers le barreau et on y fait passer de l'eau . Calculer à nouveau T_{max} et discuter de l'efficacité du procédé de refroidissement.

[Grosse discussion sur les différentes formes de transferts thermiques, sur la fusion des solides, les transferts thermiques dans les étoiles, la convection, les approximations à réaliser et les odg]

[Jury jeune, pas méchant du tout mais pas vraiment présent, me laisse diriger la présentation et accepte toutes les approximations avant de les refuser à la fin... notamment refuse le cas 1D]

42. X-ESPCI (2022, BERGER – 11/20)

Le fameux cylindre dans un solénoïde alimenté en régime variable (signal dont le fondamental est à 50 Hz).

Questions : quelle est la puissance dissipée ? Applications ?

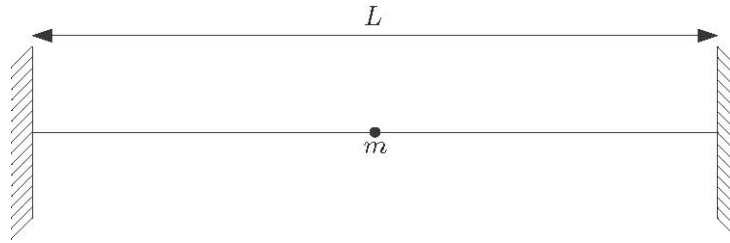
[Examineur muet sauf pour signaler des erreurs en fin de calculs]

43. X-ESPCI (2021, PALOC – 15/20)

On considère une plaque de verre de rayon a posée sur une table avec un mince filet d'eau entre deux. Déterminer la force à exercer sur la plaque pour la soulever à vitesse constante.

44. X-ESPCI (2021, MARTINAGGI – 6/20)

On considère un fil de longueur L dont les extrémités sont fixées sur deux murs. On place une masse m à la moitié du fil. A quelle condition a-t-on des modes propres verticaux ?



[Examinateur très froid, parlant peu et qui n'était pas d'une grande aide lors des phases problématiques]

45. X-ESPCI (2021, BOISTEL – 11.5/20)

On considère un dispositif de deux fentes de largeur $a=50$ micromètres espacées d'une longueur d , que l'on éclaire d'abord par une source lumineuse monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0=650$ nm puis par un faisceau d'électrons. On place un écran à une distance $D \gg d$ des fentes.

1. À quelles conditions peut-on observer des interférences ? dans ce cas, calculer la position des franges et l'interfrange sur l'écran
2. On souhaite maintenant utiliser un faisceau d'électrons. Proposer un dispositif pour accélérer les électrons et calculer la vitesse des électrons au niveau des fentes, en fonction des caractéristiques du dispositif proposé. A quelle condition peut on avoir des interférences ?
3. On souhaite déterminer par quelle fente passe l'électron. Cela est-il compatible avec l'observation d'interférences ? (question supplémentaire : proposer un dispositif pour détecter les électrons dans une fente)

[Remarques : Examinateur plutôt bienveillant et généreux sur les indices, mais quand même pas très bavard.

Autre question : Signification physique transformée de Fourier]

46. X-ESPCI (2019)

On a le potentiel :

$$V(x) = V_0 \left(1 - \frac{x^2}{a^2} \right)$$

Pour $x \in [-a, a]$ et nul ailleurs.

On émet un jet d'électrons d'énergie $E > 0$ vers les x croissants.

On pose :

$$V_0 = \frac{\omega^2 m}{2}$$

1. On se place dans le cas où :

$$\frac{\hbar^2}{2ma^2} = \left(1 + \frac{E}{V_0} \right)^2$$

Interpréter cette condition.

