

## Épreuve orale de physique

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

Durée : 1h

Membres du jury : Emmanuel Baudin et Félix Werner

### 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'examineur présente l'énoncé.

Au cours de l'épreuve, l'examineur 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'examineur, 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'examineur).

## 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'examineur.

Des exemples de sujets donnés lors de la session 2018 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 calculer 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'examineur ait mis en doute cette affirmation. Ces différences d'attitude ne sont pas des éléments prépondérants dans l'évaluation.

## Bilan de l'épreuve 2018

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

Le jury dans son ensemble est satisfait du niveau général des candidats et de leur faculté d'adaptation. Quelques remarques suite à des erreurs récurrentes:

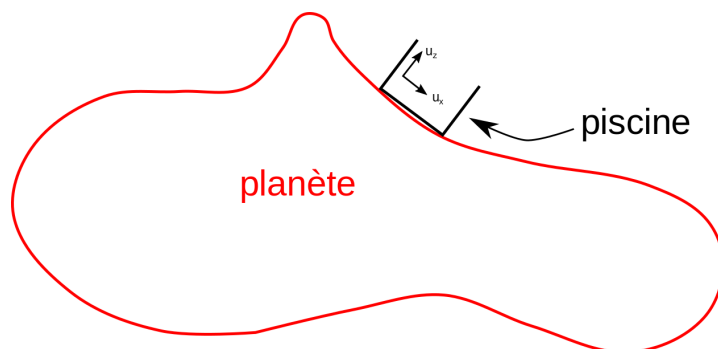
- À la question « y a-t-il d'autres forces à prendre en compte », ne pas répondre immédiatement « les forces d'inertie », alors qu'on s'est placés dans un référentiel galiléen.
- En mécanique quantique, la notion de densité de courant de probabilité et souvent mal connue.
- Lorsqu'on obtient une fonction  $f(t)$  contenant une constante d'intégration,  $f(t=0)$  n'implique pas forcément que la constante est nulle.

## 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'examineur lors de l'épreuve. Bien qu'indicatifs, ces sujets ne doivent pas être considérés des problèmes écrits tant l'intervention de l'examineur est indissociable de l'énoncé. Les questions marquées d'un astérisque n'ont été abordées par aucun candidat.

### Sujet 1

On considère une piscine parallélépipédique sur une planète de forme biscornue.



1. Est-il possible que l'accélération de la pesanteur dans la piscine soit de la forme  $\vec{g} = -(g_0 + \alpha x)\vec{u}_z$ . Proposer une modification minimale de  $\vec{g}$  pour obtenir une expression correcte.
2. Dans la suite on suppose  $\vec{g} = -\alpha z\vec{u}_x - (g_0 + \alpha x)\vec{u}_z$ , où le fond de la piscine est défini à  $z = 0$ . On remplit lentement la piscine d'eau. Que voit-on ?
3. Une fois que la piscine contient un peu d'eau, on pose un petit bateau à sa surface au milieu de la piscine. On continue ensuite le remplissage lentement, que voit-on ?  
(Note : le jury recommandait une approche énergétique au problème, une approche alternative en faisant un bilan des forces étant aussi possible mais plus délicate. Par ailleurs, on considèrerait dans ce problème que le bateau ne s'inclinait pas par rapport à la surface de l'eau.)
4. Une fois la piscine bien remplie, on la vide lentement. Qu'arrive-t-il au bateau ?
- 5.\* La piscine étant assez peu remplie, un passager à bord du bateau peut-il provoquer des allers-retours du bateau d'un bord à l'autre de la piscine selon la direction  $x$ , sans toucher l'eau?
- 6.\* Quelle est l'énergie minimale que le passager doit dépenser pour faire un tel aller-retour?
- 7.\* On suppose maintenant que à la surface de l'eau,  $\|\vec{g}\|$  est une fonction oscillante de  $x$  (strictement positive). Que doit faire le passager pour faire avancer le bateau selon  $x$ ?

### Sujet 2

1. On considère une goutte d'eau à l'équilibre avec sa vapeur. Combien de molécules passent la phase gaz à la phase liquide en 1s ? (Indication : On fera l'hypothèse que les molécules d'eau en phase vapeur restent collées si elles arrivent sur la goutte.)
2. En déduire une formule approchée du flux d'évaporation de l'eau dans les conditions usuelles et donner un ordre de grandeur.

