

## 2.2. Épreuves écrites

### 2.2.1. Physique I — MP

#### Présentation du sujet

Ce sujet abordait les questions de l'interaction lumière-matière, dans le cas de l'utilisation de source laser de forte puissance. Plusieurs situations d'interactions avec la matière étaient proposées : gaz pour les deux premières parties et solide pour la fin de la deuxième partie et la troisième partie. Il était question, dans ce sujet, de génération d'harmoniques dans un milieu où a lieu une interaction entre un laser de forte puissance et la matière. Les thématiques du programme de CPGE, abordées dans ce sujet, étaient nombreuses : mécanique, électrostatique, réponse des conducteurs en fréquence, ondes électromagnétiques, analogie avec l'optique ondulatoire, analyse de Fourier, et thermodynamique. Les candidats devaient également faire intervenir de nombreuses compétences du programme.

#### Remarques générales

Le sujet comportait de nombreuses difficultés et malgré le nombre de questions restreint, certaines questions demandaient aux candidats de consacrer un temps non négligeable pour répondre aux questions. Certains candidats ont très bien réussi cette épreuve en ne traitant que 2/3 des questions du sujet ; d'autres candidats ont également bien réussi en ne traitant que la moitié du sujet de manière linéaire et en obtenant des points en répondant à quelques questions sur la moitié restante du sujet.

Malgré la difficulté du sujet, le jury souhaiterait insister sur les points suivants :

- De nombreuses copies font apparaître des résultats qui ne sont pas homogènes, ce qui n'est pas acceptable. Lors d'une comparaison de grandeurs pour négliger des termes, il est nécessaire que les grandeurs physiques comparées soient de même dimension. Très souvent, les évaluations d'ordre de grandeur n'ont pas été satisfaisantes.
- Trop de candidats ne connaissent pas les unités de base de certaines grandeurs, ou ne montrent pas assez de lucidité et d'esprit critique pour corriger des résultats qui semblent erronés. Le jury manifeste une certaine inquiétude vis-à-vis de certaines copies, qui se distinguent par une grande légèreté et un manque de rigueur patent.
- Le sujet comportait quelques questions de cours où il était facile d'obtenir des points. Ces aspects de cours sont clairement au programme et ne sont pas maîtrisés par une quantité non négligeable de candidats.
- Le jury souhaite souligner le fait que certains candidats essaient dans de nombreuses situations d'obtenir des résultats au mépris de la rigueur scientifique et de l'honnêteté intellectuelle. Il est préférable d'adopter une attitude critique quant aux résultats obtenus et d'évoquer des pistes de réflexion pour comprendre une erreur, plutôt qu'essayer de faire croire au correcteur qu'on a réellement obtenu le résultat.
- Enfin, le jury a pu noter des lacunes importantes chez de nombreux candidats dans la maîtrise des outils mathématiques de base : intégration de fonctions trigonométriques, prise en compte de conditions initiales, écriture complexe.

En ce qui concerne la présentation des copies, le jury note que certains candidats n'ont pas compris les enjeux d'une épreuve écrite de concours où il s'agit de se faire comprendre clairement. Il est nécessaire d'adopter une rédaction claire et concise. Encore trop de copies sont parfois illisibles, avec de nombreuses ratures et des résultats rarement mis en valeur. La présentation ne doit pas être négligée

surtout quand il devient impossible au jury de pouvoir évaluer une réponse à une question, faute de lisibilité.

### Remarques particulières

Dans la suite de ce rapport, nous proposons de revenir brièvement sur certaines erreurs revenues fréquemment, question par question.

Question 1 : Question souvent bien traitée. Quelques manques dans les justifications. Certains candidats se trompent sur l'expression de la force de Coulomb ou sur la justification du caractère central d'une force.

Question 2 : En général, cette question a été correctement traitée. Les candidats ont des connaissances inégales sur cette question. Les justifications ne sont pas toujours au rendez-vous.

Question 3 : Question très largement ratée. Les champs électriques n'ont quasiment jamais été obtenus. La définition de la puissance est souvent fausse. Les candidats ont fréquemment confondu force et champ électrique. Les unités du champ électrique sont très souvent fantaisistes. Cette question nécessitait de s'appuyer sur les documents fournis en annexe du sujet.

Question 4 : De nombreux candidats ont eu des difficultés à comprendre les attendus de la question.

Question 5 : La valeur absolue dans l'expression de l'énergie a été très souvent oubliée.

Question 6 : De nombreux candidats se trompent dans l'expression de la force de Lorentz et confondent relation de structure et relation de dispersion. L'obtention de l'énergie à partir de l'expression de la force n'a pas toujours été correcte (erreur d'intégration, signe, ...).