2. Décrivez les électrons dans ce potentiel.

47. X-ESPCI (2018, PELTA)

Moteur diesel :

- (1) → (2) : Compression adiabatique réversible.
- (2) → (3) : Chauffage isobare
- (3) → (4) : Détente adiabatique réversible
- (4) → (1) : Refroidissement isobare

On a : $a = \frac{V_1}{V_2}$ et $b = \frac{V_3}{V_2}$

1. Exprimer le rendement du moteur η en fonction de a, b, γ .
2. Le tau a étant fixé, déterminer le rendement maximal.

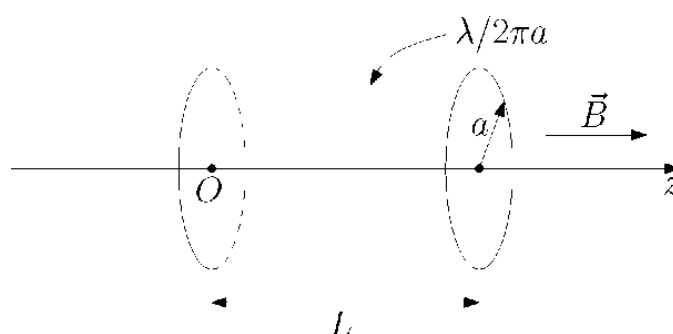
48. X-ESPCI (2018, YOUS - 13/20)

On considère deux fils de cuivre cylindriques identiques de rayon $a = 2 \text{ mm}$, de longueur $L = 10 \text{ m}$, séparés de $d = 10 \text{ cm}$, plongés dans un milieu peu conducteur, de conductivité σ . On applique une tension de 100 V entre les deux fils. Quelle est l'intensité I passant entre les deux fils ?

49. X-ESPCI (2017, GU - 11.5/20)

Le cylindre, pouvant tourner autour de l'axe (Oz) , est un isolant soumis à un champ \vec{B} uniforme selon (Oz) .

1. A $t = 0$, le cylindre est au repos et on diminue B . Que se passe-t-il ?
2. Déterminer la vitesse angulaire du cylindre.



50. X-ESPCI(2017, GODIN)

On considère une onde électromagnétique se propageant dans un milieu conducteur. Ce milieu vérifie la loi d'Ohm locale et possède une conductivité $\sigma(\omega)$.

- 1) Montrer que la charge volumique du milieu reste nulle sauf pour une valeur de ω particulière. [Il fallait utiliser les équations de Maxwell]
- 2) Retrouver l'équation de propagation.
- 3) Quel type de milieu a-t-on ? [Absorption, dispersion...]
- 4) Déterminer $\text{Re}(\underline{k})$ et $\text{Im}(\underline{k})$. [Équation du second degré à résoudre]

[Examinateur agréable, ouvert à la discussion]

51. X-ESPCI (2017, SABATIER - 6.5/20)

je suis tombé sur de la thermodynamique, je ne comprenais pas ce qu'il attendait de moi, il n'était pas clair.

On considérait un gaz qui se détend dans une conduite à une vitesse constante U . La question était : quelle grandeur se conserve ? Sans aucune hypothèse, j'ai dit qu'a priori aucune fonction d'état ne se conservait. Il m'a dit que l'enthalpie se conservait mais je n'étais pas d'accord, on avait besoin d'hypothèse. Il m'a dit que si. Bon je suis allé dans son sens, après on s'est intéressé aux cas où le gaz était parfait. Là j'ai pensé à citer les lois de Joule. Ensuite on nous donnait la loi d'état de Van der Waals, il nous demandait quelle dérivée partielle étudier pour connaître la variation d'enthalpie pour une variation de température, je propose naturellement dH/dT à pression fixée, il m'a dit de réfléchir. Ne sachant quoi d'autre proposer, il m'a guidé dans un raisonnement pour aboutir à L'étude de dH/dT à pression fixée. Là il m'a énervé. Ensuite, on nous donnait une relation entre H et T , du coup j'ai fait la dérivée partielle, et on a discuté du signe en fonction de la valeur de la pression, plus le tracé d'une courbe. Enfin il m'a demandé de tracer le diagramme $P=f(H)$, je l'ai qualitativement tracé, ai donné quelques caractéristiques (tracé des isothermes...). L'oral se finit ainsi, Je n'ai peut-être pas été brillant mais l'examinateur n'aidait aucunement, n'était pas clair et pas agréable.