- On suppose une goutte de volume  $V_g$  initialement à la température  $T_0$  dans une grande enceinte adiabatique vide de volume  $V \gg V_g$ . Quel est l'état d'équilibre final de ce système ?
- Quel est le flux de chaleur reçu par une goutte sphérique de rayon  $r_0$  en fonction de sa température  $T_g$  et de celle de son environnement à l'infini  $T_\infty$ ? En régime stationnaire, comment ce flux est-il relié à l'évaporation ? En utilisant la solution du problème de diffusion de particules (résultat donné par l'examinateur), donnez l'équation quasi-statique régissant la température de la goutte. En déduire une expression approchée des flux de chaleur surfacique et d'évaporation pour les grands rayons  $r_0$  et comparer l'ordre de grandeur obtenu à la première estimation du flux d'évaporation.

### Données fournies

- Chaleur latente de vaporisation :  $L_v = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- Coefficient de diffusion de l'eau (gaz) dans l'air :  $D = 3 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Conductivité thermique de l'air humide :  $K = 0,024 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Pression de vapeur saturante de l'eau (wikipedia)

Température (°C)	Pression de vapeur (kPa)	Pression de vapeur (mmHg)	Température (°C)	Pression de vapeur (kPa)	Pression de vapeur (mmHg)	Température (°C)	Pression de vapeur (kPa)	Pression de vapeur (mmHg)
0	0.6	4.5	20	2.3	17.3	30	4.2	31.5
3	0.8	6.0	21	2.5	18.8	32	4.8	36.0
5	0.9	6.8	22	2.6	19.5	35	5.6	42.0
8	1.1	8.3	23	2.8	21.0	40	7.4	55.5
10	1.2	9.0	24	3.0	22.5	50	12.3	92.3
12	1.4	10.5	25	3.2	24.0	60	19.9	149.3
14	1.6	12.0	26	3.4	25.5	70	31.2	234.1
16	1.8	13.5	27	3.6	27.0	80	47.3	354.9
18	2.1	15.8	28	3.8	28.5	90	70.1	525.9
19	2.2	16.5	29	4.0	30.0	100	101.3	760.0

### Sujet 3

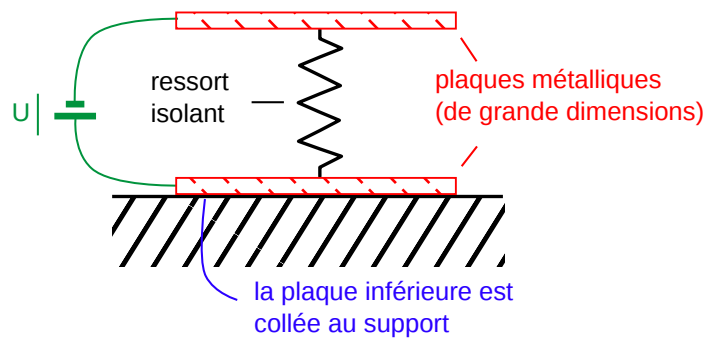
- Quel est le champ électrique au sein d'un fil métallique de section circulaire soumis à un très fort courant ?
- Que peut-on dire de la distribution des charges au sein du conducteur ?

### Indications

- écrire de principe fondamental de la dynamique pour un électron
- inclure une force de frottement effective modélisant l'effet Joule et la force de Lorentz magnétique.

### Sujet 4

On considère le dispositif suivant:



1. On augmente lentement la tension  $U$ . Que se passe-t-il?
2. Si le ressort est conducteur, qu'est-ce qui change?
3. On revient au cas d'un ressort isolant. On note  $U_c$  la tension seuil trouvée à la question 1. Pour  $U < U_c$ , que se passe-t-il si on tape légèrement sur la plaque supérieure?
4. Partant de  $U = 0$ , on passe brusquement à une tension  $U > U_c$ .
  - Que se passe-t-il?  
*Indication:*  
*On ne demande pas de tout calculer, mais par exemple de tracer l'allure de la distance entre les plaques en fonction du temps.*
  - \* Etudier la façon dont la distance entre les plaques tend vers zéro.
- 5.\* Etudier le cas où il n'y a pas de générateur, mais simplement une charge  $Q$  sur la plaque supérieure et  $-Q$  sur la plaque inférieure.
- 6.\* On commence à l'équilibre sans générateur avec une charge  $Q$ . On note  $U$  la tension entre les plaques. On branche soudainement le générateur avec une tension de sortie  $U$ . Que se passe-t-il?