

Épreuve orale de physique

Durée : 1h

Membres du jury : Emmanuel Baudin et Félix Werner

Coefficient (en pourcentage du total d'admission) : 23,1%.

Avertissement : le contenu de ce rapport est identique à celui de la session 2018, à l'exception du bilan de l'épreuve 2019 et des exemples de sujets posés.

Présentation générale de l'épreuve

Le jury était composé de deux examinateurs nommés par l'ENS. Les sujets proposés couvraient l'ensemble du programme de physique des deux années de classes préparatoires aux grandes écoles **MPSI** et **MP**. L'**évaluation** de l'oral porte sur

- la **connaissance** du programme de physique,
- la capacité à **mettre en œuvre les notions** de ce programme dans un cadre différent de celui présenté au cours de la formation des classes préparatoires,
- la capacité d'**adaptation** aux indications données par le jury,
- la capacité de **modélisation**,
- la capacité de **vérification** des ordres de grandeur et de la rationalité des résultats obtenus,
- la capacité à mettre en œuvre un **modèle simplifié**,
- le **regard critique** porté sur la modélisation réalisée,
- la **compréhension** des phénomènes physiques sous-jacents
- la **présentation et l'intelligibilité**.

Les développements techniques et calculatoires sont généralement moins longs et complexes qu'à l'écrit.

Déroulement de l'épreuve

Le candidat est d'abord invité à présenter une pièce d'identité et à signer la liste d'émargement, puis l'examinateur présente l'énoncé.

Au cours de l'épreuve, l'examinateur peut être amené à intervenir pour demander au candidat de préciser un résultat ou une affirmation qu'il a faite (vraie ou fausse), ou pour donner des indications aidant le candidat à avancer. Lorsque la voie suivie par le candidat est jugée incorrecte ou peu prometteuse par l'examinateur, il le fait savoir au candidat, mais pas forcément immédiatement et catégoriquement, de façon à laisser au candidat l'occasion de s'autocorriger, ou éventuellement de poursuivre selon son idée, qui peut parfois être bonne même si elle diffère de la méthode prévue par le jury (de manière générale il est plus prudent de suivre les suggestions de l'examinateur).

Énoncés

Les sujets proposés peuvent couvrir l'ensemble du programme de physique des deux années de classes préparatoires aux grandes écoles MPSI et MP : électromagnétisme, électronique, mécanique, mécanique quantique, optique, physique statistique, thermodynamique, etc. Le jury a été particulièrement attentif au respect du programme des classes préparatoires.

Tous les sujets proposés par le jury sont originaux et n'ont, à sa connaissance, pas été posés aux concours. Les sujets partent généralement d'une expérience de pensée concrète ou d'un fait expérimental. Ils sont conçus de manière à bousculer les candidats par rapport à leurs habitudes scolaires et tester leur capacité à avancer par eux-mêmes face à une question habituellement laconique. Certains sujets commencent par une question moins difficile pour aborder le problème. Dans d'autres sujets, une question difficile est posée d'emblée, des questions intermédiaires étant ajoutées au besoin au cours de l'oral. Si le candidat reste bloqué trop longtemps, des questions et indications supplémentaires sont données par l'examinateur.

Des exemples de sujets donnés lors de la session 2019 sont fournis en fin de rapport.

Dans certains cas, l'énoncé est complété par des annexes ou formulaires mathématiques abrégés. Ces documents sont habituellement fournis à l'occasion de certains développements afin d'éviter qu'ils n'interfèrent trop tôt dans la démarche d'exploration du candidat. Les candidats doivent pouvoir en extraire les informations nécessaires à leur analyse.