52. X-ESPCI (2016, HEYRAUD - 4/20)

Un pélican se pose sur une surface froide, une artère amène le sang du cœur jusqu'à la patte du pélican, et une veine ramène le sang de la patte vers le cœur. La veine est au contact de l'artère. Calculez la température du sang qui revient vers le cœur.

[Commentaire : L'examinateur était conscient que l'exercice était compliqué au niveau de la modélisation et m'a conseillé de prendre le temps de la réflexion. Le stress est monté, j'ai essayé une modélisation simpliste qu'il a bien évidemment refusé avant de me mettre sur la piste. Malgré ça impossible de me concentrer, j'ai perdu mes moyens sur le bilan à faire et je n'ai pas pensé à la loi de Fourier...]

53. X-ESPCI (2016, LAFON)

Un cylindre infini, de rayon R , se déplace dans un fluide parfait avec une vitesse constante V_0 .

- > Montrer qu'il existe ϕ tel que $v = \text{grad}(\phi)$.
- > Donner le champ des vitesses.
- > Calculer la force exercée par le fluide sur le cylindre.

[J'ai pris beaucoup de temps à la première question pour montrer que le rotationnel de v était nul. Une fois cela fait j'en ai déduit immédiatement le résultat, sauf qu'il m'a demandé de justifier que si $\text{rot}(v)=0$, alors il existe ϕ tel que $v = \text{grad}(\phi)$. J'avoue que j'avais appris la conclusion sans trop me poser de questions sur le pourquoi du comment, j'ai juste pu dire que $\text{rot}(\text{grad}())=0$ mais c'est vrai que de là à en déduire l'existence d'un potentiel ϕ ... bref, ma petite explication n'a pas semblé lui suffire mais j'avais déjà perdu du temps donc on est passés à la suite.]

54. X-ESPCI (2015, FLEURY - 10/20)

[J'ai eu un exercice de mécanique quantique sur l'oscillateur harmonique, très proche du cours mais je ne m'en suis pas bien sorti : c'était très calculatoire et je faisais pas mal d'erreurs. J'ai été également déstabilisé par la notion de potentiel, que l'on assimile dans le cours à l'énergie potentielle alors que dans l'exercice il s'agissait du potentiel électrostatique : il fallait donc rajouter $-e$.]

On considère un électron de charge $-e$ et de masse m soumis à un potentiel $\Phi = -\frac{m\omega^2 x^2}{2e}$. On cherche à déterminer son minimum d'énergie E .

1. Estimer ce minimum.
2. On considère des solutions stationnaires de la forme : $\Psi(x, t) = \phi(r) \exp\left(-\frac{jEt}{\hbar}\right)$ avec $\phi(r) = A \exp\left(-\frac{\alpha x^2}{2}\right)$. Déterminer A et α .

55. X-ESPCI (2015, COOREMAN - 9/20)

On considère un atome de polarisabilité α et de moment magnétique μ dirigé suivant (Oz). Cet atome est placé dans les x négatifs et en $x = 0$, on place un miroir parfait ($r = -1$). On considère une OPPM se propageant suivant les x croissants avec le champ magnétique orienté suivant (Oz). Trouver les positions d'équilibre de l'atome.

[Le jury n'a pas parlé de tout l'oral]

56. X-ESPCI (2015, OLLIVIER)

On considère un puits de potentiel semi-infini.

1. Trouver les équations permettant de déterminer les énergies des états liés.
2. Quelle est la valeur limite de V_0 permettant d'avoir des états liés ?

[Exercice vraiment facile pour un exercice ESPCI, j'ai été un peu lente et j'ai bloqué un peu sur les calculs. Comme l'exercice était vraiment facile, je pense que l'examinateur a été plus sévère. Il était très gentil]

57. X-ESPCI (2014, CHEKROUN)

Soit une étoile binaire, c'est-à-dire un système de deux étoiles tournant l'une autour de l'autre et de masses différentes. L'atmosphère de l'étoile la plus légère est absorbée par l'étoile la plus lourde. Expliquer.

