

## 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 numéroter 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 participes passés (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.

Ils ne doivent pas se contenter de réponses superficielles, mais 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 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 !)

---

(questions 7 et 10). Ne pas parvenir à effectuer un bilan rigoureux (tant spatial que temporel) est clairement problématique pour un ingénieur.

Les applications numériques ont fait perdre un nombre important de points. On ne saurait trop rappeler que celles-ci doivent être faites avec le plus grand soin. L'intérêt d'une épreuve sans calculatrice est aussi de tester cette compétence.

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

### 2.5.2 Conclusion

Le jury rappelle aux candidats que la maîtrise du cours est un préalable indispensable à la réussite d'une épreuve écrite telle que celles proposées par le CCMP (définitions, relations fondamentales entre grandeurs, démarches de type bilan local ou global).

Rappelons qu'un entraînement régulier permet d'acquérir une certaine agilité dans le calcul formel, ainsi que dans le calcul numérique en ordre de grandeur. Ces compétences sont clairement attendues de toute personne souhaitant devenir ingénieur.

Enfin, la durée de l'épreuve est suffisante pour permettre à tout candidat de poser son raisonnement et ses calculs au brouillon, ce qui lui permet ensuite de proposer sur sa copie une rédaction réfléchie et structurée. Ces compétences sont ainsi mises en valeur.

## 2.6 Physique 2 - filière PC

### 2.6.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet proposait d'étudier les ondes créées dans l'atmosphère suite à une éclipse de Soleil. La première partie consistait en la description de la mécanique céleste conduisant à une telle éclipse. La deuxième partie traitait des ondes dans les fluides, tout d'abord d'ondes acoustiques puis d'ondes de gravité à une interface air-eau et enfin d'onde de sillage à l'arrière d'un bateau. Cette partie se clôture par l'interprétation d'une expérience montrant le sillage d'une éclipse de Soleil. La troisième et dernière partie du sujet traitait de la propagation d'ondes électromagnétiques dans un plasma ionosphérique. Le sujet proposait tout d'abord de retrouver l'expression de la fréquence plasma en présence d'un champ électrique uniforme puis de s'intéresser au cas de la propagation d'ondes électromagnétiques dans ce plasma et enfin d'aborder le principe du sondage ionosphérique par réflexion d'une onde électromagnétique.

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

### 2.6.2 Commentaires généraux

Le jury a remarqué et apprécié qu'une majorité de copies soient bien rédigées et présentées. De plus, il a été apprécié de constater qu'une majorité de candidats ont bien avancé dans le sujet et ont traité une grande partie des questions.

Le jury a noté que les applications numériques sont fréquemment non abouties, un nombre non négligeable de candidats laissent des résultats sous forme de fractions, ou avec des facteurs  $\pi$ ... Le jury rappelle, comme depuis plusieurs années, que de telles réponses ne sauraient donner lieu à l'attribution des points associés à l'application numérique. De plus, les candidats doivent respecter le nombre de chiffres significatifs indiqué dans le chapeau du sujet pour se voir attribuer tous les points associés.

Le jury insiste sur la rigueur nécessaire dans l'utilisation des vecteurs qui ne sauraient être égaux à un scalaire. De telles erreurs peuvent nuire fortement à la compréhension du raisonnement.

### 2.6.3 Conseils aux futurs candidats

Le jury souhaite que les futurs candidats s'approprient les conseils donnés dans le présent rapport et souligne qu'une bonne connaissance du cours est une condition nécessaire et suffisante à la réussite d'une telle épreuve. Le jury insiste sur l'importance de l'honnêteté et de la rigueur des copies.

### 2.6.4 Conclusions

L'épreuve a permis de réaliser une sélection satisfaisante des candidats tout en leur permettant de traiter un nombre important de questions et ainsi d'exprimer leurs compétences dans des domaines variés : questions de cours, raisonnements approfondis et prises d'initiatives.

Le jury souhaite bonne chance aux futurs candidats.

## 2.7 Physique 1 - filière PSI

### 2.7.1 Généralités et présentation du sujet

Le problème proposé cette année se présentait comme une analyse d'un dispositif commercial, demandant aux candidats de rattacher certaines propriétés du système à diverses parties de leur programme : dynamique du point et des fluides, électromagnétisme dans le vide et les conducteurs ohmiques, électronique, conduction thermique. Certaines questions relevaient du simple bon sens tandis que d'autres, plus complexes, exigeaient de l'étudiant une réflexion et une modélisation complète du phénomène à décrire.

Rappelons ici que le préambule du programme officiel PSI liste quelques capacités exigibles :

- « rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec la situation étudiée »,
- « énoncer ou dégager une problématique scientifique »,
- « représenter la situation par un schéma modèle »,
- « identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole »,
- « relier le problème à une situation modèle connue ».

et c'est bien ici ce qui était attendu des candidats.

Certaines de ces questions constituaient des vérifications directes des éléments du programme, en particulier (ce qui suit est ici encore extrait du programme officiel PSI, colonne *notions et contenus*) : « loi d'Ohm locale » ; « modèle de Drude » ; « résistance d'un conducteur cylindrique » ; « résistance ou conductance thermique » ; « éléments de statique des fluides » ; « nombre de Reynolds » ; « coefficient de traînée  $C_x$  ».

