

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 apprécieront 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 « Maxwell » ? 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 !)

2.6.3 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, raisonnement 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.

Les questions de simple bon sens, nombreuses au début du sujet, mais aussi à différentes étapes de l'étude ultérieure, ont été assez mal réussies, certains étudiants ayant manifestement le plus grand mal à passer d'une description explicite à une mise en équation (le volume du système à gonfler, l'association des résistances qui isolent l'eau chaude de l'extérieur). Il n'existe pas forcément de réponse type à ces questions et le jury était prêt à attribuer les points prévus, quel que soit le cheminement proposé par le candidat sous réserve qu'il soit pertinent, explicite, rigoureux, avec des calculs homogènes et des applications numériques raisonnables.

Le jury déplore le manque de réussite de trop nombreux candidats aux *questions de cours* ou aux *applications immédiates du cours*. Certaines copies les ignorent purement et simplement, tandis que d'autres répondent de façon inappropriée, confondant manifestement définir, exprimer et calculer... Ces questions étaient pourtant facilement identifiables et auraient dû connaître un meilleur sort. Dans le cas d'une question proche du cours, le barème est évidemment assez strict ; les candidats doivent s'y attendre quand le résultat à établir est, par exemple, rappelé dans l'énoncé !

Enfin, rappelons ici une fois encore à quel point la qualité de la rédaction peut influencer l'évaluation d'une copie. Il s'agit bien sûr de soigner l'écriture et de mettre en valeur les résultats obtenus, mais aussi de préciser les enchaînements du raisonnement, si possible au moyen de phrases complètes autant qu'il est possible. Certaines copies donnent hélas l'impression de n'avoir jamais été relues par leurs auteurs, et la note s'en ressent, bien sûr.

2.7.2 Conseils aux futurs candidats

L'objectif des candidats aux futures sessions du concours est bien sûr d'obtenir les meilleurs résultats possibles, c'est-à-dire qu'ils doivent faire preuve de toutes leurs qualités et de toutes les connaissances acquises pendant les deux années de préparation, pendant la courte durée de quelques épreuves écrites et sur un thème qu'ils ne choisiront pas. Ils recevront certainement, pendant cette préparation, des conseils avisés de leurs enseignants que nous les engageons à suivre scrupuleusement. Nous souhaitons ajouter ici des remarques spécifiques à la rédaction d'une copie de concours de Physique.

Il est d'abord indispensable de bien maîtriser le cours, ce qui signifie :

- être capable d'identifier à quelle partie du cours une question se rapporte,
- être capable d'énoncer les résultats exigibles, y compris les conditions d'application des diverses relations utiles,
- être en mesure de développer les applications immédiates du cours, sans les confondre avec celui-ci.

Il est ensuite recommandé de débuter l'épreuve par une lecture complète du sujet, de manière justement à identifier les compétences et le savoir-faire à mobiliser pour sa résolution. Cette vue d'ensemble évitera d'une part au candidat les erreurs grossières d'interprétation ; d'autre part elle lui permettra de se concentrer d'abord sur les parties qu'il maîtrise le mieux.

La rédaction d'une épreuve de sciences en général, et de Physique en particulier, doit se caractériser par la rigueur de la rédaction. Les affirmations doivent être justifiées et argumentées, tout particulièrement dans le cas des questions « qualitatives » ou sans calcul. Un des aspects de cette rigueur, particulier aux sciences physiques, est la vérification régulière (et si besoin explicite) de l'homogénéité des expressions et de la pertinence des applications numériques.

Il est donc absolument indispensable que les candidats apprennent à se relire, en se posant quelques questions : « ce que je viens de rédiger est-il lisible, clair, et complet ? » Trop souvent, le jury a la pénible impression que le candidat avait tous les éléments pour répondre à la question posée, mais qu'il est juste passé à côté de celle-ci... et des points prévus au barème.

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

L Physique 1 PSI

Q1 - La première question, qui relève du simple bon sens, a heureusement été traitée convenablement dans la majorité des copies. Certains ont fait des erreurs dans le calcul du volume d'air (remplacer $r_2^2 - r_1^2$ par $(r_2 - r_1)^2$; d'autres ont remplacé la (bonne) question « que me demande-t-on ? » par la (mauvaise) « quelle formule s'applique ici ? ». On voit alors apparaître des flux écrits sous forme d'intégrale double... calculs qui, soit n'aboutissent pas, soit se poursuivent en inventant surface et vitesse, comme pour fournir à tout prix un résultat, fût-il totalement imaginaire. Un tel manque de rigueur intellectuelle est évidemment sanctionné.

