

I. Remarques générales

Le sujet de physique 2 de la session 2008 comprenait une partie A sur l'**optique** et une partie B sur l'**électromagnétisme**. La « focométrie » de la partie A, représente les méthodes de mesures à effectuer en séances de travaux pratiques. Une étude d'une « lunette astronomique achromatique » complète cette première partie. La partie B sur l'**électromagnétisme** comprend en « magnétostatique » la détermination du champ magnétique \mathbf{B} et du potentiel vecteur \mathbf{A} créés par des courants, suivie de « phénomènes d'induction » étudiés dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires.

I.1. Erreurs courantes

La grande majorité des candidats ne maîtrise pas les calculs d'incertitudes et les applications numériques, quand elles existent, conduisent à une formulation du résultat pas toujours cohérente avec le nombre de chiffres significatifs attendu.

I.2. Remarques sur le texte, sa compréhension

Le texte ne semble pas avoir posé de difficulté de compréhension. Les parties du sujet sont indépendantes et mêlent des questions proches du cours et des questions sur les exercices d'applications.

I.3. Réactions prévues ou non

Les parties **A** et **B** du sujet ont été abordées de manière équitable. Quelques candidats ont cependant sacrifié une partie du sujet pour ne traiter que l'optique, ou l'électromagnétisme. Lorsque les questions demandent un effort de rédaction, le vocabulaire employé par les candidats n'est pas toujours choisi avec discernement.

I.4. Bilan, moyenne, écart type

Moyenne : 8,78
Ecart-type : 3,19

II. Rapport détaillé

Partie A. OPTIQUE

A.1. FOCOMETRIE

A.1.1 Lentille convergente

A.1.1.1. Méthode d'autocollimation

Moins de la moitié des candidats ont été tentés par l'exercice qui consistait à décrire cette méthode. Pour la plupart, la démarche incompréhensible ne permettrait pas à un novice en la matière une mise en œuvre de la méthode d'autocollimation : le miroir n'était pas toujours mentionné et une phraséologie telle que « on bouge le miroir pour voir l'objet » ou « on suit l'image pour qu'elle soit claire » ne pourrait que perturber l'expérimentateur.

A.1.1.2 Formule de conjugaison de Descartes.

La valeur numérique de la distance focale donnait $f'_1 \approx 19,97\text{cm}$ qui devenait $f'_1 = 20,0\text{cm}$ à 0,1 cm près. L'expression littérale de $\Delta f'_1$ n'est apparue qu'à la fréquence d'une copie sur cent. La valeur numérique de $\Delta f'_1$ fut trouvée, très rarement, en calculant les valeurs extrêmes.

A.1.1.3. Méthode de Bessel.

La méthode de Bessel est connue des candidats. Les expressions de p_1 et p_2 proviennent d'une résolution d'une équation du second degré qui ne donne pas toujours le bon résultat en oubliant même la condition $|p_1| < |p_2|$. Quant à l'expression littérale correcte de $\Delta f'_1$ elle avoisine une sur trois cents copies.

A.1.1.4. Méthode de Silbermann.

Le passage Bessel à Silbermann ne s'est pas toujours borné à $d = 0$. Néanmoins si la valeur exacte de $f'_1 = 20,1\text{cm}$ fut trouvée, le calcul de $\Delta f'_1 = 0,125\text{cm}$ devait conduire au résultat : $\Delta f'_1 = 0,1\text{cm}$.

A.1.1.5. Comparaison des méthodes.

La méthode d'autocollimation comme étant la plus rapide ne fut pas citée par tous les candidats qui avaient fait la description. On a même lu dans des copies la présence d'un « collimateur » dans cette méthode et on peut se demander si la méthode est la plus rapide grâce à l'« auto » ?

La méthode la plus précise ne s'est pas déduite de l'incertitude relative la plus faible car le manque de résultat, pour la détermination de la distance focale par ces quatre méthodes, ne permettait pas une telle comparaison.

A.1.2. Lentille divergente

A.1.2.1. Théorèmes des vergences

La configuration de la méthode de Silbermann, n'a pas toujours été reconnue pour déterminer la vergence du système de lentilles accolées.

Si les vergences furent calculées, les distances focales des lentilles divergentes furent souvent oubliées. Quelques candidats oublient que pour ces lentilles, la distance focale f_2' est négative.

A.1.2.2. Viseur à frontale fixe

Méthode peu abordée et les résultats proposés de f_2' sont souvent faux. Les expressions de $\overline{O_2A}$ et $\overline{O_2A'}$ ne sont pas correctement exprimées en fonction des distances x et D .

A.1.2.3. Méthode de Badal

Dans cette méthode, la relation de Newton devait faire intervenir les foyers F_0 et F_0' et non les centres des lentilles. Les distances focales étant données à 0,1 cm près, le calcul de $f_2' \approx -24,04$ cm devait s'exprimer : $f_2' = -24,0$ cm.

