

## 2 Physique

### 2.1 Remarques générales

Plusieurs des remarques indiquées pour les épreuves de mathématiques s'appliquent aux épreuves de physique.

Les encres pâles sont encore fréquentes, et un nombre croissant de candidats a obligé les correcteurs à utiliser la loupe tant leur écriture est minuscule.

Une présentation soignée (écriture nette, absence de ratures, résultats encadrés) dispose très favorablement le correcteur. Les correcteurs sont étonnés par le manque de soin ; beaucoup de copies ressemblent plus à un brouillon qu'à une épreuve de concours. Nous citons O. Rey, chercheur à l'institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques : « Être attentif aux mots que l'on emploie et à la syntaxe est au fondement de tout – y compris en sciences, où nombre de difficultés rencontrées par les élèves, à l'heure actuelle, tiennent tout simplement à une maîtrise insuffisante de la langue ». C'est là une compétence qui se travaille dans toutes les disciplines avec les éléments de langage qui leur sont propres.

Il est demandé aux candidats de numérotter leurs copies de façon cohérente : les examinateurs apprécient assez peu de se voir confrontés à un jeu de piste.

Les abréviations sont pléthoriques, au point de rendre la lecture parfois difficile en raison de l'ambiguïté qui peut en résulter.

On tient aussi à insister sur le soin apporté à l'orthographe. Il est inadmissible que des étudiants se destinant à être ingénieurs rendent des copies truffées de fautes.

L'accord des masculins et féminins semble difficile pour certains. On ne compte pas les copies avec des « principe fondamentale de la dynamique ». Les pluriels, les accords des participe passé (quand ils ne sont pas transformés en infinitifs) ne sont hélas pas en reste. Et que dire de ces étudiants qui, après une année de Spé, parlent encore d'équations de « Maxwelle » ? L'orthographe est une question de concentration et d'exigence vis-à-vis de soi-même.

Il est important que les candidats lisent l'énoncé et répondent à la question qui leur est posée.

Les candidats ne doivent pas se contenter de réponses superficielles et doivent produire des raisonnements construits et étayés. Les réponses à certaines questions nécessitent un bon sens physique, une certaine autonomie et de la rigueur pour poser le problème correctement et y répondre par une modélisation précise.

Nous recommandons un travail approfondi des compétences « appropriation et analyse de l'énoncé ». En physique, cela se traduit notamment par ces questions : *quel est le système étudié ?*, *quelle est la signification de telle ou telle grandeur qu'on peut avoir à exprimer ?*, *comment choisir les paramètres d'étude ?* Ces compétences se travaillent tout au long des deux années de préparation, dans une grande variété de contextes proposés par les enseignants.

Il est indispensable de travailler en profondeur les cours de première et de deuxième année, de connaître les théorèmes avec leurs hypothèses et d'arriver au concours avec une parfaite maîtrise des cours, qui permet de traiter en confiance les situations classiques comme inédites.

Les tentatives de bluff, moins nombreuses cette année, sont lourdement sanctionnées. On recommande de bien traiter une partie des questions plutôt que de produire un discours inconsistant pour chacune d'entre elles.

On a pu noter des lacunes importantes chez de nombreux candidats dans la maîtrise des outils mathématiques de base : projections dans une base, manipulations d'une base mobile, trigonométrie, écriture d'équations où un scalaire est égal à un vecteur.

Sur le fond, on rappelle qu'une application numérique donnée sans unité vaut 0 (et que le « S.I. » n'est en général pas admis), qu'une courbe dont la légende des axes n'est pas indiquée vaut aussi 0, que paraphraser la question n'a jamais fait office de réponse.

Des résultats donnés sans justification et sans la moindre rédaction ne peuvent pas être pris en compte. Rédiger consiste à faire une phrase complète, et donc on ne commence pas une réponse par « parce que ».