[J'ai d'abord évoqué les forces d'interaction gravitationnelle entre les deux étoiles. Puis je voulais introduire une masse réduite et à ce titre quand j'ai introduit un centre de masse il m'a demandé pourquoi il était fixe. Il m'a demandé d'étudier le mouvement des étoiles. J'ai donc exprimé les vitesses de rotation autour de G de chacune des deux étoiles. Il m'a demandé la fréquence de rotation. J'ai donné ω_1 et ω_2 puis je les ai égalées (même pulsation de rotation). D'où :

$$r_2 = \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{\frac{1}{3}} r_1 \text{ avec } r_1 = O_1G \text{ et } r_2 = O_2G$$

Puis, pour en revenir à la question, il m'a demandé de donner un ordre de grandeur de la hauteur de un ordre de grandeur de la hauteur de l'atmosphère de l'étoile. Il m'a à nouveau aidé en me précisant atmosphère isotherme. J'ai donc écrit :

$$P(z) = P_0 \exp\left(-\frac{Mg}{RT}z\right)$$

Et

$$H = \frac{RT}{Mg}$$

[J'ai proposé $T = 5000K$, $M = 10^{-3}kg/mol$, pour g j'ai galéré ! je suis arrivé à $g = \frac{Gm}{R^2}$

Il m'a demandé l'ordre de grandeur de m et R pour le soleil. J'ai trouvé 450 K pour le soleil.

Je n'ai pas eu le temps de finir]

58. X-ESPCI(2013, CLARON)

EXERCICE 1.

On considère une bouteille remplie aux deux tiers avec de l'eau et fermée par un bouchon. On connaît la tension superficielle des bulles d'air. Deux bulles d'air fusionnent, déterminer la variation de pression au bouchon.

$$\left[\frac{2\gamma}{r_0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right]$$

EXERCICE 2.

Soit une bassine trouée remplie d'eau sur un skate-board, étudiez.

[Il fallait faire un bilan de quantité de mouvement, et faire attention car la surface de l'eau n'était pas plane quand le skate bouge. Examineur ni froid ni sympathique, il ne m'a pas donné un seul indice sur la tension superficielle, mais m'a signalé mes erreurs de signe de façon indirecte : "Etes vous sur que la variation de pression diminue ?", "Etes vous sur que si r est infini, la pression est négative ?". Il faut dire aussi que je suis passé dernier, donc peut-être qu'il en avait un peu marre.]

59. X-ESPCI (2013, BERTHOMIEU 13/20)

EXERCICE 1

Deux plaques (infinies) parallèles distantes de d . Champ B constant à l'intérieur parallèle aux plaques.

On fait passer un diélectrique à une vitesse v à l'intérieur, $v //$ plaques et orthogonale à B .

Quelle est la différence de potentiel entre les plaques ?

[il m'a tout fait : il m'a dit de prendre un analogue électrique. Plaques avec fluide au repos dans un champ $E = vB$ et de considérer P avec $\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$ (#) puis $\vec{P} = \frac{E}{\epsilon_0}$ par homogénéité. Ce qui me semble idiot ! On trouve alors $\chi = v \cdot B \cdot d$. Il n'avait pas ça sur son papier, donc il a dit : "dans votre raisonnement, dans (#) vous ne considérez pas le champ total mais simplement l'analogie de B , or le diélectrique crée un champ. On ne va pas le calculer, mais ça donne : $U = \left(1 - \frac{1}{1+\chi}\right)vBd$ qui au 1er ordre donne le premier résultat.]

EXERCICE 2

1. Quelle est la relation de Van der Waals pour une mole de gaz réel ?
2. Retrouver alors la relation pour n moles.
3. Idem pour l'énergie interne : $U = Cv^*T - a/V$
[Il fallait considérer le caractère intensif ou extensif des variables.]
4. Pour une adiabatique réversible, trouver la caractéristique de ce gaz.

[Examineur qui attend des réponses précises à ses questions vagues. Examineur étranger, attention à ne pas le comprendre de travers...]

60. X-ESPCI (2013, JOUANEN)

Soient deux ballons de baudruche, souples et reliés entre eux par un tube rigide indéformable de volume négligeable devant ceux des ballons. Étudier le rayon des ballons (qui n'est pas le même à $t = 0$, ajoute l'examineur).