A.2. LUNETTE ASTRONOMIQUE ACHROMATIQUE

A.2.1. Constringence, pouvoir dispersif et distance focale d'une lentille d'un verre crown.

Les indices calculés n'ont pas toujours été exprimés avec un nombre de chiffres significatifs correct.

La valeur numérique exacte de f_D' n'est apparue que trop rarement sur les copies.

A.2.2. Aberrations chromatiques principales des lentilles minces.

A quelques exceptions près, le positionnement des foyers et le tracé des rayons émergents étaient corrects. Bien sûr la lentille mince divergente a aussi joué le rôle de miroir concave puisque certains candidats ont fait réfléchir les rayons lumineux incidents.

L'expression analytique de l'aberration chromatique longitudinale A_L fut trouvée par la plupart des candidats qui ont abordé cette question. La valeur numérique n'était pas toujours correcte car elle dépendait de f_D' dont la valeur n'était pas trouvée à la question précédente.

Quant à l'aberration chromatique transversale A_T , elle n'a pas suscité beaucoup d'intérêt, car l'expression analytique et la valeur numérique furent trouvées à la fréquence d'une copie sur deux ou trois cents.

A.2.3. Objectif achromatique.

Dans l'expression de la vergence V_1 le facteur (n_1-1) est devenu $\left(A_1 + \frac{B_1}{\lambda^2}\right)$ après substitution de l'indice. L'oubli du (-1) porta préjudice pour la suite de l'exercice.

La vergence V_2 a posé un problème car un des rayons de la lentille plan-concave ne tendait pas vers l'infini. L'expression de la vergence V , de l'ensemble V_1+V_2 , ne fut donc obtenue que rarement.

L'expression de $\frac{\partial V}{\partial \lambda}$ et les valeurs numériques exactes de A_2 et B_2 furent presque inexistantes puisqu'elles étaient déduites des questions précédentes.

A.2.4. Oculaire achromatique.

Comme pour l'étude de l'objectif achromatique, le point de départ concernait l'expression des vergences V'_1 et V'_2 des deux lentilles biconvexes. Ces expressions étaient respectivement proportionnelles à $\frac{2}{R'_1}$ et $\frac{2}{R'_2}$.

Les expressions de V' , $\frac{\partial V'}{\partial \lambda}$ et les valeurs numériques de k_1 et k_2 furent trouvées par les candidats dont les vergences V'_1 et V'_2 étaient correctes.

La valeur de d' pour obtenir un oculaire de vergence V' fut rarement obtenue et le positionnement des six foyers objet et image pour le doublet oculaire est apparu à la fréquence d'une copie sur cinq cents.

A.2.5. Lunette achromatique.

La question sur le grossissement angulaire de la lunette n'eut guère de succès. Très peu de candidats ont obtenu la bonne valeur. Quant au tracé du rayon incident à travers et à la sortie de l'oculaire avec la bonne position des foyers, certains correcteurs ne l'ont vu sur aucune de leurs copies.

Partie B. ELECTROMAGNETISME.

B.1. DEFINITIONS

B.1.1. Loi de Biot-Savart

Cette question de cours fut abordée par tous les candidats avec plus ou moins de réussite : manque de flèches sur les vecteurs, disparition quelquefois de μ_0 ou/et de 4π .

La question sur les domaines de validité pour appliquer la loi de Biot-Savart n'a reçu, bien souvent qu'une réponse partielle (soit la magnétostatique, soit l'ARQS), voire aucune réponse.

B1.2. Théorème d'Ampère

L'énoncé du théorème d'Ampère fut « matraqué » : on trouve « le flux du champ magnétique le long de (Γ) ... », « la circulation de \mathbf{B} à travers la surface limitée par (Γ) ... » et d'autres énoncés où la phrase ne comprenait pas de sujet ou de verbe.

Sur certaines copies, la forme intégrale du théorème ne faisait pas apparaître le produit scalaire entre deux vecteurs et l'application du théorème aux courants de la figure 2' fut négligée par plus d'un candidat.

B.2. CHAMP MAGNETIQUE \mathbf{B} ET POTENTIEL VECTEUR \mathbf{A}

B.2.1. Relations : $\mathbf{A} = \frac{1}{2} \mathbf{B} \times \mathbf{r}$, $\text{div } \mathbf{A}$

Très peu de candidats ont établi la relation $\text{rot } \mathbf{A} = \mathbf{B}$, en effet le $\text{rot } \mathbf{A}$ comprenait quatre termes : $\mathbf{B} \text{ div } \mathbf{r} = 3\mathbf{B}$; $-\mathbf{r} \text{ div } \mathbf{B} = \mathbf{0}$; $-(\mathbf{B} \cdot \text{grad})\mathbf{r} = -\mathbf{B}$ et $(\mathbf{r} \cdot \text{grad})\mathbf{B} = \mathbf{0}$

Le coefficient de $\frac{1}{2}$ conduisait donc au résultat. Nous avons trouvé sur de nombreuses copies que $\mathbf{B} \text{ div } \mathbf{r} = 2 \mathbf{B}$ avec nullité des trois autres termes. Quand un résultat est connu, on doit donc le retrouver !!

