

I. Remarques générales

Le sujet de physique 2 de la session 2009 comprenait une partie A sur l'**électromagnétisme** et une partie B sur l'**optique**.

- La partie A s'intéresse aux phénomènes d'induction créés par un solénoïde dans un second solénoïde ou un dispositif équivalent et à certaines de leurs conséquences.
- La partie B comprend une première partie à caractère assez expérimental sur la polarisation des ondes lumineuses, suivie d'une seconde partie, plus théorique, sur la diffraction de Fraunhofer par une, puis deux ouvertures rectangulaires.

I.1. Erreurs courantes

Les candidats doivent se convaincre qu'il faut faire les applications numériques demandées et que celles-ci doivent comporter une unité, sinon les réponses sont nulles. De même il faut maîtriser les relations d'homogénéité. En particulier l'argument d'une exponentielle est sans dimension.

I.2. Autres remarques

Un savoir-faire classique doit être mieux maîtrisé dans certains domaines tels que : résolution d'une équation différentielle linéaire à coefficients complexes, calcul du champ créé par un solénoïde infini, arguments de symétrie. Ces derniers doivent être parfaitement explicités. Il n'est pas rare de lire « tous les plans (OM, e_z) sont plans de symétrie donc B est porté par e_z ».

II. Rapport détaillé

Partie A. ÉLECTROMAGNÉTISME

Partie I

Trop de candidats ignorent la démonstration de $B = \mu_0 ni$ par le théorème d'Ampère. Les calculs d'inductances sont en général bien faits ; de nombreuses erreurs sur le signe de la *f.e.m* induite. L'application numérique est souvent fantaisiste ; notons que certains ne savent pas prendre le module d'un complexe.

Partie II

Cette partie, plus délicate est en général mal traitée. Les arguments de symétries se résument à la phrase magique « par symétrie » ce qui permet de justifier tout et n'importe quoi. Très peu de candidats obtiennent l'expression correcte du champ électrique. La notion de densité volumique d'énergie échappe à de nombreux candidats qui confondent cette grandeur avec l'énergie totale.

Partie III

Beaucoup obtiennent l'équation de diffusion mais peu citent et encore moins justifient l'utilisation de l'ARQS.

La résolution de cette équation est souvent fantaisiste.

L'application numérique est souvent fautive du fait du manque de l'unité.

Les candidats concluent à l'uniformité du champ mais bien peu donnent le bon argument.

Partie B. OPTIQUE

Partie 1 : POLARISATION

1.1. Polarisation rectiligne

Pour la question (1.1.1), quelques rares candidats ont défini correctement le plan de polarisation $(\mathbf{E}, \mathbf{k})$ car il fut identifié, le plus souvent, au plan d'onde $(\mathbf{E}, \mathbf{B})$.

Lorsque la question (1.1.2) est abordée, l'expression complexe de $\underline{E}_1$ est plutôt correcte contrairement à celle de $\underline{E}_2$ obtenue à la fréquence de une sur trois cents copies. Par manque de calculatrice, les valeurs de $\cos 30^\circ$ et $\sin 30^\circ$ n'étaient pas toujours exprimées dans $\underline{E}_1$.

1.2. Production et analyse d'une lumière polarisée rectilignement

Abstraction faite de la rédaction commentant les figures proposées, on peut estimer que la question fut assez bien traitée, bien que le groupement : polariseur-analyseur-détecteur n'était pas toujours cité. Un écran comme détecteur d'intensité fut souvent mentionné.

1.3. Loi de Malus

Confusion systématique entre loi de Malus et théorème de Malus. La loi de Malus exprime la relation $I = I_0 \cos^2 \alpha$ entre l'intensité I de l'onde transmise par l'analyseur en fonction de l'intensité I_0 de l'onde polarisée rectilignement, où α est l'angle entre les axes des polariseur et analyseur. Le contenu du théorème de Malus portant sur les rayons lumineux, normaux aux surfaces d'onde dans un milieu isotrope, n'avait que peu d'intérêt à la résolution des trois exemples de la question 1.3.2.

Les candidats qui ont traité la question 1.3.2.1. ont trouvé effectivement $I_e = 0$, à la question 1.3.2.2. ; peu ont exprimé I_e en $\cos^4 \alpha$; la pulsation de 4ω dans 1.3.2.3. fut donnée par un candidat sur deux cents.

1.4. Polarisation par réflexion

Aux réponses des questions 1.4.1.1, 1.4.1.2 et 1.4.1.3 les candidats n'ont jamais considéré le rayonnement des dipôles oscillants quand l'onde incidente polarisée rectilignement était soit $\mathbf{E}_\perp$, soit $\mathbf{E}_p$ au plan d'incidence. La valeur exacte de l'angle de Brewster, souvent confondu avec l'angle de réflexion totale, ne fut obtenue que très rarement.

Quelques candidats, s'appuyant sur les questions précédentes, ont répondu aux questions 1.4.1.4 et 1.4.1.5 dans une rédaction un peu confuse, voire farfelue.

