

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 !)

2.7.3 Conclusion

L'épreuve de Physique I 2024 était parfaitement conforme à la notice du concours.

Dans ce cadre, cette épreuve a bien joué son rôle en permettant un bon étalement des notes et une évaluation fiable de certaines des compétences du programme. Elle a aussi mis en lumière dans certaines copies des défauts récurrents que le jury dénonce chaque année : des manques de rigueur ou de cohérence, une attention insuffisante portée à l'homogénéité et à la signification des applications numériques et une tendance à remplacer la réflexion par l'écriture de « formules ».

Heureusement des candidats de bon niveau, bien préparés, ont su proposer des rédactions de niveau élevé, proposant à la fois des raisonnements de bon sens et des modélisations correctes des phénomènes étudiés. Le jury les félicite et les espère plus nombreux encore l'année prochaine.

2.8 Physique 2 - filière PSI

2.8.1 Description de l'épreuve

Le sujet propose d'étudier la physique du freinage, dans différentes situations, issues de l'expérience quotidienne ou du domaine spatial. Les questions abordent la mécanique, les milieux magnétiques, la mécanique des fluides, le problème à deux corps, la diffusion et l'induction.

La première partie s'intéresse au freinage d'une chute libre d'un aimant dans un tube.

Après un rapide calcul du temps de chute en l'absence de dissipation, on se propose d'identifier le mécanisme responsable du freinage lorsqu'un aimant tombe dans un tube métallique, en étudiant l'impact de la force de traînée, et celui de la puissance Joule dissipée dans le tube. Cette partie s'achève sur des questions essentiellement qualitatives sur le freinage électromagnétique mis en œuvre dans un tramway.

La deuxième partie est très largement indépendante de la première, et se penche sur le freinage des satellites. Dans un premier temps, on décrit la mise en orbite basse des satellites. Les questions suivantes abordent le freinage des satellites lorsqu'ils entrent dans l'atmosphère. Elle donne lieu à une étude de diffusion de particules, en présence de gravité, puis propose d'estimer le temps de freinage dû au frottement fluide produit par l'atmosphère. Les dernières questions sont consacrées à l'étude d'une proposition relativement récente de freinage des satellites par induction faisant intervenir le champ magnétique terrestre et le plasma ionosphérique.

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

2.8.2 Remarques d'ensemble et suggestions aux candidats

Le sujet est de longueur raisonnable, alternant des questions de cours à réponses rapides et des séquences (plus rares) un peu calculatoires, mais de difficulté très raisonnable. De nombreux résultats étaient donnés, ils permettaient aux candidats de toujours avancer dans l'épreuve.

Il était possible de traiter la totalité du sujet dans le temps imparti.

Comme les années précédentes, le jury note que la qualité des raisonnements est très variable. Ce constat vaut tant pour la forme que le fond. Trop de copies sont illisibles ou mal soignées. Plus particulièrement, la rédaction est négligée : absence d'introduction, de conclusion, explications distordues et très longues, schémas absents, lourds, confus et incompréhensibles... Concernant la forme, le jury rappelle enfin qu'il faut veiller à introduire les réponses avec le numéro (correct !) de la question.

On rappelle aux candidats que le calcul numérique avec un chiffre significatif ne signifie pas un calcul

en ordre de grandeur. Trop de candidats confondent un résultat avec un seul chiffre significatif et la puissance de dix correspondante.

Concernant les techniques de calcul, le raisonnement et l'interprétation des résultats, le jury a remarqué un certain nombre de points sur lesquels il convient d'être vigilant :

- les exigences mathématiques : les démarches inutilement compliquées sont à proscrire, les calculs sont souvent mal menés et aboutissent rarement, les candidats ayant tendance à s'égarer au bout de quelques lignes de calcul ;
- les raisonnements sont souvent incomplets ou « inversés » (partent du résultat) ;
- les conclusions sont souvent précipitées, après de nombreuses confusions d'ordre calculatoire ;
- les raisonnements physiques reposent sur des schémas, qui sont souvent absents ;
- absence, confusion, voire excentricité des interprétations des phénomènes ou des résultats ;
- le jury est particulièrement vigilant à la rédaction des réponses aux questions comportant une expression du type « montrer que ».

Les copies de candidats ayant fait l'effort de bien présenter, de bien justifier leurs affirmations et de construire des raisonnements complets ont été particulièrement appréciées et valorisées par le jury. Beaucoup de résultats non justifiés ont été donnés tout au long de cette épreuve, ils ne peuvent pas se voir accorder de points.

Mis en difficulté, de nombreux candidats ont su tirer le meilleur parti du sujet sans en comprendre véritablement le sens. Ces épreuves de concours sont difficiles, mais une course effrénée aux points n'aide pas à une rédaction fluide, à des raisonnements convenablement posés et des interprétations bien pensées.

