

PHYSIQUE II - Filière PSI

I) REMARQUES GENERALES

L'épreuve portait sur la question de l'existence d'un milieu optique à indice de réfraction négatif. Elle était divisée en 5 parties très indépendantes les unes des autres à l'exception des parties 1 et 2 dont le lien permettait de bien comprendre la question de l'éventualité et des conséquences de l'existence d'un milieu à indice négatif.

Cette épreuve était globalement d'une difficulté moyenne et convenait parfaitement à la durée de 4 heures. De plus, de nombreuses formules étaient rappelées, de nombreux résultats à démontrer fournis. Dans ce contexte, il est souhaitable que les candidats s'attachent à soigner leur démonstration aussi bien sur le plan des arguments utilisés que sur celui de la qualité de la rédaction. On relèvera que, du point de vue rédactionnel, le bilan est globalement décevant. Les candidats soigneux et soucieux de la qualité de leur copie sont nécessairement récompensés. A contrario, il est bien difficile de valider l'argumentation d'un candidat dont il est nécessaire de déchiffrer laborieusement la copie.

Les candidats disposaient à la fin du sujet d'un formulaire qui pouvait les aider au cours de leur progression. Ce formulaire n'était toutefois pas indispensable. En particulier, l'imprécision de notation $\frac{d\vec{B}}{dt}$ au lieu de $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ et l'erreur de signe $\oint_{\Gamma} \vec{H} \cdot d\vec{l} = - \iint_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot \vec{n} dS$ n'ont eu quasiment aucune conséquence sur le comportement des candidats et ont été prises en compte par les correcteurs.

II) REMARQUES PARTICULIERES

II.1. Ondes planes dans un matériau homogène

La réponse à la question (1) a été rarement réussie dans sa totalité. La définition du vecteur de Poynting dans un milieu de perméabilité magnétique relative μ_r n'est pas toujours connue. Le second écueil est l'interprétation de ce vecteur. Les candidats ne se montrent pas assez précis et clairs, alors que la simple évocation d'une puissance surfacique ou bien d'une puissance pour le flux de ce vecteur était suffisante. La démonstration établissant l'équation d'onde de D'Alembert (2) a été très bien réussie ainsi que l'identification de la valeur de l'indice. Dans la question (3), les candidats qui ne connaissaient pas l'expression du vecteur de Poynting ne pouvaient pas répondre à cette question, les autres l'ont fait sans aucune difficulté et ont constaté les sens opposés du vecteur d'onde et du vecteur de Poynting. L'absence de compréhension de cette question était préjudiciable à la maîtrise de la question (7). Enfin, peu de candidats ont privilégié la direction du vecteur de Poynting par rapport à celle du vecteur d'onde en expliquant que seule l'énergie était porteuse d'information.

II.2 Passage de la lumière du vide dans un matériau homogène

Cette partie a posé de nombreuses difficultés aux candidats dont certaines sont difficilement compréhensibles, en particulier pour tout ce qui touche aux lois de Descartes. La question (4) était triviale. La question (5), dans sa rédaction, aidait beaucoup les candidats. On peut être déçu de la réussite insuffisante obtenue à cette question : en particulier les conditions de continuité ne sont pas toujours écrites correctement et le caractère libre des familles d'exponentielles encore moins évoqué. Sans avoir fait la question (5), il était possible de réaliser la question (6) en utilisant correctement les résultats fournis. Le bilan, ici aussi, est décevant. La question (7) est la plus mal réussie de l'épreuve, beaucoup de candidats ont été complètement déstabilisés par l'originalité de la loi de réfraction dans le contexte d'un milieu d'indice négatif. La question (8) a été rarement réussie car l'explication simple du signe de l'indice a rarement été donnée.