Moyens d'évaluation

L'évaluation des candidats s'appuie notamment sur la compréhension du sujet et des indications, la connaissance et la compréhension du cours et des outils, la technique de résolution et l'agilité technique, la présentation et l'intelligibilité, et la comparaison aux autres candidats. Les examinateurs prennent des notes au cours de l'épreuve afin de pouvoir interclasser les candidats a posteriori. Des éléments jugés positifs par le jury sont: prendre des initiatives pour avancer de façon autonome, connaître le cours et les justifications exigibles, déterminer une quantité conservée, vérifier le signe et la dimensionnalité du résultat, évaluer et commenter un ordre de grandeur, vérifier la rationalité du résultat par rapport à des cas limites intuitifs ou connus et par rapport aux symétries du problème, construire une représentation graphique adaptée, choisir judicieusement les notations et les axes, savoir remettre en question ses affirmations et faire preuve d'honnêteté, utiliser un outil adapté. Un écueil à éviter est de vouloir absolument calquer un résultat de cours au problème posé.

On remarque que certains candidats restent bloqués de peur de faire une erreur, tandis que d'autres au contraire manquent d'autocritique après avoir fait une affirmation erronée, parfois même après que l'examinateur ait mis en doute cette affirmation. Ces différences d'attitude ne sont pas des éléments prépondérants dans l'évaluation.

Bilan de l'épreuve 2019

84 candidats ont passé l'épreuve. La moyenne est de 12,0 avec un écart-type de 3,5, harmonisée avec l'épreuve orale d'informatique.

Le jury dans son ensemble est satisfait du niveau général des candidats et de leur faculté d'adaptation.

Quelques remarques suite à des difficultés récurrentes:

- Penser à utiliser le fait que $\dot{Q} = I$ où Q est la charge électrique comprise dans une région de l'espace et I est le courant (algébrique) entrant dans cette région.
- Pour modéliser un câble électrique, il peut être commode d'introduire un rayon non nul du câble, plutôt que de considérer un câble infiniment fin.

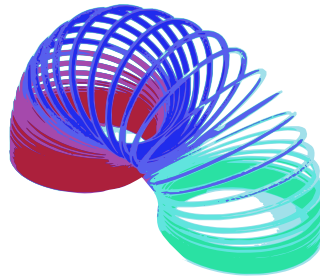
- Lorsque l'on considère le comportement limite à basse fréquence d'un système, il ne faut pas écrire $f \ll 1$ qui n'est pas une expression homogène, mais $f \ll f_c$, où f_c est une fréquence caractéristique pertinente du problème.

Exemples de sujets posés

Nous donnons ici des exemples de questions posées dans les énoncés des épreuves de l'oral de physique. Le jury tient à rappeler qu'une grande importance est accordée à la discussion du candidat avec l'examinateur lors de l'épreuve. Bien qu'indicatifs, ces sujets ne doivent pas être considérés des problèmes écrits tant l'intervention de l'examinateur est indissociable de l'énoncé. Les indications ont été données au fur et à mesure si le candidat restait bloqué trop longtemps. Les questions marquées d'un astérisque n'ont été abordées par aucun candidat. Pour des exemples de sujets avec solutions, voir www.phys.ens.fr/~fwerner/sujets_et_solutions_oraux.html.

Sujet 1

On considère un ressort hélicoïdal accroché à son sommet et dont la base est libre de se déplacer. Dans ce problème, on ne considérera que les mouvements verticaux du ressort.



Exemple de ressort considéré dans ce sujet.

1. *Question préliminaire:* On vous fournit une masse de 100g et un ressort hélicoïdal de 1m de long et dont la constante raideur $k_0 = 10 \text{ N m}^{-1}$. Comment réaliser un oscillateur dont la fréquence de résonance est de 5Hz?
2. Quelle est la longueur à vide d'un ressort hélicoïdal suspendu? Dessiner la forme que prend le ressort dans cette configuration.

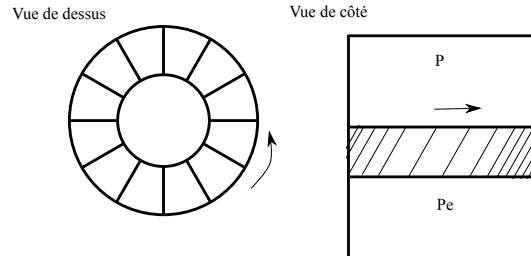
Indication:

À partir de cette question, on tient compte du poids du ressort.