M Physique 2 PSI

Chute libre et freinage aérodynamique

Q1 - Cette question, qui aurait dû être très facile pour les candidats, a finalement posé des problèmes à beaucoup. Certains ont été très longs sur le sujet et ont perdu du temps alors que ces points auraient dû être rapidement acquis. D'autres ont adopté une démarche énergétique qui, si elle accède à la vitesse pour une hauteur donnée, ne donne pas d'information sur la vitesse moyenne et la durée de la chute. Des confusions entre vitesse finale et vitesse moyenne se sont souvent produites. De nombreux candidats échouent sur l'application numérique, voire renoncent à l'effectuer. Ce défaut a été perçu tout au long de l'épreuve.

Q2 - L'énoncé ne précisait pas l'orientation de l'axe vertical (elle apparaît dans la suite), mais par contre désignait clairement la norme du vecteur vitesse et était ainsi positif. Avec l'axe (Oz) orienté vers le haut, il fallait écrire $\vec{v} = -v \vec{e}_z$. Il y a donc eu une erreur de signe dans l'application de la relation fondamentale de la dynamique, mais les candidats ont obtenu le résultat, parce qu'il était donné, de façon frauduleuse. Certains ont gardé S_{\perp} dans le résultat, d'autres l'ont remplacé par πr^2 . Les significations physiques de τ et de v_{∞} ont révélé un manque de vocabulaire ou de compréhension pour un nombre non négligeable de candidats. Mais la question a été plutôt bien traitée, même s'il est à déplorer une rigueur absente dans le développement du raisonnement.

Q3 - L'expression du nombre de Reynolds est bien connue, mais il doit être clair que la masse volumique utilisée est celle du fluide. Les applications numériques doivent utiliser les bonnes données. Une valeur critique du Reynolds à 2000, utile pour les écoulements en conduite, est souvent proposée ici sans réel fondement.

Q4 - Cette question dépendait des résultats précédents.

Q5 - Des candidats ont noté que la question était mal posée et qu'il y avait une erreur dans sa rédaction.

Freinage inductif

Q6 - L'hypothèse $e \ll r_i$, ainsi que le caractère orthoradial des courants induits ont parfois été mal appréhendés. Certains se sont lancés dans un calcul plus compliqué, alors que le résultat pouvait être immédiat (pour ceux qui se posaient moins de questions). L'expression fautive de la conductance infinitésimale dG compromettait la suite.

Q7 - La question a été plutôt bien traitée. L'allure de la courbe représentative de $\Phi(t)$ a été rarement vue. Beaucoup de candidats confondent analyse dimensionnelle et détermination des unités, mais cela n'a pas été sanctionné.

Q8 - Les calculs ont souvent été assez mal menés. L'écriture de la puissance élémentaire $dP = dGe^2$ n'a pas souvent été rencontrée. La loi de Faraday est bien connue des candidats.

Q9 - L'hypothèse $h \gg r_i$, pourtant nécessaire, a été peu utilisée pour répondre à cette question.

Q10 - Beaucoup d'erreurs de signe pour \vec{F} .

Q11 - Des explications souvent confuses et peu de calculs aboutis pour les temps de chute.

Q12 - Le résultat des questions précédentes pour Δt_h et v ont manqué pour établir l'expression de M_0 , dont l'unité est souvent donnée fautive. Les valeurs numériques obtenues sont très variables.

Q13 - En lien avec les difficultés d'écriture mentionnées plus haut, le cycle d'hystérésis a souvent été mal dessiné. La relation $M_0 = M_r V$ n'a pas souvent été utilisée.

Freinage ferroviaire rhéostatique

Q14 - Le sens des lignes de champ magnétique a été bien obtenu et bien justifié avec un vocabulaire très variable (main droite, tire-bouchon, tournevis, Ampère ...).

Q15 - Pour justifier la direction et le sens des densités volumiques de courant, l'hypothèse du freinage

du train et le principe des actions réciproques n'ont pas été rencontrés. Le caractère orthoradial de \vec{j} a été très mal justifié.

Deuxième partie : Freinage et chute de satellites

Il faut d'abord faire descendre les satellites en orbite très basse ...

Ces questions, pourtant proches du cours de première année, ont causé d'importantes difficultés aux candidats.

Q16 - Le cours de première année relatif aux mouvements à force centrale en trajectoire circulaire a été oublié par beaucoup. Il y a confusion entre l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie potentielle de gravitation, ce qui entraîne des expressions fausses. Le signe « - » de celle-ci a été parfois omis, ce qui pénalise la suite.

Q17 - L'expression de l'accélération en base polaire pour un mouvement circulaire a été très maladroitement écrite, ou oubliée. De nombreux candidats n'ont pas su exprimer convenablement v et E . L'identité $E = -\frac{E_p}{2}$ a été peu rencontrée. Les résultats élémentaires sur le mouvement circulaire dans le champ de gravitation devraient pouvoir être retrouvés.