[L'examineur m'a fait commencer par un seul ballon. J'ai voulu exprimer la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du ballon par $\Delta P = 2\gamma/R$ mais il me l'a interdit. J'ai ensuite modélisé la membrane du ballon par un ressort en deux dimensions puis il m'a demandé quel était le potentiel thermodynamique du système. Ensuite il m'a fait tracer toutes sortes de courbes ($E = f(R)$, $dE/dR = f(R)$, $P = f(R)$ avec P la pression à l'intérieur du ballon et E l'énergie (laquelle??) du gaz contenu dans le ballon). Je ne voyais pas du tout où il voulait m'emmener, il était plus embrouillant et énervant qu'utile et a passé l'heure à me tutoyer et à me lancer des remarques caustiques. Bref, un oral particulièrement pénible, si vous croisez un grand blond dégarni d'une cinquantaine d'années aux oraux de l'X, méfiez vous...]

61. X-ESPCI (2013, THEOKRITOFF)

[L'examineur parlait très faiblement et je devais sans cesse lui demander de répéter. Il n'a pas non plus fait l'effort de montrer le moindre intérêt.]

1. Déterminer la capacité d'un condensateur plan. (Armatures planes infinies).

[J'ai rapidement résolu l'exercice en faisant preuve de rigueur.]

2. Calculer la capacité du condensateur précédent dans lequel on a pivoté l'un des plans d'un angle α .

[J'ai d'abord essayé la même méthode que précédemment en projetant mon champ électrique sur de nouveaux axes. Cette méthode ne fonctionne pas car σ n'est plus constant et il n'est plus possible de déterminer V à partir de $\vec{E} \cdot d\vec{l}$. L'examineur m'a fait retrouver l'équation de poisson. Puis il m'a laissé me débrouiller. Puis 5 min avant la fin il m'a donné l'astuce. Prolonger les plans des condensateurs. Noter O un point de leur intersection. Considérer que O est le centre d'un repère polaire. On remarque que $V(r, \theta = 0) = V_1$ et que $V(r, \theta = \alpha) = V_2$. J'ai alors proposé de considérer V indépendant de r . J'ai alors pu résoudre l'équation Laplacien ($\Delta V = 0$). J'en ai déduit \vec{E} . Je n'ai pas ensuite eu le temps d'utiliser la relation de passage pour déterminer σ , ce qui m'aurait permis de finir l'exercice.]

62. X-ESPCI (2013, TAUB).

Soit un fil de torsion infini, d'où pendent des pendules, espacés d'une longueur donnée.

(1) donner l'équation de propagation (On ne négligeait pas le poids)

[C'est direct avec un TMC et l'approximation des milieux continus]

(2) Linéariser et donner l'équation de dispersion.

[Il m'a demandé de commenter l'équation (c'était type Klein Gordon, mais je ne me souvenais plus du nom) Il m'a demandé ce qu'on observait au bout de la chaîne, de dessiner l'enveloppe en sortie.]

(3) On envoie un soliton (il m'a défini le soliton comme : une impulsion de vitesse constante) en entrée, montrer qu'on obtient un soliton en sortie, avec l'équation non linéaire, en passant par une équation différentielle d'ordre 1.

[Je n'ai vraiment pas du tout compris cette question, parce que l'équation linéaire donnait un système dispersif donc normalement le soliton aurait dû se déformer. Avec l'équation non linéaire, on ne pouvait pas trouver v_{ϕ} donc je ne savais pas quoi faire. Il m'a dit d'introduire une nouvelle variable pour la solution, donc j'ai pris $t - \frac{x}{v}$ et donc là j'obtenais l'équation différentielle d'ordre 1 (sauf qu'il fallait intégrer dans la dernière minute, et avec le stress je n'ai pas retrouvé (...), mais sinon l'équation était bonne.

L'examineur n'était pas très bavard, mais il m'a quand même aidée.

Il m'a posé les questions au fur et à mesure.]

63. X-ESPCI (2013 : BOUILLIN)

On souhaite envoyer une sonde sur Mars en utilisant le moins de carburant possible. Quelle est la trajectoire optimale ? Donner la vitesse d'atterrissage et celle de décollage. Quelle est la durée du trajet ? Quelle est l'énergie transmise à la sonde ?