Nous rappelons les consignes habituelles en physique : encadrer un résultat littéral, souligner une application numérique et la présenter *au format scientifique* (et jamais sous forme de fractions numériques) avec un nombre de chiffres significatifs convenable et une unité. Choisir l'unité de manière raisonnable (par exemple, une charge en coulomb plutôt qu'en farad.volts !)



## 2.2 Physique 1 - filières MP et MPI

### 2.2.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet de physique 1 portait sur les fonctions spéciales et leur utilisation en physique. Ces fonctions qui ne peuvent pas être exprimées à l'aide des fonctions usuelles n'en restent pas moins des fonctions très utiles. Elles étaient une excuse pour aborder successivement des problèmes de mécanique (parties I et II) et la thermodynamique (partie III).

La première partie commence avec la résolution élémentaire d'une chute libre avec vitesse initiale (I.A), pour ensuite intégrer l'effet des frottements (I.B). Elle se termine sur des questions plus mathématiques utilisant la fonction  $W$  de Lambert, mise à profit pour trouver l'instant de la chute et la portée du mouvement. La seconde partie revient sur le pendule simple et la perte de l'isochronisme des oscillations lorsqu'on s'écarte des petits angles. Enfin, la partie III a pour objectif l'étude de la dynamique thermique d'un demi-espace chauffé à une température donnée. La résolution de l'équation de la chaleur fait apparaître la fonction  $erf$  de Gauss. On l'applique en particulier à la formation d'une croûte de lave, en terminant par la comparaison entre théorie et expérience.

Une analyse détaillée des questions est présentée dans [l'annexe G](#).

### 2.2.2 Conclusion

De part la thématique, le sujet comportait quelques questions mathématiques qui ont été globalement bien traitées. Le jury a été surpris de trouver la première partie très sélective. La résolution des équations différentielles avec des conditions aux limites ayant particulièrement trié les candidats. Le jury a apprécié que l'écrasante majorité des copies sache dériver l'équation de la chaleur. Peut-être troublées par l'aspect mathématique de l'épreuve, de trop nombreuses copies n'ont pas mis à contribution leur esprit physique sur la chute d'un projectile.

## 2.3 Physique 2 - filière MP

### 2.3.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet proposé aborde le thème des déformations élastiques dans un solide. Il se veut progressif sur des aspects différents de la physique.

Une première partie traite de façon classique l'élasticité d'un solide, avec comme point d'entrée, l'étude d'un ressort puis d'une association de ressorts. S'ensuit l'étude de l'impact de la mise en rotation d'un solide et donc de l'effet des forces inertielles. La deuxième partie propose d'illustrer le concept d'élasticité via une construction quantique. A cet effet, le solide est décrit comme une collection de puits 3D pour les électrons du solide. La déformation extérieure modifie la géométrie des puits et donc leurs propriétés physiques. En conclusion de cette partie, il est proposé d'établir une expression du module d'élasticité d'Young en fonction des paramètres quantiques du modèle. La dernière partie aborde l'expérience de Kappler. Cette dernière utilise l'élasticité d'un ressort de très faible constante de raideur pour mettre en évidence la loi de Boltzmann. Pour ce qui est de la structure du sujet, ce

## G Physique 1 MP-MPI

**Q1** - Très bien traitée. Néanmoins un certain nombre de copies ne connaissent pas la définition d'équation horaire  $(x(t), y(t), z(t))$ , et confondent avec la notion de trajectoire  $(z(y))$ .

**Q2** - De nombreuses confusions étonnantes : une parabole n'est ni une hyperbole, ni un arc de cercle, ni un morceau d'ellipse. La question sur la symétrie de la trajectoire pouvait sembler ambiguë, certaines copies ont compris la question comme « la fonction est-elle paire ? ». Cette question n'aurait pas de sens physique, le projectile n'explore pas la zone  $y < 0$ .

**Q3** - Très bien traitée. Néanmoins des erreurs d'inhomogénéités élémentaires qui ont été systématiquement sanctionnées.