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

### Commentaires généraux

De bonnes, voire très bonnes copies, montrent clairement qu'il était tout à fait possible de traiter le sujet dans sa majorité dans le temps imparti. Évidemment d'autres candidats ont obtenu des résultats plus faibles et le grand nombre de questions indépendantes a finalement permis un étalement régulier et satisfaisant des notes attribuées.

## K Physique 2 PC

**Q1** - La relation définissant le barycentre de deux points est inconnue d'un certain nombre de candidats.

**Q2** - Question généralement bien réussie par les candidats, on note quelques erreurs dans la masse apparaissant dans la force gravitationnelle prise différente de la masse de  $G$ . De plus, certains candidats se perdent dans l'application numérique de  $T_0$  alors qu'il s'agissait d'une année.

**Q3** - Des réponses souvent fausses par confusion entre mouvement relatif et mouvement du référentiel. Beaucoup de candidats n'identifient pas ici le mouvement de translation (circulaire) de  $R_g$  qui est bien non galiléen.

**Q4** - Le jury a noté de nombreuses erreurs dans l'expression de la force d'inertie d'entraînement soit par oubli de la masse soit parce que la distance à l'axe de rotation est prise égale à la distance Terre-Lune. De plus, il a été noté que de nombreux candidats proposent des expressions négatives pour  $f_e$  et  $f_T$  qui sont pourtant des normes.

**Q5** - Le jury conseille très vivement aux candidats de faire des schémas trop peu nombreux dans les copies. En effet, bien que l'expression de la force d'attraction gravitationnelle du Soleil sur la Lune a souvent été exprimée correctement, la force d'inertie d'entraînement est souvent erronée, car les deux normes des forces sont sommées alors que les forces sont de directions opposées. Le jury pense qu'un schéma aurait aidé les candidats à éviter cette erreur. De plus, le jury rappelle que la norme d'une somme de vecteurs ne correspond pas automatiquement à la somme des normes des vecteurs.

**Q6** - Question assez peu abordée et souvent non réussie.

**Q7** - Le jury a remarqué que les candidats calculent régulièrement le rayon angulaire et pas le diamètre angulaire pour l'angle sous lequel est vu un astre ce qui conduit automatiquement à une erreur de facteur 2 dans le résultat.

**Q8** - Question souvent réussie par les candidats.

**Q9** - Si l'accélération convective est souvent identifiée par les candidats, le caractère irrotationnel de l'écoulement justifiant sa forme particulière n'est que rarement évoqué.

**Q10** - Le jury a noté de nombreuses confusions entre la célérité  $c$  de l'onde et la vitesse  $v$  du fluide dans les raisonnements. Les candidats introduisant une nouvelle notation ( $T, L...$ ) sont priés de la définir.

**Q11** - Un certain nombre de candidats donnent une expression erronée de la relation de conservation de la masse, soit la masse volumique  $\rho$  n'est pas multipliée à  $v$  soit la masse volumique est en facteur de  $\text{div}(v)$  sans pour autant que la dérivée de  $\rho$  ne soit une dérivée particulière et ici le milieu n'est pas supposé homogène.

**Q12** - Le jury insiste sur le fait que les candidats doivent vérifier explicitement les hypothèses avant d'utiliser la loi de Laplace pour un gaz parfait.

**Q13** - Certains candidats veulent ici utiliser l'équation d'Euler, mais n'expriment alors pas  $V_0$  en fonction des paramètres demandés par l'énoncé. Afin de ne pas faire d'erreurs, il est conseillé de linéariser l'équation avant de passer en écriture complexe. Le jury a parfois rencontré des confusions d'écriture entre masse volumique  $\rho$  et pression  $P$ , les candidats sont invités à veiller à ce que la copie reste bien lisible.

**Q14** - Le jury a noté un certain nombre d'erreurs dans cette question et dans d'autres sur la justification du caractère dispersif ou non d'un phénomène de propagation. Il est rappelé que seule l'étude de la dépendance (ou non) de la vitesse de phase avec la pulsation peut permettre de conclure sur ce point.

**Q15** - Certains candidats trouvent des résultats numériques aberrants pour la vitesse du son dans l'air. Il serait bon que les candidats connaissent des ordres de grandeur usuels afin de se rendre compte de ce type d'erreur.

**Q16** - Le jury tient à rappeler qu'une grandeur ne peut être qualifiée de « faible » qu'en comparaison

avec une grandeur de même dimension.

**Q17** - Le jury a souvent vu des erreurs d'intégration pour cette question. Une intégration par rapport à une variable spatiale, entraîne l'apparition d'une fonction du temps comme les grandeurs dépendent de l'espace et du temps. Cette fonction du temps doit être discutée dans la suite du raisonnement pour que sa dérivée n'apparaisse pas dans la suite.

**Q18** - Certains candidats donnent la solution attendue par le sujet à une équation différentielle fausse, cette dernière ne pouvait pas physiquement correspondre à une équation d'oscillateur harmonique. De plus, une lecture attentive du sujet permettait d'identifier que c'était le terme qui divergeait en  $-\infty$  qu'il fallait annuler et non celui divergeant en  $+\infty$ .