64. X-ESPCI (2013 : MOULIN + HACQUIN).

Soit un oscillateur non linéaire auquel on associe l'énergie potentielle $U(x) = \frac{1}{2}kx^2 + \lambda mx^3$ où λ est une constante « petite ».

Trouver l'équation du mouvement et la résoudre avec $x(0) = 0$

On suppose que l'oscillateur est en fait un atome dans une barre métallique unidimensionnelle, la répartition des atomes vérifiant la loi de Boltzmann ($\propto \exp\left(-\frac{E_m}{k_B T}\right)$), déterminer le coefficient de dilatation thermique du métal.

[Examineur qui incite à expliciter le sens physique du problème avant tout et qui adore les développements limités]

65. X-ESPCI.

EXERCICE 1.

Une onde se propage entre deux fluides parfaits et incompressibles de masse volumique ρ_1 et ρ_2 . Les fluides sont semi - infinis. Quelle est la relation de dispersion ?

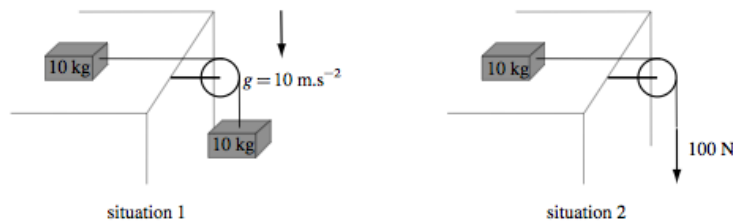
[Il me dit qu'il faut prendre en compte la tension de surface et que la vitesse ne dépend que de x, z et t . Il m'a expliqué au milieu sur l'exemple d'une sphère de rayon R comment prendre en compte la tension de surface en fait ça intervient dans les conditions aux limites pour la pression : $\Delta P = \frac{2\gamma}{R}$ et dans le cas général il faut remplacer $\frac{2}{R}$ par la courbure moyenne.

J'ai mis un pas mal de temps à comprendre qu'on pouvait en fait écrire la pression sous la forme $P = P_0 + P_1(z) \exp[i(\omega t - kx)]$ et après en découplant les projections des équations d'Euler et le $\text{div}(\vec{v}) = 0$ on trouve une équation en $P_1(z)$. Je n'ai pas eu le temps de terminer l'exercice.]

EXERCICE (5 MIN AVANT LA FIN).

On a dans un cas deux bloc de 10 kg reliés par un corde, un bloc est sur une table et l'autre pend dans le vide, il y a une poulie à la limite de la table.

Dans le 2^{ème} cas on a toujours le bloc sur la table et la poulie mais on applique au bout de la corde qui pend dans le vide une force de 100 N quel bloc descend le plus vite ?



[En gros, le poids du bloc qui pend fait aussi 100 N ; il m'a dit qu'il ne voulait pas de calcul car il n'y avait pas le temps et qu'il fallait trouver une explication qualitative.]

66. X-ESPCI.

Une bulle de savon est portée à un potentiel $V_0 = 100$ V par rapport à la terre. Elle explose et donne naissance à une goutte d'eau savonneuse. Calculer le potentiel V_1 de la goutte par rapport à la terre.

[Dans un premier temps j'ai calculé la quantité de savon de la bulle (qui se conserve). On introduit donc le rayon R et l'épaisseur e de la bulle. Au premier ordre le volume est $V = 4 \pi R^2 e$.]

Quel est l'ordre de grandeur de e ?

[L'examineur me dit de considérer des interférences pour aboutir à e de l'ordre de grandeur de λ , la longueur d'onde correspondant à la couleur des reflets de la bulle. Je n'ai pas réussi à conclure mais on a continué. La suite repose sur la conservation de la charge totale donc sur l'identité des champs avant ou après l'explosion à une distance supérieure à R . Connaissant V_0 on trouve E lorsque le savon est sous forme de bulle. De E (qui reste donc constant lors de l'explosion) on déduit V_1 en prenant en compte la nouvelle géométrie de la distribution (une boule).]

$$\text{On trouve : } V_1 = V_0 R (3 R^2 e)^{\frac{1}{3}}$$

[Oral très déstabilisant mais en fin de compte pas si compliqué.]

