

Physique 2

Présentation du sujet

Ce sujet, intitulé « Les diélectriques dans la nature et au laboratoire » », s'articulait en trois parties :

- une première partie, à partir du modèle de l'électron élastiquement lié, analysait la propagation d'une onde plane progressive harmonique (OPPH) dans un diélectrique ;
- une seconde s'intéressait au phénomène de dispersion au travers de l'exemple de l'arc-en- ciel ;
- enfin, une dernière partie s'intéressait à la réflexion totale, abordant deux applications : le capteur d'empreintes digitales et le déplacement de Goos-Hänchen.

Si l'essentiel des compétences évaluées concernait le programme de seconde année, et en particulier les ondes électromagnétiques, il faisait également appel à des connaissances acquises en optique géométrique.

Analyse globale des résultats

La longueur du sujet, tout à fait raisonnable, a permis aux meilleurs d'aborder toutes les questions, toutefois l'optique géométrique a été une épreuve insurmontable pour une bonne partie des candidats.

Si la plupart des copies est apparue rédigée correctement, rappelons tout de même qu'elle doit se faire en français ... Nous estimons être en droit d'attendre d'un futur ingénieur qu'il sache écrire sans faire des fautes d'orthographe à chaque ligne. Ainsi, lorsqu'il nous parle par exemple de « l'indice du ver », nous pouvons être amené à nous demander si le ver n'est pas dans le fruit ...

Le sujet, de par sa conception, donnait beaucoup de pistes afin de ne pas rester bloqué et permettait au candidat attentif de se relancer régulièrement. Mais il est évident qu'un candidat cherchant à tout prix à parvenir au résultat donné, souvent à l'aide de transformations malhonnêtes, en particulier sur les signes, est lourdement sanctionné et naturellement suspecté sur toute sa copie de vouloir cacher quelque chose. *A contrario*, un candidat capable de répondre de façon satisfaisante aux questions de bon sens bénéficie forcément d'un avis favorable.

Commentaires sur les réponses apportées

I.A.1 La nature de l'interaction reste trop souvent mystérieuse, quand ce ne sont pas les interactions faibles et fortes qui sont évoquées. La prise en compte d'absorption (ou émission) est fréquemment oubliée.

I.A.2 L'amplitude du champ magnétique est malheureusement trop systématiquement jugée strictement identique au rapport E/c . Si les candidats gèrent assez bien les ordres de grandeur mis en jeu, une partie non négligeable ne semble pas faire de distinction entre un vecteur et sa norme.

I.A.3.a Une simple comparaison entre longueur d'onde et taille de l'atome suffit. Trop de candidats ont préféré passer cette explication. Certains évoquent une « ARQS » qui reste mystérieuse, aucun ordre de grandeur intelligible ne venant l'étayer.

I.A.3.b Question généralement bien traitée. Les correcteurs ont apprécié, mais très rarement, les copies signalant la linéarité du problème pour justifier sa résolution en régime sinusoïdal établi.

I.A.3.c Hormis quelques rares candidats qui ignorent encore les définitions de la susceptibilité diélectrique du milieu, cette question a été correctement traitée. Cependant, nous attirons l'attention des candidats sur le fait que, étant habitués à des pulsations de la forme $\omega = \sqrt{k/m}$, ils doivent se douter d'un souci d'homogénéité lorsqu'ils écrivent $\omega = \sqrt{\epsilon_0 k/m}$, sachant qu' ϵ_0 n'est pas une constante adimensionnée.

I.B.1 Quelques excès : parfois un cours sur les courants de polarisation, parfois une identité rigoureuse rêvée avec les équations dans le vide. Mais la majorité identifie convenablement la présence d'une permittivité spécifique au milieu matériel.

I.B.2/3/4 Ces questions sont heureusement une formalité dans la plupart des cas. Les candidats ont su tirer parti des indications fournies par l'énoncé.

I.B.5 Quelques candidats s'égarent dans un développement du carré de l'indice complexe du milieu, quand un développement limité élémentaire suffit ... Une fois empêtré dans un calcul bien inutile, tenter de faire croire l'obtention d'expressions qui sont fournies par l'énoncé ne trompe pas le correcteur et annule à coup sûr les points convoités.

I.B.6 La vitesse de phase et l'atténuation exponentielle de l'amplitude restent maîtrisées dans un nombre restreint de copies : dispersion et absorption sont bien souvent mal identifiées. Une discussion sur le signe de k'' était attendue et aurait dû être accompagnée d'un précision sur le sens de propagation ; ce fut trop rarement le cas.

I.B.7 Hormis quelques valeurs numériques ahurissantes qui devraient conduire à s'interroger sur la validité du calcul de la longueur d'onde de résonance, l'absorption usuelle dans le proche ultraviolet est régulièrement identifiée. Mais il est alors surprenant de lire qu'il sera possible de bronzer à travers la vitre ... Cette affirmation pourrait d'ailleurs être considérée comme une question de culture générale !

I.C Si ces questions pouvaient paraître surprenantes, elles nous ont fréquemment permis de constater que le concept de milieu diélectrique n'était pas du tout acquis : ce milieu était tantôt assimilé à un plasma, tantôt, même, à une « boule de fer ». Les correcteurs ont dans ces conditions accepté jusqu'à un improbable condensateur à eau, que certains candidats attentifs ont jugé peu crédible.

II.A Une bonne lecture de l'énoncé permettait de simplifier d'emblée avec $Q = 0$: ce ne fut que trop rarement le cas. Un développement limité au premier ordre menait à la loi de Cauchy. Quand la question n'est pas directement éludée, le développement effectué est trop fréquemment incohérent.