Q2 - Les mêmes remarques s'appliquent à ces deux questions, quoique moins souvent traitées par les candidats (ne serait-ce qu'à cause de la confusion trop fréquente entre degrés celsius et kelvin). On voit ici aussi apparaître des « formules » (par exemple $PV^\gamma = \text{cte}$) sans raison d'être ni lien avec les questions posées. Quelques lignes de réaction pouvaient suffire, au prix d'une réflexion sur les invariants du problème.

Q3 - Ici aussi le candidat était assez libre de la rédaction, mais le jury attendait au moins une expression soignée du premier principe (quel système, quelle évolution ?) et une conclusion appuyée sur un calcul d'ordre de grandeur. Certains candidats se sont contentés de beaucoup moins.

Q4 - Même si la réponse était assez naturelle, les copies qui ont tenté une justification un tant soit peu soignée (un schéma) ont été valorisées. Beaucoup de candidats pensent, bizarrement, qu'il n'y a pas de réflexion en incidence normale... au contraire de ce que leur cours leur apprend. Rappelons aussi que, contrairement à ce qui dit la chanson, le soleil n'est en général pas au zénith à midi (heure solaire) ; le serait-il qu'il ne serait pour autant ni plus proche, ni plus chaud.

Q5 - À cette question, explicitement qualitative, le jury s'est contenté de réponses même très brèves aux deux questions posées, sous réserve d'être pertinentes. *Justifier* le modèle d'OPPM n'est pas *décrire* ce modèle ! Certains confondent *moment dipolaire* des molécules et *polarisation* de l'onde ; d'autres font intervenir, de façon bien confuse, le champ magnétique (statique) terrestre.

Q6 - Ces questions supposaient la prise d'initiative du candidat : détermination du vecteur de Poynting, bilan d'absorption sur une tranche infinitésimale, puis une analyse dimensionnelle et un calcul d'ordre de grandeur non trivial. Ces éléments, que bien des candidats auraient sans doute su traiter s'ils avaient été guidés, n'ont finalement presque pas été abordés. Pourquoi tant de copies proposent-elles la longueur d'onde de 600 nm pour un rayonnement vert ?

Q7 - Définir la notion de résistance thermique est une compétence exigible du programme. Certains candidats confondent ici *définir* ($\Delta T/\Phi$ dans l'ARQS, les grandeurs figurant dans la fraction étant bien sûr définies par ailleurs) et *exprimer* (par exemple $\ell/\lambda S$). Le cas cylindrique est rarement bien traité, mais le jury a au moins partiellement valorisé les réponses approchées proposées à cette question.

Q8 - à Q12 - Ces questions admettent des réponses assez simples si le problème est bien modélisé par des résistances thermiques ; toutefois le jury a souvent lu des rédactions assez confuses, mélangeant de manière peu heureuse modélisation formelle et ordres de grandeur.

Q13 - à Q15 - Définir et exprimer une résistance électrique puis retrouver l'expression de la conductivité électrique dans le modèle de Drude sont des compétences exigibles du programme ; ces questions ont été majoritairement (mais pas toujours, malheureusement) bien traitées. Peu de candidats savent l'établir, mais la plupart connaissent l'interprétation du temps moyen entre collisions.

Q16 - Q17 - La plupart des copies qui ont abordé ces questions, bien caractéristiques de la filière PSI, ont répondu de manière correcte, sauf pour la question plus technique de la précision nécessaire sur les résistances du montage. Notons aussi qu'une abréviation comme « LNTP » n'a rien d'universel...

Q18 - Un bon nombre de candidats traite bien cette question simple ; quelques-uns confondent manifestement les lois de l'hydrostatique dans l'eau et dans l'air...

Q19 - Expliciter et estimer le nombre de Reynolds est une compétence bien maîtrisée par la majorité des candidats ; quelques-uns confondent cependant la longueur caractéristique de l'écoulement (le diamètre de la bulle) et celle du récipient (le diamètre du spa), ou bien les masses volumiques du liquide qui s'écoule et du gaz enfermé dans la bulle. Par contre, « associer une gamme de nombres de Reynolds à un modèle de traînée linéaire ou un modèle quadratique » (phrase extraite du programme officiel PSI) ne semble pas l'être... mais beaucoup de candidats poursuivent en considérant que C_x reste constant... même après avoir « montré » le contraire juste avant ! Pourtant l'écriture de la loi du mouvement lors de la remontée de la bulle est souvent fautive, et *a fortiori* son intégration ; le formulaire qui termine l'énoncé aurait pourtant dû servir ici.

Q20 - Questions difficiles pour la plupart, mais quand même bien traitées dans les bonnes copies.

Q21 - La fin de l'énoncé a été, hélas, très peu abordée.

 RETOUR