

I. Remarques générales

Le sujet de physique 2 de la session 2007 comportait deux parties distinctes : partie A (**optique**) et partie B (**électromagnétisme**). On peut considérer que la partie A, avec le tracé des rayons lumineux dans l'étude des miroirs sphériques et des lentilles minces, était plus expérimentale que la partie B qui est consacrée aux propriétés des conducteurs et des condensateurs. Chacune d'elles, d'une durée de deux heures, couvrait principalement des contenus de MPSI (**optique**) et de MP (**électromagnétisme**).

I.1. Erreurs courantes

L'interdiction de la calculatrice à cette épreuve a renforcé l'abandon par les candidats des applications numériques. Mais lorsque les résultats numériques sont présentés, ils sont rarement corrects : faute de signe, absence d'unité...

- **En optique :**

L'orientation des axes et des angles n'a pas toujours été respectée pour les miroirs sphériques.

Confusion entre déplacement transversal et longitudinal.

La construction géométrique des images est faite avec soin, mais les objets, images et rayons virtuels ne sont pratiquement pas tracés en pointillés.

- **En électromagnétisme :**

Les diagrammes de Bode sont souvent négligés. Le tracé des courbes est approximatif et les grandeurs physiques associées aux axes ne sont pas toujours conformes à la question demandée.

I.2. Remarques sur le texte, sa compréhension

Le texte semble avoir été bien compris par les candidats puisque toutes les questions furent abordées. Le sujet était assez proche du cours avec des définitions, des expressions littérales à chercher, des calculs à effectuer suivis d'applications (télescope de Cassegrain, lunette de Galilée) en optique, ou (système Terre-ionosphère, circuit RC, câble coaxial) en électromagnétisme.

D'après les correcteurs, il aurait fallu préciser la valeur de : $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9}$, que les candidats devaient connaître. Nous ajouterons une relation utile pour retrouver ce résultat : $\mu_0 \varepsilon_0 c^2 = 1$.

I.3. Réactions prévues ou non

Les parties **A** et **B** du sujet ont été abordées de façon sensiblement égale. Peu de candidats ne se sont consacrés qu'à une seule partie du problème.

Grand handicap de la plupart des candidats devant les questions où il est demandé un effort de rédaction. Le vocabulaire employé n'est pas toujours celui attendu.

I.4. Bilan, moyenne, écart type

Moyenne de l'épreuve : **10,96**.

Ecart-type : 2,92.

II. Rapport détaillé

Partie A. OPTIQUE

A.I. DEFINITIONS

A.I.1. Systèmes optiques.

La définition d'un système optique centré s'est souvent portée sur le centre et non sur l'axe de révolution.

Le mot « catoptrique » pour un système ne comprenant que des miroirs est, pour la plupart des candidats, « une nouveauté ».

A.I.2. Stigmatisme.

Le stigmatisme rigoureux pour un point A à travers un système optique est connu, mais le miroir plan comme système optique rigoureusement stigmatique pour tous les points de l'espace n'est pas toujours cité.

A.I.3. Aplanétisme.

On a une idée de l'aplanétisme mais la formulation pour l'exprimer n'est pas aussi évidente. De nouveau, le miroir plan était un exemple de système rigoureusement aplanétique pour tous les points de l'espace.

A.I.4. Approximation de Gauss.

Bien souvent l'approximation de Gauss se résume à une condition et beaucoup de candidats pensent, à tort, que dans les conditions de Gauss le système est « devenu » rigoureusement stigmatique et aplanétique.

A.II. ETUDE DE MIROIRS SPHERIQUES

A.II.1. Caractère convergent ou divergent d'un miroir sphérique.

Le caractère convergent ou divergent est souvent mal attribué à un miroir sphérique car on associe : miroir convexe \Leftrightarrow miroir convergent, phonétiquement plus agréable que : miroir convexe \Leftrightarrow miroir divergent, et trop peu de candidats ont obtenu le tiercé gagnant : DIV- m₂ - DIV.

A.II.2. Relation de conjugaison et de grandissement.

Les angles α , α' et β sont trouvés quelquefois négatifs, car il n'est pas tenu compte des signes positifs de la figure 2 pour les grandeurs algébriques.

La relation ($\alpha + \alpha' = 2\beta$) est souvent donnée sans démonstration.