La valeur de $\text{div } \mathbf{A} = 0$ est souvent donnée sans explication.

B.2.2. Courant rectiligne

La maîtrise, par les candidats, des relations d'invariances et de symétries entre les courants et les champs leur ont permis d'établir la structure du champ magnétique \mathbf{B} et du potentiel vecteur \mathbf{A} dans le cas d'un courant rectiligne cylindrique illimité.

D'autres candidats connaissant les relations de structures des champs (connues comme étant toujours traitées en cours), les justifient par une phrase du style : « compte tenu des symétries, on a : $\mathbf{B} = B(\rho)\mathbf{e}_\rho$ et $\mathbf{A} = A(\rho)\mathbf{e}_z$ »

Lorsqu'elles ont été abordées, les questions définissant les champs \mathbf{B}_{int} et \mathbf{B}_{ext} puis \mathbf{A}_{int} et \mathbf{A}_{ext} ont été correctement traitées avec plus de difficulté pour le potentiel vecteur.

B.2.3. Courant circulaire

La composante de \mathbf{B} suivant \mathbf{e}_z , qui ne dépend que de z , fut justifiée par les notions d'invariance et très peu de candidats ont trouvé par des considérations de symétries que $\mathbf{A}(\mathbf{M}_0) = \mathbf{0}$.

Le résultat de $\mathbf{B}(\mathbf{M}_0)$ obtenu, car bien connu des candidats, n'a pas toujours été déduit de l'application de la loi de Biot-Savart à l'élément $I \, d\mathbf{l}(\mathbf{P})$ de la spire. On se perd dans les calculs mais la magie fait apparaître le résultat !!

La vérification que $\mathbf{A}(\mathbf{M}_0) = \mathbf{0}$ n'est apparue que très rarement.

Plus de la moitié des candidats ont établi que $B(\mathbf{M}) = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos 2\alpha_1 - \cos 2\alpha_2)$ qui était bien

sûr incorrect et en appliquant cette relation au classique « solénoïde infini » ont trouvé la bonne réponse de \mathbf{B} sur l'axe : $\mathbf{B}(\mathbf{M}) = \mu_0 n I \mathbf{e}_z$.

Les questions B.2.3.3.2 et B.2.3.3.3. sont traitées correctement par les candidats qui les ont abordées.

Nous avons trouvé sur quelques copies une inversion de \mathbf{A} et de \mathbf{B} dans la formule de Stokes.

Les graphes de $B(\rho)$ et de $A(\rho)$ furent tracés correctement par les candidats qui avaient obtenu les bonnes expressions de B et A .

B.3. INDUCTION ELECTROMAGNETISME

B.3.1. Loi de Lenz, loi de Faraday

La détermination de la f.e.m induite dans la spire en appliquant la loi de Faraday fut traitée correctement par ceux qui ont abordé la question. L'application de la circulation du champ local induit \mathbf{E}_i , a eu moins de succès car elle demandait de connaître le potentiel vecteur \mathbf{A} .

Aucun candidat n'a précisé le sens de parcours du courant dans la spire dans la question qui portait sur le courant induit. Le seul commentaire, vu plusieurs fois, précisait que $I(t)$ et $i(t)$ étaient opposés.

Les deux dernières questions n'ont pratiquement pas été traitées.

B.3.2. La roue de Barlow

Grand classique, cet exercice fut abordé par certains candidats qui avaient pris l'option « électromagnétisme » dans leur choix de rédaction. Au fil de la rédaction, on trouve quelques erreurs : manque du signe moins pour le moment $\boldsymbol{\Gamma}$, absence du coefficient $\frac{1}{2}$ dans l'expression de e .

Si les équations, mécanique du mouvement de la roue et électrique du circuit, furent trouvées, leurs résolutions n'ont pas toujours donné les réponses souhaitées.

Les questions de B.3.2.4 n'ont pratiquement jamais été abordées.

Conclusion

Ce sujet devait permettre une mise en application des connaissances élémentaires, tout en proposant des exercices sélectifs que seuls quelques bons candidats ont abordés.

Une connaissance raisonnable du cours devait permettre aux candidats de réussir honorablement cette épreuve. Cependant la longueur du sujet n'a pas permis à certains candidats de faire une complète rédaction. Malgré tout, nous avons eu le plaisir de lire quelques bonnes copies.