Q18 - À cause du mauvais traitement des questions précédentes, celle-ci a été mal réussie et la phrase « le véhicule accélère dans sa descente » n'a presque pas été écrite alors que c'est essentiel. De même si les valeurs de v_0 et v_1 sont justes, à charge du correcteur de déduire $v_1 < v_0$. Le développement limité à l'ordre 1 en h/R_T a été peu vu et les calculs ont été compliqués. Le jury ne saurait trop insister sur le fait qu'il est nécessaire de conclure clairement les raisonnements.

Q19 - Les orientations de \vec{v} et \vec{a}_{fr} ont été très excentriques et non justifiées.

Q20 - Les équations $E = -E_c$ et $\Delta E = W_{nc}$ ont été peu utilisées et $\Delta\tau$ a été parfois obtenu par une approche dimensionnelle.

... où ils arrivent dans l'atmosphère ...

Q21 - Cette question a très souvent été traitée, de façon satisfaisante dans l'ensemble, malgré des erreurs de signe assez fréquentes pour \vec{v}_∞ .

Q22 - La question a été relativement bien traitée, malgré certaines confusions entre densité de particule et densité de charge. Un certain nombre de candidats a perdu du temps sur des explications compliquées et confuses.

Q23 - Elle a été relativement bien traitée dans l'ensemble. On remarque quand même des confusions trop fréquentes entre les lois de Fick et de Fourier, des erreurs d'unités pour la densité de courant et le coefficient de diffusion. Ces points de cours auraient dû être l'occasion de gagner facilement des points.

Q24 - L'unité de u a été souvent correcte, par contre écrire que D et u varient avec ou augmentent avec T ne suffit pas, il faut le justifier.

Q25 - Dans cette question, il fallait écrire la compensation entre les courants de particule sous la forme $\vec{j}_d + \vec{j}_g = \vec{0}$, ce qui n'a pas toujours été fait. Certains sont arrivés à une équation différentielle avec des coefficients de signes contraires et dont la solution n'était pas bornée, ce qui ne les a pas empêchés de donner la bonne solution puisqu'elle figurait dans l'énoncé. On a parfois vu la démonstration de l'équilibre de l'atmosphère isotherme pour la densité de particules. Tant bien que mal, les candidats sont arrivés au bon résultat pour H .

Q26 - Cette question plus ouverte a posé de sérieux problèmes aux candidats, même s'il s'agissait essentiellement de commenter des allures de courbes. Il semble que beaucoup de candidats n'ont pas vu que l'échelle était semi-logarithmique. On pourrait s'attendre à ce que l'utilisation de ce type d'outil soit plus naturelle pour les candidats. Malgré cela, les explications furent confuses et mal exprimées, la valeur de H aléatoire.

... et commencent donc à descendre !

Q27 - La puissance dissipée par les forces de frottement a été correctement écrite. Dans la suite, la

relation $E = -E_c$ a très souvent fait défaut aux candidats, ce qui les a empêchés d'avancer simplement dans cette question et l'expression de τ n'a que rarement été obtenue.

Q28 - La question a été souvent abordée, avec succès. De nombreux candidats sont arrivés au résultat correct.

Q29 - Les valeurs proposées pour l'ordre de grandeur de la durée de chute sont très dispersées. Le jury a été assez souple sur les ordres de grandeur envisagés par les candidats.

Une amélioration : le nettoyage des orbites par câble ?

Cette dernière partie a été très souvent mal traitée (voire bâclée) dans son ensemble, probablement par manque de temps. Les questions assez simples de fin d'énoncé n'ont pas été abordées par les candidats, ou alors de façon assez superficielle.

Q30 - Les candidats se sont souvent trouvés en difficulté sur cette question. Le fait que le nord géographique était un sud magnétique n'a pas souvent été vu. Beaucoup n'ont pas utilisé (pas vu) la formule donnée en annexe et sont partis sur le théorème d'Ampère. Les coordonnées sphériques sont à connaître (surtout utilisées pour un dipôle magnétique), notamment la prise de l'angle θ par rapport à l'axe de référence z .

Q31 - La force de Laplace a été peu souvent utilisée. Des erreurs ont souvent été commises dans l'orientation de la vitesse, et dans les interprétations proposées.

Q32 - Cette question pouvait être traitée indépendamment des autres, et elle a été réussie dans l'ensemble.

Q33 - L'expression de Φ a été peu rencontrée. Les résultats corrects sont bien souvent accompagnés d'interprétations confuses ou erronées.

Q34 - De bons résultats pour la valeur du courant et quelques valeurs de f correctes, mais la précipitation n'a permis ni de comprendre ni d'aboutir cette partie.

[↑RETOUR](#)