67. X-ESPCI.

On considère un point M de masse m soumis à une force centrale \vec{F} . Comment doit être \vec{F} pour que la trajectoire de M soit circulaire et passe par le centre de force ?

68. X-ESPCI.

On considère une goutte d'eau dans l'atmosphère humide. On néglige les frottements de l'air. Déterminer l'accélération de la goutte et sa vitesse quand elle touche le sol.

Par atmosphère humide, l'examineur entendait de l'air humide, il fallait donc faire la différence dans les bilans entre masse volumique de l'eau et celle de l'atmosphère.

[Bon, par où on commence? J'ai proposé des bilans de masse entre t et $t + dt$, d'une part la variation de masse est égale à ce qui va gonfler la goutte pendant dt , d'autre part c'est aussi la masse que rencontre la goutte quand elle chute. On obtient ainsi une équation reliant le rayon $R(t)$ de la goutte et sa vitesse $v(t)$. On écrit la RFD dans son état le plus général, on introduit le rayon dans la RFD à partir de la masse, et grâce à la relation précédente, on obtient une constante du mouvement, qui après remaniement permet de trouver l'accélération, de mémoire :

$$a = -\frac{g}{7} \left(\left(\frac{R_0}{R} \right)^7 - 1 \right)$$

Une fois l'accélération déterminée, la fin se fait toute seule. Le plus difficile a naturellement été de démarrer, l'examineur étant au départ très peu loquace et très intéressé par son Mac, ça allait mieux au fur et à mesure de l'oral.

A rajouter dans les ODG usuels à connaître : hauteur d'un nuage qui donne de la pluie]

69. X-ESPCI.

On considère une spire de diamètre D qui tombe suivant Oz (l'accélération de la pesanteur g est suivant Oz) et reste tout le temps parallèle au plan xOy , tout cela dans un champ magnétique $B = B_0(1 + kz)$ suivant Oz . On néglige les frottements de l'air. Quelle est la vitesse limite ?

Ndlr : ce champ ne vérifie pas $\text{div } \vec{B} = 0$ si c'est sa seule composante. Il faut donc probablement faire l'hypothèse de l'existence d'une composante radiale et la calculer via le petit cylindre habituel.

[J'écris donc l'équation électrique puis mécanique et là je trouve que la résultante des forces de Laplace est nulle (on trouve une force élémentaire radiale et donc une résultante nulle) : on est ramené à une chute libre, ça il n'y a donc pas de vitesse limite $\frac{dz}{dt} = -gt + C$!! Il y a forcément une erreur car on n'obtient pas le couplage électromécanique parfait et puis il y a dissipation d'énergie par effet Joule... Enfin bref quelque chose cloche mais je n'arrive pas à trouver quoi !

S'ensuit un beugage : en fait, on ne considère jamais le champ magnétique créé par les courants induits dans la force de Laplace !! Je pense que c'est parce que c'est négligeable dans 99% des cas mais j'y avais jamais fait attention. De toute façon, le plan contenant la spire est un plan de symétrie des courants donc B induit est perpendiculaire à ce plan donc on a encore des forces de Laplace élémentaires radiales donc une résultante nulle ... Bref ... l'examineur me fait plus ou moins admettre l'existence de cette vitesse limite (il ne parle quasiment pas et regarde son ordi, et lorsqu'il parle ses indications sont très métaphysiques).

J'utilise l'équation électrique du type : $L \frac{di}{dt} + Ri = -S B_0 k \frac{dz}{dt}$ pour dire que quand on a la vitesse limite, i est constant et on obtient la vitesse limite en fonction

de i limite. En utilisant le bilan énergétique (celui qu'on devrait normalement trouver) : $Ri^2 = -\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} Li^2 + mgz \right)$

, on trouve une autre expression de v limite en fonction de i limite et on en déduit une expression du type : $v_l = \frac{mgR}{(SB_0k)^2}$. Cependant, il ne semble pas très satisfait

...]