Question 7 : Cette question a été très largement ratée quand elle était abordée. Les deux instants caractéristiques n'ont pas été déterminés par la majorité des candidats.

Questions 8 : En règle générale, de nombreux candidats ont répondu à cette question : il s'agissait d'appliquer un principe fondamental de la dynamique et deux intégrations successives. De nombreuses erreurs d'intégration sont à constater, ainsi que des difficultés à prendre correctement en compte les conditions initiales. Certains candidats ne réussissent pas à intégrer correctement une fonction trigonométrique, sans parler des cas où la fonction est considérée comme constante, et où les candidats obtiennent une fonction affine en produit avec une fonction trigonométrique dépendante du temps.

Question 9 : L'expression de l'énergie moyenne a souvent été obtenue. La partie sur les inégalités temps-fréquence a été moyennement réussie.

Question 10 : Cette question n'était pas évidente. L'utilisation de l'analyse de Fourier était indispensable. Cette question a été largement ratée. Dans certaines copies, la notion de décomposition de Fourier ou d'analyse spectrale a été mentionnée, mais dans la majorité des cas, les candidats n'ont pas réussi à mener à bien l'intégralité du raisonnement qui permettait de répondre à la question de manière satisfaisante.

Question 11 : Très peu de réponses correctes à cette question. Certains candidats ont eu l'intuition de la forme mathématique du champ électrique. La très large majorité des candidats ont répondu par anticipation à la question 12 dans cette question, alors qu'il était attendu un raisonnement électrostatique (Gauss, équation de Maxwell-Gauss, analogie avec un condensateur). Les représentations graphiques sont parfois peu soignées (absence de légende sur les axes, tracés hasardeux ...).

Question 12 : Cette question était purement du cours : il s'agissait de donner les équations de Maxwell, de reproduire le raisonnement permettant d'établir l'expression de la conductivité des métaux en régime

harmonique, d'utiliser cette expression pour déterminer l'équation d'ondes se propageant dans le milieu et la relation de dispersion associée. La plupart des candidats n'a pas eu de difficultés sur cette question. Néanmoins, le jury souhaite souligner le fait que certains candidats sont dans l'incapacité de donner les équations de Maxwell sans erreur.

Question 13 : Question assez facile et largement réussie par les candidats.

Question 14 : Cette question, qui nécessitait un raisonnement sur l'interface entre deux milieux, a été peu abordée. Des éléments de réponse qui allaient dans le bon sens ont été valorisés lors de la correction des copies.

Question 15 : Beaucoup de candidats font des erreurs grossières dans l'expression du déphasage, alors qu'une analyse aux dimensions aurait pu permettre de détecter une éventuelle erreur d'homogénéité.

Question 16 & 17 : Ces deux questions ont été très peu abordées. Les rares candidats qui ont proposé des éléments de réponse ou des pistes de réflexion satisfaisantes ont été récompensés.

Question 18 : Beaucoup d'erreurs sur cette question. La définition du gaz parfait est parfois méconnue. L'utilisation de l'équation du gaz parfait n'était pas attendue ici, mais plutôt une analogie avec la détente de Joule-Gay-Lussac ou l'utilisation du premier principe.

Question 19, 20 & 21 : Questions peu abordées et dans la majorité des cas les réponses proposées par les candidats étaient fausses.

### 2.2.2. Physique II — MP

#### Remarques générales

Le sujet traitait de l'atome de deutérium (ou hydrogène lourd) et de son noyau, le deuton. Il comportait 33 questions réparties sur trois parties totalement indépendantes, la première étant une introduction aux rapports de masse, assez courte (4 questions), et représentant environ 10 % du barème. La deuxième partie proposait une étude classique de l'atome de deutérium, pour une description spectroscopique et représentait environ 30 % du barème (9 questions). La troisième partie décrivait, en mécanique quantique, certaines propriétés du deuton et comptait pour 60 % du barème (18 questions).

L'épreuve se déroulait sans calculatrice, exigeant de la part des candidats une gestion pertinente des calculs, la précision n'étant pas l'exigence première attendue (tous les résultats étaient demandés au mieux avec deux chiffres significatifs).

Les applications numériques demandées représentaient 13 % du barème, les questions d'applications directes de cours un peu plus de 11 % et les questions de culture scientifique un peu moins de 7 %.

Les différentes questions de l'épreuve ont été toutes abordées, seules les questions 32 et 33 n'ayant pas trouvé de réponses complètement satisfaisantes.

Les questions de cours ont souvent reçu des réponses non construites ou de simples affirmations.

Les applications numériques ont donné lieu à une très grande dispersion des résultats, mettant en évidence un manque de pertinence à de nombreux candidats.