II.B L'absence de schéma clair du trajet du rayon lumineux dans la goutte d'eau, angles à l'appui, apparaît ici réellement incongrue. Ainsi, certains candidats sont capables de fournir des pages de calculs avec des angles qu'ils n'ont jamais définis ! D'autant que les candidats qui prétendent s'en passer chutent alors immanquablement sur l'expression de la déviation du rayon. Il est regrettable que la pertinence de cette dernière ne soit pas vérifiée : il est pourtant clair qu'une expression telle que $D = i + 2r$ est incompatible avec le rebroussement du rayon obtenu pour $i = r = 0$. Notons que si l'approximation des petits angles est légitime dans certains cas, elle apparaît totalement inadaptée ici !

II.C.1 Cette question très classique met malheureusement souvent en évidence une mauvaise connaissance du cours. Le correcteur est agacé lorsqu'il constate une démonstration clairement

malhonnête. Comme en **I.B.5**, le résultat est fourni et la découverte d'un calcul malhonnête est irritante.

II.C.2 Impossible à résoudre sans avoir établi l'expression de l'incidence associée au minimum de déviation. Certains s'en sortent donc, d'autres avouent leur blocage. Plus rarement, quelques autres tentent encore de faire croire à l'obtention miraculeuse du résultat.

II.C.3 Application numérique bien traitée, hormis quelques interférences constructives supposées associées à des ordres d'interférence demi entiers (et même parfois seulement pairs). Un commentaire liant les résultats à la description de l'observation par l'énoncé est naturellement récompensé.

III.A.1/2 Les candidats dédaignent une fois de plus de faire un schéma, alors que la représentation du trièdre $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ signalerait une erreur de calcul de produit vectoriel, un mauvais signe, un facteur de projection inadapté ... Ce sont des points qui auraient pu facilement être préservés.

III.A.3 Les conditions de passage du champ électromagnétique sont souvent ignorées, ou les conditions particulières proposées mal traduites.

III.A.4 Une fois de plus, lorsque la conclusion est fournie, une démonstration honnête est attendue : on ne peut affirmer un résultat sans argumentation solide.

III.A.5 Il est nécessaire de préciser que les conditions aux limites sont valables en $z = 0$ et pour tout x , pour conclure sérieusement.

III.A.6/7/8 Les candidats ont pu être déconcertés par la formulation de l'énoncé. Quelques-uns pensent heureusement à reprendre l'équation de d'Alembert. L'analyse attentive des conditions aux limites est rare. Elle permettrait pourtant de mieux anticiper l'explication de la réflexion frustrée un peu plus loin. La détermination des coefficients de réflexion et transmission fait appel aux techniques exposées en cours. Très peu de copies aboutissent aux résultats, fournis. Sauter directement à la question suivante n'améliore pas toujours la situation : le module du rapport de deux complexes conjugués semble parfois inaccessible, comme la détermination de sa phase. Il paraît étonnant de constater l'écueil que représente le calcul d'un module égal à 1 pour une grande majorité des candidats.

III.B.1 Les explications qualitatives sont souvent très vagues : « la réflexion est frustrée parce qu'elle n'est pas totale ». La notion de conditions aux limites est attendue, mais trop peu évoquée. De même, il semble opportun de rappeler les conditions d'obtention d'une onde stationnaire si l'on cherche à en créer une !

III.B.2 De rares candidats donnent des explications limpides, voire un schéma très éclairant de l'observation de l'empreinte digitale, schéma pourtant suggéré puisque lui-même commencé dans l'énoncé !

III.C Dernière partie très abordable malgré les calculs apparemment lourds, faisant appel à un développement limité d'ordre 1. Le résultat étant donné, le soin (et une fois encore l'honnêteté) de la démonstration ne peut être négligé. Quelques candidats opportunistes ont su se précipiter sur l'application numérique finale.

Conclusions – Conseils et perspectives

Au terme de cette session, le jury tient à féliciter les candidats ayant su mettre à profit leurs connaissances scientifiques en les exposant de façon claire au jury qui a eu à cœur, par son barème, de les récompenser et pense que cette épreuve a permis de classer de façon satisfaisante les copies.

Quant aux futurs candidats, le jury souhaiterait qu'ils prennent conscience que l'important, chez un étudiant comme chez un ingénieur, n'est pas uniquement de comprendre (ce qui est bien entendu indispensable), mais bien de faire comprendre, au jury et plus tard à leur équipe : cette étape, indispensable, est souvent négligée et peut s'apparenter à de la désinvolture.

Le jury ne saurait que trop rappeler, comme il est dit chaque année, l'importance de l'honnêteté intellectuelle. Cet aspect, dans un sujet tel que celui-ci où beaucoup d'étapes intermédiaires sont données, est fondamental. Les démonstrations et les calculs malhonnêtes réduisent la bienveillance dont l'examinateur fait preuve *a priori* face à chaque copie.

Notons également que ce qui se conçoit bien s'énonce clairement : écrire un complexe comme son module, un chemin optique comme une longueur, un résultat sans unité, ou bien avec 6 chiffres significatifs alors que les données n'en font apparaître que deux ... sont autant d'erreurs que le jury aimeraient ne plus voir apparaître. Il souhaite aussi qu'un candidat sache porter un regard objectif sur ses résultats, fort des connaissances acquises tout au long de sa formation.

Pour conclure ce rapport, souhaitons à chacun de trouver sa voie dans le parcours qu'il a choisi, et de contribuer à l'épanouissement de la science.