3. Quels sont les modes propres et fréquences propres d'un ressort hélicoïdal suspendu?
4. Quelle est la fréquence d'oscillation de l'extrémité libre du ressort en fonction des paramètres du problème?
- 5.* Même question si une masse est suspendue à l'extrémité libre du ressort.

Sujet 2

On considère une pompe formée par une hélice dont les pales sont inclinées à 45° . Le diamètre de l'hélice est de 10cm. Cette hélice connecte 2 volumes : le premier est clos (c'est le volume pompé) et est à une pression P , le deuxième (volume extérieur) est maintenu à une pression P_e inférieure à 1 mbar.

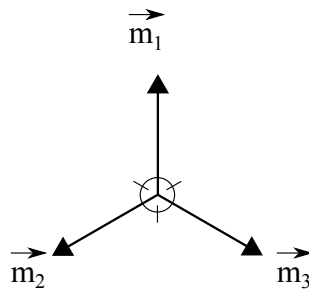


Géométrie de la pompe considérée.

1. Donnez une expression du flux moléculaire à travers l'hélice en fonction de la vitesse de rotation. Vous préciserez les hypothèses que vous avez employées, et simplifierez la géométrie de manière adéquate.
2. Commentez votre résultat. Que se passe-t-il à vitesse de rotation nulle? Quelle est la pression dans le volume pompé en régime stationnaire? À quelle vitesse de rotation caractéristique la pompe doit-elle fonctionner?
3. La vitesse de pompage dépend-elle de la molécule considérée?
4. Du point de vue énergétique, pour atteindre une pression cible basse, est-il plus rentable de mettre en série deux hélices ou d'augmenter la vitesse de rotation d'une hélice seule?
- 5.* Pourquoi le débit de la pompe chute-t-il lorsque P_e augmente trop?

Sujet 3

On assimile un atome de lithium à un système à 3 états de moments magnétiques $\vec{m}_1, \vec{m}_2, \vec{m}_3$, de même norme, situés dans un même plan:



1. On considère un atome de lithium en contact avec un thermostat de température T . On applique un champ magnétique \vec{B} . Que peut-on dire?
2. On note ϵ_i l'énergie de l'atome dans l'état i . Comment doit-on orienter \vec{B} pour réaliser les situations suivantes:
 - a) $\epsilon_1 < \epsilon_2 = \epsilon_3$
 - b) $\epsilon_1 = \epsilon_2 < \epsilon_3$

3. On considère maintenant $N \gg 1$ atomes de lithium, toujours en équilibre avec un thermostat de température T .

On passe lentement des situations ③ à ④, en tournant lentement \vec{B} tout en maintenant $B = \|\vec{B}\|$ constant.

(a) Que peut-on dire sans calcul sur la chaleur reçue par les atomes de lithium?

(b) Déterminer la chaleur et le travail reçus par les atomes.

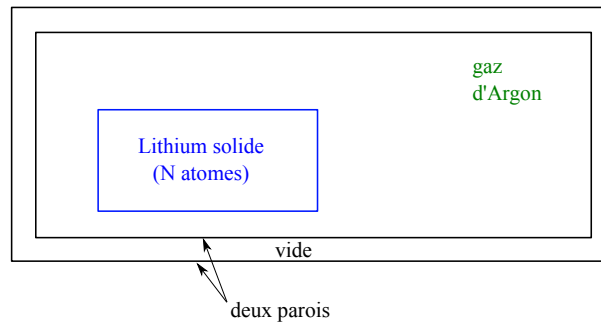
On supposera $k_B T \ll mB$, où $m = \|\vec{m}_i\|$.