SOMMAIRE

I. E.N.S.	1
1. Lyon – Cachan (2024, Le Picard - 15/20)	1
2. Lyon-Cachan (2024, Sharkawi – 7/20).....	2
Lyon-Cachan (2023, Delhaie -15/20).....	3
3. Lyon-Cachan (2023, Ben - 16/20).....	3
4. Lyon-Cachan (2023, Oddou - 15/20).....	3
5. Lyon-Cachan (2023, Suau – 12/20).....	4
6. Lyon-Cachan (2023, Martinetti - 15/20)	4
7. Lyon-Cachan (2022, Taton - 8/20)	5
8. Lyon-Cachan (2022, Berger - 11/20).....	5
9. Lyon-Cachan (2021, Paloc - 16/20).....	6
10. Lyon – Cachan (2018, Pelta /20).....	6
11. Lyon – Cachan (2018, Yous - 12.2/20).....	7
12. LYON-CACHAN (2016, Heyraud - 15,6/20).....	7
13. Lyon -Cachan (2015, Fleury).....	8
14. Lyon-Cachan (2015, Cooreman - 13/20).....	9
15. Lyon -Cachan (2015, Degraeve)	9
16. Lyon-Cachan (2015, Stachurski).....	10
17. Lyon-Cachan (2014, Chekroun).....	10
18. ULM- physique1 (2013, Berthomieu).....	11
19. ULM- physique 2 (2013, Berthomieu).....	11
20. Lyon-Cachan (2013, Berthomieu)	11
21. Lyon-Cachan (2013, Fabre)	12
22. Lyon – Cachan (2013 : Jouanen).....	12
23. Lyon – Cachan (2013 : Théokritoff).....	12
24. Lyon – Cachan (2013 : Claron).....	13
25. Ulm - Physique 1.	13
26. Ulm - Physique 2.	13
27. Lyon - Cachan.	14
28. Lyon - Cachan.	14
29. Ulm- physique 1.	14
II. X - ESPCI	16
30. X-ESPCI (2024, Sharkawi – 13/20 ; 2021, Taton - 7/20).....	16
31. X-ESPCI (2023, Oddou – 18/20).....	17
32. X-ESPCI (2023, Ben – 9/20)	18
33. X-ESPCI (2023, Martinetti 14/20).....	18
34. X-ESPCI(2023, Suau 13/20)	18
35. X-ESPCI(2022,Martinaggi – 11.5/20).....	19

36.	X-ESPCI (2022, Berger – 11/20)	19
37.	X-ESPCI (2021, Paloc – 15/20)	19
38.	X-ESPCI (2021, Martinaggi – 6/20)	19
39.	X-ESPCI (2021, Boistel – 11.5/20)	20
40.	X-ESPCI (2019)	20
41.	X-ESPCI (2018, Pelta)	20
42.	X-ESPCI (2018, Yous - 13/20)	21
43.	X-ESPCI (2017, Gu - 11.5/20)	21
44.	X-ESPCI(2017, Godin).....	21
45.	X-ESPCI (2017, Sabatier - 6.5/20).....	21
46.	X-ESPCI (2016, Heyraud - 4/20).....	21
47.	X-ESPCI (2016, Lafon).....	22
48.	X-ESPCI (2015, Fleury - 10/20).....	22
49.	X-ESPCI (2015, Cooreman - 9/20)	22
50.	X-ESPCI (2015, Ollivier)	22
51.	X-ESPCI (2014, Chekroun)	22
52.	X-ESPCI(2013, Claron).....	23
53.	X-ESPCI (2013, Berthomieu 13/20).....	23
54.	X-ESPCI (2013, Jouanen).....	24
55.	X-ESPCI (2013, Théokritoff).....	24
56.	X-ESPCI (2013, Taub).....	24
57.	X-ESPCI (2013 : Bouillin).....	24
58.	X-ESPCI (2013 : Moulin + Hacquin).....	24
59.	X-ESPCI	24
60.	X-ESPCI	25
61.	X-ESPCI	25
62.	X-ESPCI	25
63.	X-ESPCI	26
SOMMAIRE		27