La relation de conjugaison de Descartes est connue, mais il n'est pas rare de trouver dans les copies deux foyers distincts pour ces miroirs sphériques et des triangles semblables incorrects conduisant à des formulations correctes pour les relations de conjugaison de Newton et les relations avec origine au centre. La connaissance des formules du cours rend parfois de bons services !!

A.II.3. Correspondance objet-image pour des miroirs concave et convexe.

Le tracé des rayons, pour la construction de l'image A'B' d'un objet AB transverse pour des miroirs concave et convexe, est souvent correct ; seule la spécification du caractère « réel » ou « virtuel » de l'image n'est pas conforme aux recommandations données en en-tête du sujet.

La position de l'image A'B' et le grandissement transversal pour chacun des miroirs M_3 (concave) et M_4 (convexe) n'ont pas obtenu grand succès, en raison, vraisemblablement, de leur caractère calculatoire.

A.II.4. Système réflecteur : le télescope de Cassegrain

Ce système « catoptrique » ne fut guère générateur de points car les candidats négligent souvent les applications numériques.

La notion de diamètre apparent (considéré comme une longueur pour certains candidats) est méconnue.

Un pourcentage très faible de candidats trouve qu'un miroir convexe donne une image réelle lorsque l'objet, virtuel, se trouve situé entre le sommet et le foyer du miroir.

Les expressions littérales de $\overline{S_2F'}$ et de γ sont obtenues par peu de candidats et les applications numériques qui dépendent des valeurs algébriques des rayons R_1 et R_2 réduisent encore le nombre de résultats numériques corrects.

A.III. ETUDE DE LENTILLES MINCES

A.III.1. Caractère convergent ou divergent d'une lentille mince.

Le tiers des candidats n'a pas donné l'ordre exact : $(I_2) - (I_4) - (I_6)$

L'attribution du caractère convergent ou divergent aux lentilles (I_7) et (I_8) nous a semblé réfléchi pour (I_7) mais hasardeuse pour (I_8) . La justification n'était pas convaincante pour cette dernière, car le déplacement transversal ressemblait plus à un déplacement longitudinal.

A.III.2. Relations de conjugaison et de grandissement.

Les relations de conjugaison de Newton et de Descartes furent souvent obtenues malgré l'absence de démonstration (pour Descartes) car les formules du cours sont connues.

A.III.3. Correspondance objet-image pour des lentilles minces convergente et divergente.

Les candidats sont plus à l'aise avec les tracés des rayons à travers les lentilles ; nous retrouvons là, la même erreur que pour les miroirs sphériques où la représentation du caractère « réel » ou « virtuel » pour les objets, images et rayons n'est pas toujours respectée.

Dans la partie III.3.b, la nature de l'image A'B' fut souvent oubliée.

A.III.4. Système réfracteur : la lunette de Galilée.

Le passage « dioptries \Rightarrow distances focales » ne s'est pas toujours fait avec des unités correctes.

La position relative $d = \overline{O_1O_2}$ des deux lentilles est souvent inexacte, car pour cette lunette de type afocal, le foyer image F_1' de (\mathcal{L}_1) se trouvait confondu avec F_2' et non avec le foyer objet F_2 de (\mathcal{L}_2) . Le tracé correct du trajet d'un rayon lumineux à travers cette lunette fut très rare.

Les parties « cratères » et « planètes » furent visitées par quelques candidats qui ont abordé ces thèmes de façon satisfaisante, mais étant calculatoires, elles furent « ignorées » par la majorité des autres candidats. Il restera à certains candidats de vérifier que le 22 novembre 2065, la planète Vénus occultera bien Jupiter.

Partie B. ELECTROMAGNETISME

B.I. CONDUCTEURS-CONDENSATEURS-CAPACITES

B.I.1. Conducteurs-Propriétés.

Peu de candidats ont pensé aux « électrons » pour distinguer un isolant d'un conducteur. La formulation la plus rencontrée étant : « *le métal conduit le courant, l'isolant non* ».

Parmi les conducteurs électriques, nous avons trouvé l'eau pure ; n'y aurait-il pas confusion avec un « courant d'eau » ?

La définition d'un conducteur en équilibre électrostatique est rarement donnée.

Le théorème de Coulomb fut assez « malmené » dans son énoncé, confondu quelquefois avec la loi de Coulomb. Sa formulation est parfois restée au niveau de la relation de passage sans préciser la nullité du champ E_i à l'intérieur du conducteur.

B.I.2. Conducteurs-Capacités.