**Q4** - Très bien traitée, avec en revanche des arguments très variables pour montrer la planéité du mouvement.

**Q5** - Cette question a été contre toute attente très sélective. Certaines copies n'ont pas su intégrer ces équations, et de trop nombreuses copies n'ont pas réussi à exploiter les conditions initiales. Attention, la condition  $z(0) = 0$  n'implique pas nécessairement une constante d'intégration nulle !

**Q6** - Peu de bonnes réponses. Répondre à cette question demandait un développement limité simple qui n'a pas souvent été fait. Les copies manquaient cruellement de sens physique, en particulier lorsqu'une erreur aboutissait à des grandeurs  $z(t) < 0$  et  $y(t) < 0$ .

**Q7** - Peu de réponses avec un sens physique à cette question.

**Q8** - Assez bien traitée.

**Q9** - Il a souvent été vu des copies qui n'ont pas compris la différence entre cette question et la précédente, où l'on traite deux régimes distincts. Peu de copies ont traité correctement cette question. Certaines trajectoires s'arrêtaient en plein vol. On regrette le manque d'esprit physique des copies sur ces questions.

**Q10** - Très bien traitée.

**Q11** - Dans cette question il était attendu une implémentation explicite du schéma d'Euler, et non une importation de la fonction d'une bibliothèque Python.

**Q12** - Rarement bien traitée.

**Q13** - dem

**Q14** - Les questions d'applications numériques (celle-ci comme la 34) ont rarement été traitées.

**Q15** - Cette question élémentaire a trop souvent été mal traitée. De nombreuses inhomogénéités ou des mauvais signes étaient implacablement sanctionnés pour une équation censée être parfaitement connue.

**Q16** - L'isochronisme a été trop peu mis en avant. L'indépendance de la masse du pendule n'est pas liée à l'approximation effectuée.

**Q17** - Cette question a fait l'objet de nombreuses tentatives d'arnaques, systématiquement sanctionnées. Très peu de copies ont fait attention au signe de  $\frac{d\theta}{dt}$  lorsqu'on prend la racine carrée. Le changement de variable  $\sin \frac{\theta}{2} = \sin \phi \sin \frac{\theta_0}{2}$  n'était pas demandé par l'énoncé !

**Q18** - Si le tracé et la méthode des rectangles semblent maîtrisées, peu de copies ont tracé des rectangles médians.

**Q19** - De façon étonnante, ce programme élémentaire a posé de nombreux problèmes. Très peu de copies ont répondu correctement. Une coquille s'était glissée dans le programme (`theta_0`  $\rightarrow$  `theta_0/2`). Les quelques copies l'ayant remarquée ont été valorisées.

**Q20** - Si la lecture a été globalement réussie, la conversion pour une durée d'une heure a donné des réponses très surprenantes.

**Q21** - Peu de copies ont pensé à l'exemple simple de la roue de vélo.

**Q22** - Très peu de réponses satisfaisantes.

**Q23** - Bien traitée, même si la définition du vecteur  $\vec{j}_Q$  reste floue ou extravagante.

**Q24** - La dérivation de l'équation de la chaleur est maîtrisée par une très grande majorité de copies, et ce même dans les copies ne connaissant pas la définition de  $\vec{j}_Q$ . Il est surprenant de voir que l'équation de la chaleur semble plus simple que la chute libre avec une vitesse initiale. En revanche, la recherche d'une dimension extrêmement simple (celle de  $D$ ) pose problème à de nombreux candidats et candidates.

**Q25** - Bien traitée.

**Q26** - Peu traitée.

**Q27** - De nombreuses tentatives d'arnaques dans cette question.

**Q28** - Très peu traitée.

**Q29** - Question bien réussie par les copies l'ayant abordée.

**Q30** - Très peu traitée.

**Q31** - Question technique très peu abordée, mais bien traitée par les meilleures copies.

**Q32** - Quelques copies ont mentionné la méthode de dichotomie.

**Q33** - Très peu abordée.

[↑RETOUR](#)