

## 2 Physique

### 2.1 Remarques générales

Plusieurs 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 !)

## 2.2 Physique 1 - filières MP et MPI

### 2.2.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet de cette année portait essentiellement sur l'optique ondulatoire et la physique quantique. En introduisant l'expression de l'énergie et de l'impulsion en relativité restreinte, le sujet faisait un pont entre la théorie relativiste, la mécanique classique et la physique quantique. Après une première partie sur ces notions de relativité, la partie II très courte introduisait le sujet d'étude, à savoir le spectre de l'hydrogène. La partie III, très classique, s'intéressait à un dispositif optique permettant la mesure de ces raies. Enfin, la partie IV, décorrélée des deux précédentes, comparait les équations de Schrödinger et de Klein-Gordon vues comme des équations d'ondes, et en particulier leur caractère classique ou relativiste, pour conclure la possibilité d'effet tunnel relativiste avec transmission totale.

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

### 2.2.2 Commentaires généraux

S'il s'agit d'une remarque habituelle de jury de physique, la correction de cette épreuve nous impose d'insister à nouveau sur ce point : il est conseillé aux candidats et candidates de toujours **vérifier l'homogénéité** des équations obtenues ! Le sujet manipulait des grandeurs dimensionnellement simples (vitesses, énergies, impulsions essentiellement) pourtant malmenées beaucoup trop régulièrement (en particulier aux questions 1 à 4 et 20 à 22) par les copies.

Cette année particulièrement, le jury déplore qu'une trop grande proportion de candidats ne maîtrise pas les connaissances du cours. Sur l'interféromètre de Michelson par exemple, on peut citer le tracé des rayons, la démonstration rigoureuse de la différence de marche en lame d'air, le calcul du rayon des anneaux. De même sur la définition d'un état stationnaire à différencier d'une onde stationnaire, ou la définition des vitesses de phase et de groupe. Des questions de cours bien traitées permettent d'obtenir un nombre de points suffisant pour obtenir la moyenne à l'épreuve.

Il est conseillé de **bien lire l'énoncé**. Si l'énoncé demande une fonction  $E = f(E_0, v, c)$ , une réponse contenant la masse  $m$  ne peut convenir. De plus, la quantité demandée est  $E$  et non  $E^2$ . Si l'énoncé demande une relation vectorielle, donner une relation scalaire fait perdre des points. Lorsqu'un schéma est demandé, l'absence de schéma est systématiquement sanctionnée. De plus, la réponse à une question doit être formulée par une phrase. Trop de copies ne sont que des longues suites de formules sans le moindre effort pour expliquer son raisonnement. Ce comportement est inévitablement sanctionné puisque le jury ne note pas la réponse seule mais aussi la présence d'un raisonnement clair pour l'obtenir. De même, toute réponse se limitant à « oui » ou « non » n'obtient aucun point.

## 2.3 Physique 2 - filière MP

### 2.3.1 Généralités et présentation du sujet

Ce sujet intitulé « Mesure et caractérisation du champ de pesanteur » est décomposé en deux parties totalement indépendantes.

Une première, assez classique, consiste en l'étude du champ de pesanteur terrestre en référentiel géocentrique, dont il faut établir l'expression à l'aide de démonstrations classiques de cours (théorème de Gauss gravitationnel et lois de Newton en référentiel géocentrique non galiléen). Puis, il s'agit

## G Physique 1 MP-MPI

**Q1** - Bien traitée dans l'ensemble, même si la confusion entre dimension et unité dans le système international a été vue. De plus, les unités usuelles doivent se comprendre soit comme les unités de base du SI (m, kg, s), soit comme les unités usuelles définies exprès pour la grandeur (comme le joule pour l'énergie). Les unités telles que le  $\text{Hz}^{-1}$  sont à proscrire.

**Q2** - Bien traitée.

**Q3** - Il s'agissait bien d'établir la relation entre l'impulsion et la vitesse, et non de donner la formule. Question bien traitée dans l'ensemble.