**Q19** - Le jury a noté un certain nombre de copies où des calculs faux menaient au bon résultat, le jury insiste sur l'importance de la rigueur et de l'honnêteté dans les copies. Le caractère dispersif n'a souvent pas été discuté par les candidats.

**Q20** - Un certain nombre de candidats ont utilisé la célérité de la lumière pour calculer la longueur d'onde de l'onde de gravité. Le jury invite le candidat à s'extraire des calculs pour s'approprier le sujet et identifier de quel type d'onde il est question.

**Q21** - Le jury invite les candidats à prendre garde à ne pas aller trop vite dans l'utilisation de la loi de composition des mouvements ainsi que dans l'établissement de l'expression de  $Z(\vec{r}', t)$ .

**Q22** - Il a été noté qu'un certain nombre de copies arrivent au résultat en usant de raisonnements faux. Une fois encore, le jury tient à insister sur l'importance de la rigueur et de l'honnêteté dans les copies.

**Q23** - Question régulièrement abordée, mais très peu réussie. Le jury a noté de nombreuses erreurs de raisonnement, beaucoup de candidats présupposent que le triangle est rectangle afin de montrer ce même résultat.

**Q24** - Malgré une identification du caractère rectangle du triangle, le jury a noté des erreurs régulières dans l'utilisation des fonctions trigonométriques.

**Q25** - Question très peu abordée entièrement. Les candidats se contentent souvent de donner uniquement le sens de déplacement de l'éclipse.

**Q26** - Le jury invite les candidats à ne pas confondre densité particulière et concentration molaire. Certaines applications numériques parfois incohérentes devraient faire réagir.

**Q27** - Certaines valeurs numériques de  $H$  devraient pousser le candidat à revoir son calcul. Le jury invite les candidats à connaître des ordres de grandeur pour éviter ce genre d'erreur.

**Q28** - L'hypothèse de l'énoncé comme quoi une molécule sur 1000 est ionisée est très souvent oubliée.

**Q29** - Le jury a noté que bien souvent l'équation de Maxwell flux  $\text{div } \vec{B} = \vec{0}$  était utilisée à tort pour justifier que le champ  $B$  est statique. Le jury invite les candidats à bien séparer champ statique (ne dépendant pas du temps) et champ uniforme (ne dépendant pas des variables spatiales). De plus, il est à noter que  $\text{div } \vec{B} = \vec{0}$  n'entraîne pas que  $\vec{B}$  est uniforme non plus. De nombreux candidats ont aussi montré de façon correcte que la composante magnétique de la force de Lorentz était négligeable devant la composante électrique. Mais cela ne répondait pas à cette question.

**Q30** - Question plutôt réussie dans l'ensemble.

**Q31** - De nombreux candidats n'utilisent pas la nullité du champ supposée plus tôt ou à défaut supposent de manière erronée que le champ est statique et en déduisent que son rotationnel est nul.

**Q32** - Beaucoup de candidats se contentent de donner la valeur de  $f$  sans préciser le domaine auquel appartient l'onde. Le jury rappelle aux candidats que des fréquences de l'ordre de 10 MHz correspondent aux ondes radio, et pas aux ultraviolets ou aux infrarouges. Ces fréquences ne peuvent bien sûr pas correspondre à des ultrasons comme souvent lus, c'est d'une onde électromagnétique dont il est question.

**Q33** - Si les termes de force électrique et force de collision des électrons sont souvent identifiés, le terme représentant le modèle de l'électron élastiquement lié n'a que rarement été trouvé. Le jury rappelle que comparer le champ  $B$  au champ  $E$  n'a pas de sens, ces quantités n'ayant pas les mêmes dimensions.

Il était attendu de comparer les normes des deux parties de la force de Lorentz  $q\vec{E}$  et  $q\vec{v} \wedge \vec{B}$  pour pouvoir négliger la composante magnétique devant la composante électrique. Le jury regrette que le caractère non relativiste des électrons pour justifier de négliger la force magnétique est très peu souvent évoqué.

**Q34** - Question peu abordée ou donnant lieu à des calculs longs et lourds souvent peu concluants.

**Q35** - La forme particulière de  $N$  s'identifiant à la loi de Cauchy, au programme d'optique, a été extrêmement rarement évoquée. Le jury a noté un grand nombre d'erreurs de calcul dans les développements limités successifs.

**Q36** - Question peu réussie nécessitant la réponse de la question précédente.

**Q37** - Le jury a apprécié que la relation de structure soit connue de la plupart des candidats. Cependant, cette dernière est souvent mal utilisée : erreur dans les signes, dans les valeurs de  $k$ ,  $\omega$  ou  $c$  selon le milieu. Le jury regrette que beaucoup de candidats prennent le même vecteur d'onde  $k$  pour les deux milieux.

**Q38** - Le jury a noté une confusion fréquente entre coefficient de réflexion en amplitude et en énergie.

**Q39** - Question peu abordée par les candidats.

[↑RETOUR](#)