On admet que l'entropie des N atomes est donnée par

$$S = -N k_B \sum_{i=1}^3 P_i \ln(P_i)$$

où P_i est la probabilité pour un atome d'être dans l'état i .

4. On considère maintenant une enceinte ayant deux parois séparées par du vide, dans laquelle se trouvent un morceau de lithium solide et du gaz d'argon:



On suppose $k_B T \ll mB$. On tourne lentement \vec{B} de ③ à ④.

(a) Que se passe-t-il?

(b) Peut-on retrouver le résultat trouvé dans la question 3 pour la chaleur reçue par les atomes?

5. Même situation que dans la question 4, mais sans le gaz d'argon. Que se passe-t-il? Discuter.

Indication:

Montrer que l'on aboutit à une contradiction. Que peut-on en déduire?

6.* Justifier l'expression de l'entropie admise dans la question 3b, en admettant que

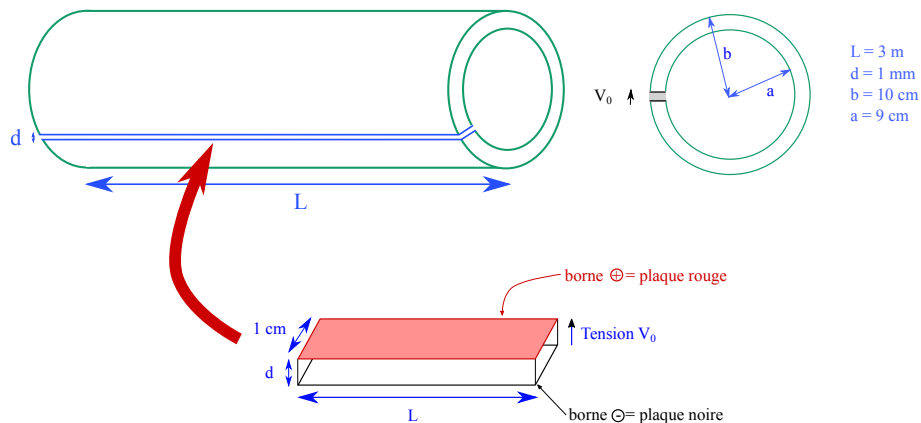
$$S \xrightarrow{T \rightarrow \infty} N k_B \ln 3.$$

Sujet 4

On considère

- un générateur de tension, en forme de parallélépipède rectangle.
- un conducteur, en forme de cylindre creux, avec une fente.

On insère le générateur dans la fente.



1. Trouver une expression du courant I débité par le générateur. Commenter.
2. On appelle “cavité” la région vide à l’intérieur du cylindre (où la distance à l’axe du cylindre est inférieure à a).
 - (a) Déterminer le champ électrique dans la cavité.

Indications:

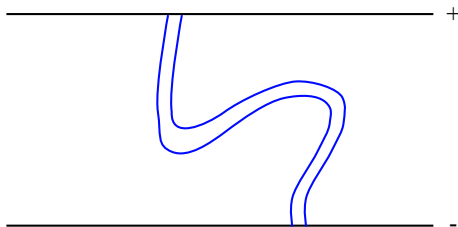
- Passer par le potentiel électrostatique.
- Déterminer le potentiel dans le conducteur.
- Quelles équations déterminent le potentiel dans la cavité?
- Pour résoudre ces équations, utiliser des coordonnées adaptées (d’origine bien choisie)

- (b) Illustrer graphiquement vos résultats.
- (c) Que peut-on en déduire?

Indication:

Les résultats pour le champ électrique dans la cavité et dans le conducteur sont-ils cohérents?

3. Déterminer le vecteur de Poynting dans la cavité. Commenter.
4. Déterminer le vecteur de Poynting dans le conducteur. Commenter.
- 5.* *Question complémentaire, sans calculs.*
 On considère un condensateur chargé dont les plaques sont reliées par un câble électrique.



Quelle est l'allure du champ électrique dans le câble?
Comment ce champ électrique est-il généré?