**Q4** - Le jury a été très surpris par l'immense majorité des copies qui ne cherche pas à simplifier *au maximum* une expression algébrique, et laisse une somme simplifiable comme résultat.

**Q5** - Dans l'ensemble bien traitée. Les applications numériques pourtant très simples (les résultats sont demandés en eV) ont été étonnamment sélectives. Une minorité non négligeable des copies mentionne une masse du photon « très petite » ou « négligeable ». Comme toujours en physique, ces formulations n'ont pas de sens sans grandeur à laquelle la comparer. Ici la masse doit être strictement nulle pour espérer que la formule ait un sens si  $v = c$ .

**Q6** - Cette question a été contre toute attente très sélective. Si la formulation du sujet aurait pu être clarifiée (les énergies  $E_i$  et  $E_f$  étant les énergies des niveaux internes de l'atome, pas les énergies totales), celui-ci insistait largement sur les deux quantités à regarder : impulsion et énergie. Un très petit nombre de copies a réussi à écrire un bilan d'énergie et un bilan d'impulsion. Au contraire, un grand nombre de copies a cherché à manipuler les équations de la partie I pour singer l'expression attendue, comportement qui a été sanctionné.

**Q7** - Peu traitée. La confusion entre l'énergie  $E_i$  et l'énergie de masse  $mc^2$  a souvent été vue, probablement en cherchant à établir un lien malvenu avec la partie I du sujet.

**Q8** - Cette question a été le plus souvent très mal traitée. L'élément central, à savoir que la longueur d'onde du photon émis est associée à une *différence* d'énergie (et non un niveau d'énergie seul) a très souvent manqué dans les copies.

**Q9** - Sans commentaire particulier.

**Q10** - Bien traitée sauf pour la dernière partie de la question qui a été peu comprise. Les discussions abordant la taille de la source et le lien avec la localisation des interférences ont été valorisées.

**Q11** - Sans commentaire particulier.

**Q12** - Le théorème de Malus et le retour inverse de la lumière ont souvent été invoqués de façon incantatoire, sans expliciter réellement leur signification dans ce contexte.

**Q13** - Si dans l'énoncé, le terme « incertitude-type relative » aurait été préférable à « précision relative », quasiment aucune copie n'a proposé de résultat pour  $\Delta\lambda/\lambda_0$ , la grandeur *relative* d'intérêt.

**Q14** - Bien traitée. L'importance de la cohérence des deux sources secondaires a été peu évoquée.

**Q15** - Le jury a vu beaucoup de réponses à cette question, avec de nombreuses tentatives sur l'aspect calculatoire, mais peu de protocoles expérimentaux clairs y ont été associés.

**Q16** - Peu traitée et très peu de bonnes réponses mêmes partielles.

**Q17** - L'identification de l'unité du graphe a été sélective.

**Q18** - Question difficile, très peu traitée.

**Q19** - Les candidates et candidats trop pressés ont interprété la formule, pourtant simple, de façon inverse en trouvant un décalage vers le rouge.

**Q20** - Le jury a vu un nombre considérable de réponses manquant de cohérence où après avoir assuré qu'il s'agissait d'une « onde » stationnaire, il était écrit juste en-dessous que l'onde se déplaçait. Les notions d'état stationnaire et d'onde stationnaire ne doivent pas être confondues. Les réponses pour

déterminer vitesse de phase et vitesse de groupe sans aucune justification ont été sanctionnées.

**Q21** - Les calculs de cette question et celle d'après ont donné un grand nombre de calculs inhomogènes, ainsi que des justifications alarmantes se résumant à «  $v_g > c$ , donc l'équation est relativiste ».

**Q22** - idem.

**Q23** - L'existence d'une onde évanescante est bien connue. Le nom de l' *effet tunnel* un peu moins étonnement.

**Q24** - Peu traitée.

**Q25** - Peu traitée.

 RETOUR