

## **EPREUVE DE PHYSIQUE**

Durée : 3 heures

### **PRESENTATION DU SUJET**

Le problème comportait deux parties totalement indépendantes, sur le thème général du contrôle non destructif.

- La première partie étudiait les courants induits dans une plaque métallique, avec une application au contrôle non destructif par courants de Foucault pour des pièces potentiellement fissurées en surface.
- La deuxième partie s'intéressait aux ondes ultrasonores dans une barre métallique, avec une application au contrôle non destructif par ultrasons d'une pièce soudée par friction.

### **COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE**

Le sujet abordait plusieurs domaines des programmes de première et de seconde année : électromagnétisme, équations de Maxwell, propagation d'ondes électromagnétiques, effet de peau, ondes élastiques dans un milieu continu, régimes forcés et modes propres.

Les questions de début de partie étaient des questions de cours déguisées. Elles permettaient à tous les candidats ayant préparé sérieusement le concours de travailler d'obtenir un score largement au dessus de la moyenne constatée sur cette épreuve.

Beaucoup de ces candidats ont pu engranger des points en rafale et faire la différence avec ceux qui se contentent de grappiller ça et là de maigres points. En lisant correctement le sujet un bon élève de seconde aurait pu obtenir quelques points. Pourtant les candidats les moins bons ont eu zéro, soit avec une copie blanche, soit avec une copie vide de résultats justes, car seuls les résultats corrects sont bonifiés ; il n'y a pas de demi points et l'à peu près n'est jamais payant. Au vu du nombre élevé de copies vides de résultats, il est logique de s'interroger sur leur niveau et sur la pertinence de leur passage pendant deux ou trois années en Classes Préparatoires.

Dans le problème beaucoup de questions faisaient appel au bon sens et à la compréhension des phénomènes, à l'énoncé de principes et de lois. « Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement, et les mots pour le dire viennent aisément... » à méditer par tous, les correcteurs déplorent des explications vagues, des contresens, des phrases ou une chose est dite suivie de son contraire ! Pour ce qui de l'obtention de résultats donnés ou bien connus, certains sont prêts à tout : mauvais calcul ! Mieux vaut dire « j'admets le résultat » que d'essayer de tricher, et de rendre les réponses suivantes suspectes. Ne pas savoir n'est pas une tare, être malhonnête l'est.

## ANALYSE DETAILLEE

### 1ère Partie : Courants de Foucault dans une plaque métallique

#### A) Propagation d'une onde dans un demi-espace infini

Beaucoup de candidats n'ont pas trouvé les bons arguments pour orienter correctement H et J dans la plaque. Certains d'entre eux ont quand même réussi à faire les questions suivantes, ce qui laisse perplexe ! la physique est alors réduite à la résolution « gentille » d'équations toutes faites, standards, avec des résultats eux aussi standards, appris par cœur. La Loi de Lenz est souvent bien connue mais la justification invoquée pour le résultat qui nous préoccupe est souvent fausse. Souvent la compréhension physique est absente.

Il y a beaucoup d'erreurs (voire des changements de notation) concernant la conductivité et la résistivité. Beaucoup d'erreurs aussi pour les orientations de H, B et E, J ainsi que sur l'application du principe de Curie.

De nombreuses confusions sont à déplorer entre équation de diffusion et équation de dispersion, entre les notions de diffusion, de propagation, de dispersion ... également entre équation de Laplace, de Poisson, d'Alembert ... .

Le passage aux complexes, puis le retour aux réels est épique : absence de vérification "physique" du résultat : homogénéité, décroissance, sens de propagation, comparaison à une solution classique connue (dans le vide). Beaucoup d'erreurs pourraient être évitées par de simples tests : le résultat est-il homogène ? Quels sont les cas limites ? Que se passe-t-il si ?....

Confusions également entre flux du vecteur de Poynting et perte par effet Joule; différence entre moyenne temporelle et sommation spatiale.

#### B) Contrôle non destructif par courants de Foucault

Les lignes de champ au voisinage de la plaque (uniforme pour une plaque parfaite) sont déformées dans l'espace par la présence d'une fissure. Les erreurs les plus souvent rencontrées sont : l'aspect des lignes de champs dans l'air au voisinage de la plaque est souvent faux, l'expression  $B_{fil}(M,t)$  non homogène, de mauvaises composantes, la présence de  $\mu_R$  pour B dans l'air ; le courant est confondu avec la densité de courant ; également observés l'écriture de  $u_0(t) = L \cdot di/dt$  alors qu'il n'y a pas de courant dans b', de même que celle de  $u_1(t)$  qui dépend de sa position par rapport au fil !

