

## 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

dernier propose plusieurs points d'entrées et une grande variété de questions : analyses dimensionnelles, démonstrations de cours (de première et seconde année), études mécaniques, usuelles.

### 2.3.2 Commentaires généraux

Cette année encore le jury **déplore une qualité de rédaction terriblement basse**, ce qui bloque parfois la simple lecture et compréhension de la réponse proposée. Des copies entières sont parfois illisibles.

Les questions simples donnent parfois à lire des développements extrêmement longs et, quelquefois, loin de toute réalité. Il est à souligner que le caractère concis et construit des réponses est un gage de qualité.

Le jury note que les études mécaniques sont trop souvent faites en dehors d'un cadre usuel de la mécanique : référentiel, schéma, projection. Nombre de candidats ont tenté de répondre à beaucoup de questions mais ont abandonné proches de la réponse. Il est important de souligner que la ténacité est souvent source de réussite. La partie I.C faisait appel à des techniques de bilan vues principalement en classe de MP lors des bilans thermiques. Il faut savoir transposer les techniques mathématiques (qui sont universelles) d'un chapitre à l'autre. Cette partie a donné lieu à une évolution mathématique souvent sans rigueur ni fondement avec pour seul but de trouver le résultat attendu (ordre des différentielles, ...). Il en va de même avec la partie quantique : savoir généraliser ou développer des techniques de calcul vues en dimension 1 à plusieurs dimensions, et ce dans un cadre rigoureux, est apprécié par le jury.

La dernière partie sur l'expérience de Kappler avec un usage des outils de la physique statistique a su donner un terrain d'expression à la puissance de calcul des MP mais parfois au détriment du sens physique et de la rigueur.

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

### 2.3.3 Conseils aux futurs candidats

Nous conseillons avec force aux futurs candidats de lire avec attention le rapport et de proposer un travail sincère et construit. Il faut avoir un soin de rédaction poussé : présentation globale et des résultats, clarté des schémas. L'usage d'un vocabulaire précis et concis est important dans les définitions et réponses. Les développements mathématiques doivent être rigoureux. Si ces derniers aboutissent à des applications numériques, unité et réflexion critique sur la valeur sont requises.

### 2.3.4 Conclusion

L'écrit de physique MP 2 a permis de classer les candidats de façon satisfaisante. Le travail de fond sur les deux années de CPGE qui structure la réflexion a été une qualité appréciée.

## H Physique 2 MP

**Q1** - La rigueur dans la démonstration d'une des bases de la physique est primordiale. Il est à noter l'importance de respecter dans la réponse le jeu de variables demandées dans la question.

**Q2** - Avait pour objectif d'obtenir les équations couplées des deux masses. Les candidats n'ayant pas eu une approche rigoureuse et méthodique ont souvent échoué.

**Q3** - Une approche des équations avec sens physique permet de trouver la réponse avec élégance et gain de temps.

**Q4** - et **Q5** - Trop de candidats n'ont pas respecté les lois élémentaires des mathématiques ce qui a eu pour conséquence un résultat faux.

**Q6** - et **Q7** - Beaucoup de réponse directe sans démonstration (comme demandé). La schématisation est souvent sans aucun soin. Un schéma en physique doit être simple et clair.

**Q8** - La similitude entre les dépendances des grandeurs n'est que rarement mise en avant. Le jury a validé les réponses basées sur des raisonnements d'unités mais nous soulignons la plus grande élégance des raisonnements basés sur les grandeurs.

**Q9** - Une mise en relation des informations du sujet permet d'éviter des calculs inutiles. Le jury souligne l'importance de la cohérence dans la construction de la réponse. Chercher toutes les questions de façon indépendante peut être néfaste pour la copie.

**Q10** - et **Q11** - Ont pour socle l'expression du taux d'accroissement d'une grandeur. Il faut donc construire les réponses via un bilan local. Vouloir forcer l'apparition de la réponse sans fondement reste sans finalité.

**Q12** - La notion de comportement limite (mécanique qui plus est) fut difficile à mettre en œuvre à l'extrémité. L'intégration de l'expression fut faite de nombreuses fois mais l'identification avec la force d'inertie de rotation autour d'un axe fixe pas observée dans les mêmes proportions.

**Q13** - Propose une autre approche dimensionnelle pour E. La résolution du système (simple) d'équations a donné parfois lieu à des résultats surprenants. Il faut pour ce type de calculs être précis et clair.

**Q14** - Le jury est conscient que E n'est pas manipulé couramment, des valeurs extrêmement farfelues ont été proposées et ce sans aucune réflexion sur ces valeurs. Le jury a accepté un intervalle large de valeur.

**Q15** - Le jury attend dans les définitions aussi fondatrices que la fonction d'onde et ces propriétés une extrême rigueur quant au sens des mots employés. Les définitions vagues et/ou floues ne peuvent convenir. L'analyse dimensionnelle de  $\Psi$  a souvent été faite à 1D et non en 3D.

**Q16** - Aborde la séparation des variables dans l'équation de Schrödinger. Question relativement bien traitée. Le jury a considéré comme justes les réponses stationnaires et états stationnaires, la qualité de l'argumentation a été prise en compte.

**Q17** - A donné lieu à des calculs semblables à ceux de la question 16 mais sur les trois variables de l'espace  $(x; z; z)$ . La mise en œuvre de la méthode dans une telle situation a surpris certains candidats. Mais dans l'ensemble l'obtention et la résolution n'ont pas posé problème.

**Q18** - Un réemploi de la réponse trouvée à la question 17 permet de trouver directement et sans calcul compliqué l'énergie d'un niveau  $(n_1; n_2; n_3)$ .

**Q19** - et **Q20** - Se proposent de développer l'énergie trouvée pour aboutir à une expression de la raideur. Certains candidats ne parviennent pas poser le développement de façon rigoureuse et correcte.

**Q21** - Question de dénombrement de cellule de volume  $a^3$  dans la barre qui fut globalement bien réussie.

**Q22** - La mise en relation des déformations relatives s'obtient facilement avec la dérivation logarithmique, outil précieux mais pas indispensable.

**Q23** - et **Q24** - Question globalement bien traitée. Le jury aurait aimé voir une mise en regard des différentes expressions de  $E$  d'un point de vue dimensionnel.

**Q25** - La recherche de position d'équilibre dans une situation simple n'a pas été réussie fréquemment. Il est important de respecter les axes (ou de redéfinir clairement le jeu d'axes utilisés), le jeu de variables et l'algébrisation proposés par le sujet .

**Q26** - N'a pas posé beaucoup de difficulté. L'obtention de  $\gamma(\theta)$  par analyse du facteur de Boltzmann et celle de  $\zeta(\theta)$  par normalisation furent faites correctement dans l'ensemble.

**Q27** - Le jury a apprécié fortement les copies qui ont su faire preuve de hauteur et qui se sont retenues de faire des calculs inutiles par étude rapide de la parité de la fonction de densité de probabilité.

**Q28** - La mise en perspective avec le résultat du cours n'est pas automatique, ce que le jury regrette.

**Q29** - Les expériences de Jean Perrin étaient attendues en première intention. Toutes les réponses justes relevant de la culture scientifique du candidat ont été valorisées.

[!\[\]\(73002692dd5e7a64e60946be3158e719\_img.jpg\) RETOUR](#)