

EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE

ENS : LYON CACHAN

Durée : 5 heures Coefficients : LYON 4,5 CACHAN 6(op. physique) / 3 (op. chimie)

MEMBRES DE JURYS : S. Brasselet ; T. Dauxois ; M. Ménétrier ; B. Portelli ; R. Skrzypek ; L. Vanel .

L' épreuve de physique traitait de la propagation d'une onde électromagnétique dans un ensemble de milieux, sous incidence normale. Une première partie l' abordait sous un jour macroscopique classique : le candidat était amené à établir une matrice de transfert caractérisant la relation linéaire entre les champ et à l' entrée et à la sortie d' une couche diélectrique, puis à l' utiliser dans différents cas particuliers : onde transmise ou réfléchi par une lame, couche antireflet, miroir de Bragg. La seconde partie proposait d' aborder ce même problème sous un aspect plus microscopique : exprimer le champ transmis et le champ réfléchi à partir du champ rayonné par les dipôles du milieu.

Les notes sont très étalées : certaines copies sont totalement indigentes alors que certains candidats ont pratiquement traité l' intégralité du problème. Si on excepte ces cas extrêmes, nous pouvons tenter de comprendre où se situe la frontière entre une « bonne » et une « moins bonne » copie.

En général, **l' auteur d' une bonne copie a su comprendre la logique de l' énoncé**. Il saisit donc le sens exact d' une question ainsi que son importance et il va à l' essentiel sans s' égarer dans des justifications superflues. A la première question (relation entre k et ω), les correcteurs attendaient visiblement une réponse très brève, adaptée à cette question évidente ; certains se sont crus obligés de repartir des équations de Maxwell pour aboutir après 2 pages de calculs sans intérêt à la relation de dispersion demandée : dramatique perte de temps dans une épreuve en temps limité. A l' inverse, il est assez clair que les auteurs du sujet voulaient une justification simple, dans le cas particulier étudié, de la relation entre courant de polarisation et vecteur polarisation ; beaucoup de candidats se sont contentés de ressortir $\epsilon_{\text{pol}} =$ de la mémoire de leur calculatrice ce qui, bien entendu, ne leur a pas rapporté la moindre fraction de point.

De plus, un énoncé procède en général de façon progressive : pourquoi calculer une matrice au début si ce n' est pas pour l' utiliser par la suite ? Dans de nombreuses copies, la question I B 1 (calcul de l' onde réfléchi) a été tentée en ignorant la matrice établie à la question précédente, la plupart du temps sans succès : calculs interrompus après quelques lignes (ou quelques pages)..

Un bon candidat connaît son cours (c'est une évidence !) mais il l'a suffisamment bien assimilé pour en retenir l'esprit et non une succession de formules. Il se trouve que les étudiants de classes préparatoires traitent surtout des exemples d'ondes sinusoïdales (monochromatiques) avec la notation complexe et le vecteur d'onde \vec{k} . Mais ici, au début de la partie II, il était spécifié que la source du champ était un courant de surface dépendant du temps de façon quelconque ; il était même rappelé que la notation complexe ne pouvait pas s'appliquer au cas étudié. Ces mises en garde n'ont pas empêché de nombreux candidats de supposer implicitement que $j_s(t)$ était une fonction sinusoïdale de pulsation ω et d'écrire des relations comme :

« = » ou encore « $(z, t) = (0, t) \exp(-i k z)$ ». De façon plus générale, la manipulation des ondes planes non monochromatiques sous la forme $f(u)$ avec $u = t - kz$ semble avoir posé de gros problèmes à certains.

Dans le même ordre d'idées, les étudiants sont en général bien entraînés à utiliser les lois de symétrie dans les cas particuliers de l'électrostatique et de la magnétostatique ; beaucoup ont donc bien vu les symétries pour le champ magnétique créé par $j_s(t)$ mais sans se rendre compte que, dans le problème traité, le courant de surface variable j_s constitue la source unique du champ électromagnétique (\vec{E}, \vec{B}) : les plans de symétrie de j_s sont donc plans de symétrie de (z, t) et plans d'antisymétrie de (z, t) .

Par ailleurs, l'application de relations mémorisées (ou « formules ») ne peut se faire sans rigueur ; la moindre des choses étant de connaître l'exacte définition des grandeurs que l'on manipule. L'exemple du vecteur de Poynting est à ce sujet révélateur : il apparaît tantôt comme une énergie, ou comme une puissance et non comme une puissance surfacique, seule dimension compatible avec son statut de grandeur intensive. Bien entendu, en introduisant subrepticement une durée τ ou une aire S dans le calcul, les candidats qui partent sur une expression fautive de l'énergie aboutissent au bon résultat, mais sans tromper le correcteur particulièrement vigilant au bluff sur ce type de question.

L'erreur est humaine : la faute de calcul ou l'erreur de raisonnement sont pratiquement inévitables ; mais en général **l'auteur d'une bonne copie sait débusquer ses erreurs** : inhomogénéité du résultat, invraisemblance, résultat manifestement contraire à ce que suggère l'énoncé. Ainsi, nous avons trouvé à plusieurs reprises un facteur de réflexion (en intensité) susceptible de prendre des valeurs négatives ! Ou encore, après avoir expliqué que le champ rayonné par le courant de surface était une onde plane, de nombreux candidats l'ont exprimé comme une fonction du temps seul.

Les auteurs des copies correspondant au tiers supérieur de l'échelle de notes se sont assez honorablement sortis de ce problème en traitant correctement certaines parties ; un bon nombre d'entre eux ont été déclarés admissibles et, au vu de cette épreuve, ils le méritent. On peut cependant regretter que même parmi ces bons candidats, certaines questions n'ont été que trop rarement résolues de façon satisfaisante. Citons deux exemples :

La couche antireflet : un petit nombre arrive à une équation complexe exacte, mais très peu voient qu'elle est équivalente à deux équations réelles ; au lieu d'annuler la partie réelle et la partie

imaginaire, ils en déduisent une équation unique (et insuffisante) en annulant le module.

Le miroir de Bragg : trop peu de candidats ont songé à élever la matrice T_{HL} à la puissance N avec $N \rightarrow \infty$; l'indication sur les valeurs propres aurait dû les aiguiller vers un raisonnement qu'ils auraient sans doute bien maîtrisé dans le cadre d'un problème d'algèbre. Le candidat idéal devrait pouvoir mobiliser toutes ses connaissances dans les différents domaines de sa culture scientifique. Visiblement, cet objectif est pratiquement atteint par les auteurs des quelques copies excellentes que nous avons eu à corriger.