

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE 2

LE PADELLEC Arnaud - WARIN André

I. Remarques générales

Le sujet de physique 2 de la session 2011 comprenait une partie A sur l'optique et une partie B sur l'électromagnétisme.

- La partie A, d'optique géométrique, concerne quelques propriétés et applications de l'appareil photographique.
- La partie B, propose la détermination du champ magnétique d'une boule chargée dans différentes configurations. L'assimilation de cette boule chargée à l'électron permettra d'approcher la valeur du rayon de l'électron.

I.1. Erreurs courantes

Les unités, même exprimées de façon juste, devraient l'être en SI et non dans des combinaisons iconoclastes comme trouvées parfois. Un nombre conséquent d'applications numériques ne sont pas faites, même avec des expressions littérales justes. Ceci est dommageable au candidat.

Le produit scalaire se fait entre deux vecteurs séparés par un point à mi-hauteur. Il est préférable, dans la rédaction, de porter des « flèches » sur les grandeurs vectorielles et de s'abstenir de vouloir mettre ces grandeurs « en gras ».

I.2. Autres remarques

Les candidats ne doivent négliger aucune partie du programme, et de ce point de vue, certains ne s'attendaient manifestement pas à un sujet d'optique géométrique même si cette dernière est au programme des CPGE, au même titre que l'optique physique.

Il est pour le moins surprenant de voir un nombre conséquent de candidats provenant de la filière MP si peu à l'aise avec un tant soit peu de formalisation et de calculs. La moyenne générale de l'épreuve est vraiment trop juste, avec trop peu de bonnes copies, et encore moins de très bonnes copies ($> 15/20$). À la grande satisfaction des correcteurs, ces dernières étaient généralement propres et soignées, preuve que les consignes commencent à passer...

II. Rapport détaillé

Partie A - OPTIQUE

Première partie

Section 'objectif – lentille simple'

Concernant la discussion du tirage et de la mise au point, un certain nombre de candidats ont pris au pied de la lettre la borne indiquée du demi-millimètre au-delà de laquelle la correction est nécessaire, et n'ont donc pas bien dissocié les 2 intervalles proposés, et les actions nécessaires.

Section 'objectif bifocal'

Il est inquiétant, surtout en optique, que beaucoup de candidats aient du mal à manipuler les valeurs algébriques. Ceci amène inmanquablement à des confusions entre systèmes convergents et divergents au regard des valeurs algébriques des focales, et donc à des problèmes récurrents de

positionnements des foyers. À ce propos, un certain nombre de candidats ne savent pas ce qu'est un système afocal. Dans cette même section, les tracés ne sont pas toujours très rigoureux, et ceci bien que des instructions précises furent données dans l'énoncé (ex : II.1.c). De même, les notions de grandissements transverse et angulaire ne sont pas maîtrisées par la plupart des candidats, un nombre d'entre eux ayant l'air d'ignorer également qu'un faisceau incident arrivant de l'infini sur une lentille convergente est focalisé dans le plan image.

Section 'champ angulaire'

Elle ne présentait pas de difficultés conceptuelles mais a été très peu traitée. Parmi ceux qui l'ont abordée, très peu de candidats ont réalisé que les conditions de Gauss n'étaient pas remplies... De même, la question (II.5) avait pour but de faire une synthèse de ce qui précédait, et la discussion avantages / inconvénients de l'objectif bifocal a tout simplement été éludée par les candidats : ils n'ont pas réalisé qu'un des avantages de cet objectif était de pouvoir faire varier continûment la focale entre deux valeurs limites.

Section 'macrophotographie'

Elle a été très peu traitée dans l'ensemble, la plupart des candidats ne sachant manifestement pas qu'il s'agissait de photographier des objets de petites tailles et de très près. Un certain nombre d'entre eux concluent sur la netteté, non via la notion de tirage et de distance image, mais via le grandissement, ce qui en amène certains à conclure qu'une image petite ne peut être que floue...

Deuxième partie

Section 'Profondeur de champ – résolution'

Le théorème de Thalès n'est pas toujours appliqué à bon escient. Cette section a cependant été traitée par les candidats... qui n'ont pas toujours vu la symétrie dans le calcul des grandeurs d_{O1} et d_{O2} . Un nombre significatif d'entre eux a essayé de traiter l'influence de la diffraction, la plupart ayant misé sur une épreuve contenant majoritairement de l'optique physique. Il n'empêche que des confusions graves entre diffraction et interférences (dont il n'était pourtant pas question ici !) sont apparues régulièrement dans les copies. Ne parlons pas de la largeur de la tache centrale, ni de l'absence quasi générale de commentaires quant aux effets non limitants de la diffraction...