II.3. Optique dans un milieu négatif

Dans la continuité des questions précédentes, la question (9) n'a pas été bien réussie. On peut regretter que le schéma de la traversée d'un milieu d'indice positif ne soit pas réalisé correctement, il est indispensable de signaler que le rayon émergent de la lame à faces parallèles est parallèle au rayon incident. La question (10) a donné lieu à des réponses très diverses. L'énoncé ne pouvant fournir la réponse aux candidats par le schéma proposé, celui-ci ne correspond pas à ce que l'on obtenait dans les questions précédentes. Les candidats pouvaient aussi bien réussir la démonstration à partir d'un schéma réaliste qu'à partir du schéma donné par l'énoncé. Le stigmatisme est rigoureux, question (11), lorsqu'on montre l'indépendance de la position de P' en fonction de l'angle. Peu de candidats ont proposé une démonstration correcte. A la question (12), en utilisant les résultats fournis auparavant, un bon nombre de candidats ont montré le caractère afocal du système et la valeur de grossissement. Par contre, le reste de la question a rarement été abordé.

II.4. Proposition pour un milieu négatif

Cette partie a été la plus réussie par les candidats. La question (13) n'a en général pas posé de difficultés. La question (14) non plus. Le calcul du champ magnétique d'un fil infini (15) est très bien compris en général. Par contre, le calcul du potentiel vecteur pose plus de problèmes (16), en particulier de signe. A la question (17), on constate que la difficulté des candidats n'est pas liée à la connaissance du champ électromoteur mais à la relation existant entre l'intensité d'un courant et la densité volumique de courant... La question (18) n'a posé aucun problème. On peut noter certaines difficultés à la question (19). Même si le calcul du nombre moyen de fils par maille a été évident pour la plupart des candidats, on retrouve les difficultés signalées précédemment à propos du rapport entre une intensité et une densité volumique de courant. La question (20) était évidente, sa conséquence directe (21) a été bien réussie par les candidats. A la question (22), on notera pas mal d'erreurs des candidats dans la mise en forme de l'équation de Maxwell – Ampère. Ceci a des conséquences importantes sur la question (23) qui a donc été assez peu réussie. La question (24) consistait à réaliser des applications numériques. Les candidats ont tort de passer rapidement sur ce type de questions que le jury a valorisé dans son barème. Les candidats qui ont fait cet effort ont trouvé là une juste récompense.

II.5. Un embryon de réfutation

Une argumentation simple suffisait à la question (25), de nombreux candidats ont répondu correctement. A la question (26), la très grande majorité des candidats a compris qu'il s'agissait dans un premier temps d'appliquer le théorème d'Ampère dans sa version statique. Le calcul par la loi de Biot et Savart a posé quelques difficultés malgré l'aide fournie par l'énoncé. La question (27) consistait, cette fois, à appliquer le théorème d'Ampère dans sa version complète où intervenait la dérivée par rapport au temps du flux du champ électrique. Malgré l'aide qu'on pouvait trouver dans le formulaire, très rares ont été les candidats qui ont réussi cette question.

III) CONCLUSION

Dans une épreuve relativement abordable, les candidats ont en général été déroutés par le changement de comportement des rayons lumineux par rapport aux lois habituelles de l'optique géométrique. On peut toutefois regretter que la notion de vecteur de Poynting ne soit pas mieux maîtrisée car il en allait de la compréhension des changements entre le milieu d'indice négatif et le milieu d'indice positif par le changement de sens du vecteur de Poynting. Enfin même si dans la partie 5 il est difficile de parler de réfutation de l'existence des milieux à indice négatif, les candidats étaient amenés à voir dans quelle mesure un modèle trop simpliste (celui du régime stationnaire) génère des résultats aberrants ce qu'ils ont relativement bien compris sur le plan qualitatif mais beaucoup plus rarement sur le plan quantitatif. A travers cette épreuve, on ne saurait qu'encourager les candidats à bien maîtriser leur cours afin de pouvoir en faire application dans un domaine inconnu de leur part en général et, malgré tout, globalement proche de ce qu'ils ont l'habitude d'étudier.