Les meilleurs candidats ont pu faire entièrement cette partie.

### 2ème Partie : Ondes ultrasonores dans une barre métallique

#### A) Etude de la barre en traction

Les erreurs couramment rencontrées concernent la comparaison hasardeuse entre ressorts et résistances en parallèle et série ;  $K_{eq}$  n'est pas toujours écrit de façon homogène. Beaucoup de confusion également observées entre nombre d'atomes et nombre de ressorts sur une ligne; sur la figure 6 et dans la barre de volume S.L : ressorts en parallèle constitués de ressorts en série et non en parallèle.

## B) Modèle de la chaîne infinie d'oscillateurs

Méconnaissance de la condition de propagation d'une onde sinusoïdale:  $\omega$  et  $k$  doivent être réels avec  $\omega = \omega(k) \geq 0$  ou la pulsation  $\omega$  est une solution réelle positive de l'équation de dispersion -  $\omega = \omega(k)$  - pour  $k$  réel.

Erreur fréquente sur le PFD, expression fautive de la projection des forces : erreurs de signe ; oubli de  $u_q \dots$ , erreurs de calcul d'une différentielle alors que c'est l'application immédiate du théorème des accroissements, non homogénéité des résultats après développement ...

Définition d'une onde mécanique progressive très mal connue.

Expression de  $E_c$  et  $E_p$  pour une onde progressive et une barre infinie :

Beaucoup de fautes dans l'écriture de l'énergie potentielle emmagasinée par tranche de longueur  $dx$  de la barre (l'énergie potentielle élastique d'un ressort n'est pas mieux maîtrisée).

Difficultés pour retrouver la relation entre  $K$  et  $v$  pour une onde progressive à partir de  $u(x,t)$  et de la définition de  $\sigma = F/S = Y.(\partial u(x,t) / \partial x)$  ; de même pour établir la vitesse de propagation dans un solide  $V^2 = Y/\rho$ .

Difficultés pour retrouver la relation  $P = \tilde{\sigma}.v$  à partir de  $P = F.v$ .

Calcul précis inutile pour obtenir  $R \approx 1$  et  $T \approx 0$ .

## C et D) Fréquences propres d'une barre & Régime sinusoïdal forcé d'une barre

La condition extrémité libre, nécessaire pour la résolution des questions IIC & IID -  $\{\sigma(L,t) = 0, \forall t\}$  est inconnue pour la majorité des candidats. Son exploitation à l'aide de  $\sigma = Y.(\partial u(x,t) / \partial x)$  et  $V^2 = Y/\rho$ , est inconnue pour la majorité des candidats.

Les solutions des modes propres de vibration n'ont pratiquement jamais été écrites correctement. Les tentatives pour établir les conditions aux limites du régime sinusoïdal forcé ont été vouées à l'échec à cause d'erreurs stupides de mathématiques (essentiellement de la trigonométrie).

Le calcul du module d'Young n'a pas présenté d'intérêt pour eux, encore moins le calcul d'erreur proposé sur  $Y$ .

## E) Contrôle non destructif par ultrasons

Erreur récurrente sur l'expression du premier minimum de diffraction  $\alpha = 1,2 \lambda/D$  au lieu de  $\sin \alpha$  ; aucune analyse du résultat obtenu ; beaucoup de confusions entre ondes lumineuses et ondes acoustiques ont également été observées.

## ANALYSE DES RESULTATS

Après le traitement d'usage en ramenant la meilleure copie à 20 et les miracles de l'informatique, la moyenne a atteint 8,70 sur 20, avec un écart-type de 4,08.

## **CONSEIL AUX FUTURS CANDIDATS**

Les conseils sont toujours les mêmes que les années précédentes :

Apprendre le cours en se demandant : de quoi s'agit-il ? qu'ai-je compris ? quels sont les phénomènes en jeu ? quelles sont les applications dans la vie de tous les jours ?

S'entraîner à rédiger des réponses concises et claires.

S'entraîner au calcul en se mettant en situation, et en se chronométrant !