Section 'Eclairement du plan image'

Cette section n'était clairement pas au cœur du programme d'optique des prépas mais ne nécessitait pas d'autres connaissances du candidat que celle -assez intuitive- sur l'angle solide. De façon assez surprenante, pas mal de candidats se sont essayés à cette question, et un certain nombre d'entre eux ont tiré leur épingle du jeu. Pas de discussion, pourtant intéressante, du compromis entre temps de pose et ouverture du diaphragme, alors que la relation était donnée dans l'énoncé.

Partie B – Électromagnétique

Première partie

Boule chargée au repos

Cette partie du problème d'électromagnétisme, assez classique, a permis aux candidats d'obtenir le maximum de points.

Les **questions I.1. à I.5.** concernaient le champ électrostatique et furent généralement bien traitées par les candidats. Les correcteurs ont remarqué que les termes de « règles de symétrie » et « les invariances du système » ne s'appliquaient pas obligatoirement à la notion de « distribution des charges ». L'intuition fera que les résultats $\mathbf{E}(M) = E(r) \mathbf{e}_r$ et $\mathbf{E}(C) = \mathbf{0}$ seront obtenus.

Les **questions I.6. et I.7.** qui font intervenir le champ magnétique conduisent à l'énergie électromagnétique dont la réponse est donnée. Cette dernière permet de traiter l'application numérique de la **question I.8.** Certains candidats ne se sont pas offusqués d'obtenir une valeur du rayon de l'électron bien différente de celle des données R_e .

Deuxième partie

Boule chargée en mouvement de translation

Le vecteur densité de courant demandé en **question II.1.** fut souvent donné par le vecteur \mathbf{j} mais sans préciser \mathbf{j}_{int} et \mathbf{j}_{ext} .

Les **questions II.3. à II.5.** utilisaient le champ \mathbf{B}_{ext} calculé en **question II.2.** où la loi de Biot et Savart devait s'appliquer à la boule considérée comme une charge ponctuelle au point C. La précision $r > R$ (suggérée dans la **question II.3.**) voire $r \gg R$ aurait permis de poser dans l'intégrale formulée par la loi de Biot et Savart : $r = \text{PM} \approx \text{CM}$ (P point courant dans la boule et C centre de la boule) et obtenir \mathbf{B}_{ext} .

Les **sous-questions de II.6.** furent abordées par la plupart des candidats avec une similitude des résultats souvent incorrects : en **II.6.1.** le terme $\varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$ n'est pas le « courant de déplacement » mais la « densité volumique de courant de déplacement » ; les champs \mathbf{E}_{int} et \mathbf{E}_{ext} demandés en **II.6.2.** sont bien exprimés en fonction des gradients ; quant aux **questions II.6.3. à II.6.5.,** les réponses exactes furent presque inexistantes car $\left(\frac{\partial r}{\partial t} \right)_{t=0} = -v \cos \theta$, utilisé dans ces questions, n'était pratiquement jamais trouvé.

La **question II.7.** sur l'énergie magnétique, dont le résultat était à vérifier, ne fut que très peu abordée par les candidats ; seul le résultat n'a servi qu'à calculer de nouveau le rayon de l'électron.

Troisième partie

Boule chargée en mouvement de rotation

Cette dernière partie d'électromagnétisme ne fut abordée que très rarement, peut-être par manque de temps, mais dès la **question III.1.** les quelques candidats qui donnaient la bonne réponse de $\delta^2 Q$ n'obtenaient pas l'expression finale de $\mathbf{B}(\text{C})$. Enfin, si l'expression du moment angulaire cinétique L fit son apparition dans quelques copies, les **questions III.2. à III.4** ne furent pratiquement pas abordées.

III. Conclusion

Aucune préférence marquée n'est perceptible de la part des candidats quant à l'une ou l'autre des deux parties qui constituaient l'épreuve (l'optique et l'électromagnétisme). En ce qui concernait l'optique, ils ont fait preuve globalement d'une bonne connaissance de leur cours.

Les correcteurs recommandent unanimement aux futurs candidats de ne pas changer de notations par rapport à celles proposées dans le texte, comme cela pu être le cas, ce qui complique la correction. De même, il est hautement souhaitable d'améliorer l'orthographe et la qualité de la rédaction ; une copie propre n'est pas suffisante.