La relation $C = Q/V$ est connue des candidats. Si les expressions des capacités sont trouvées pour les conducteurs plan et sphérique, il n'en est pas de même pour le conducteur cylindrique en raison de la difficulté du calcul de son potentiel.

B.I.3. Condensateurs-Propriétés.

Pour définir un condensateur électrique, la nécessité d'une influence totale entre les deux conducteurs n'apparaît pas toujours. Beaucoup de candidats utilisent le théorème des éléments correspondants pour justifier la relation $Q_A = -Q_{B_i}$.

La question sur les types de condensateurs usuels n'a pas amené la réponse souhaitée : nous avons trouvé dans les copies les termes « plans, cylindriques et sphériques » contenus dans la question et non les termes « électrolytique, bobiné, empilé... » pour les condensateurs fixes et « boîtes à décades, variable à air... » pour les condensateurs variables.

La formulation du théorème de Gauss est souvent correcte. Quant à l'énoncé, bien souvent, nous ne sommes pas en mesure de comprendre la phraséologie.

B.I.4. Condensateurs-Capacités.

La capacité d'un condensateur plan devait être connue (B.O). Il n'en reste pas moins que les formules donnant C étaient variées : $\frac{eS}{\epsilon_0}$, $\frac{\epsilon_0 e}{S}$.

La valeur $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9}$ n'étant pas connue d'une grande majorité de candidats, les capacité et charge du condensateur plan ne furent que rarement calculées.

L'application du théorème de Gauss pour la recherche du champ électrostatique entre les armatures du condensateur cylindrique est souvent correcte et l'expression de la capacité est trouvée.

L'utilisation de l'équation de Laplace pour la détermination du potentiel électrostatique conduit plus difficilement les candidats à l'expression de la capacité du condensateur sphérique.

B.II. CONDENSATEUR SPHERIQUE : Système Terre-ionosphère

Les expressions littérales du champ électrique (II.1), du potentiel et de la capacité (II.2) du système Terre-ionosphère sont souvent obtenues dès lors que la question (B II) est abordée.

Les applications numériques inhérentes aux questions (II.3-4-5) ne sont jamais exactes.

B.III. CONDENSATEUR PLAN : Circuit RC

L'étude de la nature du filtre, traitée correctement aux (B.F) et (H.F), se termine parfois par une fausse conclusion. A l'inverse, un raisonnement inexact peut aboutir à un bon résultat.

Le filtre du 1^{er} ordre (passe-bas) est mieux traité que le filtre du 2^{ème} ordre (passe-bande).

La fonction de transfert du filtre passe-bas est généralement trouvée. Celle du filtre passe-bande est obtenue à la fréquence d'une copie sur deux cents, voire moins, et la plupart des correcteurs n'a jamais vu l'expression correcte des pulsations de coupure de la bande passante.

Les fonctions de gain et de phase sont rarement données, si bien que les diagrammes de Bode se résument aux comportements asymptotiques. De nombreux candidats n'ont pas respecté l'énoncé, portant en abscisse la variable « x » et non « $\lg x$ » et en ne se limitant pas à

l'intervalle : $x \in \left[\frac{1}{100}, 100 \right]$ ou $\lg x \in [-2, +2]$.

B.IV. CONDUCTEURS CYLINDRIQUES : Câble coaxial

Cette partie, assez classique, est souvent traitée correctement par les candidats qui ont eu le temps d'y parvenir.

Il reste quelques imprécisions dans la formulation du théorème d'Ampère sous ses formes intégrale et locale. En effet les termes $\iint_{(S)} \left(\varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} \right) \cdot \underline{dS}$ et $\mu_0 \underline{j}$ disparaissent des formules

sans aucune explication.

Les caractéristiques de l'onde électromagnétique sont restées souvent un peu trop succinctes.

Conclusion

L'absence de calculatrice à l'épreuve a permis de tester la seule « mémoire » du candidat. La négligence des candidats vis-à-vis des calculs n'est pas justifiée car le choix des données numériques permettait de les simplifier.

Comme il est mentionné en NB, il est souhaitable qu'à l'avenir, les candidats s'efforcent à plus de clarté, de précision et de concision lors de la rédaction. Les conventions doivent être respectées dans les représentations graphiques, notamment en optique géométrique.

Malgré la longueur de l'épreuve, nous noterons que certains candidats ont présenté de bonnes copies.