1.5. Polarisation par dichroïsme (anisotropie d'absorption)

Le dichroïsme, absorption sélective de l'onde incidente dans une certaine direction, n'a pas suscité un grand intérêt auprès des candidats pour illustrer ce phénomène dans les trois questions 1.5.1, 1.5.2 et 1.5.3.

En effet, les quelques candidats qui ont abordé ces questions n'ont pas expliqué l'origine du phénomène d'absorption de l'onde incidente. Les électrons des cristaux et des barreaux de la grille, ainsi que les molécules de matériau organique des feuilles polarisantes ne sont pas évoqués dans l'explication du dichroïsme.

Très peu de candidats trouvent l'origine de la couleur verte de la tourmaline. La polarisation à la sortie de la grille est bien orientée suivant $E_{\perp}$, dans la direction perpendiculaire aux barreaux, et non suivant E_p comme trop souvent lu dans les copies.

Enfin les feuilles polarisantes, conçues sur le principe de la grille, n'ont pas dérogé à la même conclusion que la grille métallique.

1.6. Polarisation par diffusion

Pratiquement, tous les candidats ont abordé cette partie avec des réponses plus ou moins curieuses pour les questions de 1.6.2.

1.6.1. Diffusion par un électron atomique

La relation fondamentale de la dynamique appliquée à l'électron sous le champ $E(t)$ est correctement écrite. La résolution de cette équation n'a pas été aussi performante car la recherche de la solution particulière correspondant au régime permanent (ou établi) a conduit certains candidats à poser l'accélération nulle et parfois la vitesse nulle.

1.6.2. Ciel bleu et soleil jaune

De la terre, l'interprétation du ciel bleu fut plus convaincante que celle du soleil jaune, bien qu'on ait pu lire, « que la grande étendue d'eau sur terre se reflétait dans le ciel, d'où sa couleur ». Quant aux couleurs du ciel et du soleil observées de la lune ou de l'espace, les réponses ont balayé les couleurs de l'arc en ciel.

Partie 2 : DIFFRACTION

2.1. Principe de Huygens-Fresnel

Vouloir dissocier la contribution revenant à chacun des auteurs, nécessite que l'on connaisse déjà le contenu du Principe de Huygens-Fresnel. Il apparaît, en lisant les copies, que ce principe est loin d'être assimilé par les candidats.

2.2. Diffraction de Fraunhofer

Très souvent abordées, ces questions sont assez correctement traitées.

Dans l'expression de $\underline{\Psi}(M)$, l'interprétation des termes $\exp(jkr)$ et $1/r$ est rarement convaincante. Les dimensions physiques des constantes C et K sont généralement correctes.

Les expressions de $r = PM$ en fonction de R , OP et $\mathbf{e} \cdot \mathbf{OP}$ et de r dans l'approximation de Fraunhofer sont très souvent trouvées.

Enfin, l'expression de l'intensité de l'onde lumineuse en fonction de $\underline{\Psi}(M)$ n'a pas toujours été celle attendue.

2.3. Diffraction par une fente

La diffraction par une fente est une partie de cours très classique et fut traitée correctement par tous ceux qui l'ont abordée. Ce n'est pas le cas de la question suivante où une pupille transparente vient recouvrir partiellement la fente rectangulaire.

2.4. Diffraction par deux fentes

La diffraction par deux fentes fut également bien traitée par la plupart des candidats qui ont abordé cette question. La dernière question fut rédigée correctement dans la proportion d'une copie sur cent.

III. CONCLUSION

On a remarqué que les candidats ne se sont pas concentrés sur une seule partie du sujet, mais que l'ensemble des questions a été abordé avec plus ou moins de succès.

Généralement les parties de cours (champ dans un solénoïde infiniment long, coefficients d'auto-induction et de mutuelle induction, équations de Maxwell, diffraction par une ou deux fentes...) semblent connues de la plupart des candidats. La méconnaissance de l'énoncé du Principe de Huygens-Fresnel est certaine.

Dès que la réponse demande une petite rédaction, elle rappelle les remarques des années précédentes : manque de précision, de clarté et de concision, sans oublier l'orthographe qui ne va pas s'arranger à l'ère des « sms ».

Il ne faudrait pas oublier les unités accompagnant les résultats numériques. Il semblerait que ces applications numériques ne soient plus délibérément écartées des questions à traiter, comme ce fut le cas ces dernières années.

On constate, de nouveau, que certains résultats sont affirmés alors que les arguments pour y parvenir sont loin d'être convaincants. Le candidat « n'admet plus » un résultat pour passer à la question suivante, mais il lui faut à tout prix trouver « un pseudo-raisonnement ».

Si nous avons trouvé quelques bonnes copies, certains correcteurs ont déploré également de ne pouvoir mettre un seul point sur certaines copies. Rendre une copie blanche pour une épreuve de 4 heures, dans un sujet comprenant deux matières différentes, relève de l'amateurisme.

La moyenne de l'épreuve est de **7,12** et l'écart type est de **3,40**.