

Composition de Physique A, filière PC, (XE)

Le sujet, intitulé “*Forger les métaux grâce à l’induction électromagnétique*”, proposait d’étudier un certain nombre d’aspects du chauffage inductif de métaux.

Il mêlait une étude de l’émission du corps noir puis du corps gris pour aboutir *in fine* à la notion de “température de couleur”, une étude des phénomènes inductifs sur la base des équations de Maxwell, d’abord en géométrie plane puis dans une géométrie plus réaliste pour un barreau métallique, et enfin une étude des phénomènes thermiques en introduisant la transformation de Laplace, permettant notamment le calcul de la cinétique de chauffe du barreau métallique.

Remarques générales :

Comme chaque année, il nous semble important de rappeler quelques règles générales, qui bien qu’évidentes restent toujours méconnues de nombreux(ses) candidat(e)s :

- Soigner son expression écrite et ne pas rédiger dans un langage approximatif, indigne de futur(e)s ingénieur(e)s. Eviter les erreurs grammaticales et orthographiques qui nuisent véritablement à la lecture et à la compréhension des explications données pour justifier un raisonnement ou un résultat. De telles erreurs affectent nécessairement l’évaluation globale de la copie.
- Bien s’appliquer, ne pas négliger la forme et la tenue générale de sa copie et produire une écriture déchiffrable afin de faciliter le travail du correcteur.
- Bien lire le texte d’énoncé de chaque question et notamment analyser la signification des verbes employés, afin de comprendre le niveau de la réponse attendue. Par exemple *Rappeler une expression* ne nécessite pas de la démontrer.
- Vérifier systématiquement l’homogénéité des résultats obtenus. Cette démarche permet souvent de s’affranchir d’erreurs stupides, comme par exemple des erreurs typographiques.
- Présenter un résultat numérique avec les unités physiques correctes et indiquer explicitement ces unités. Veiller à ce que le nombre de décimales significatives données soit en adéquation avec la précision des données numériques fournies par l’énoncé.

- Toujours justifier les hypothèses faites et invoquer les principes appliqués lors d'un raisonnement. Des résultats obtenus sans aucune justification ne sont pas considérés valides. Penser à définir de manière très explicite les variables introduites pour mener à bien un calcul.
- Ne pas négliger les applications numériques demandées car celles-ci constituent une part importante du nombre total de points attribués dans l'évaluation finale.
- Les questions demandées ne sont pas un commentaire de texte et les réponses ne doivent pas être une paraphrase de celui-ci. Pour chaque question, une réponse argumentée, s'appuyant sur un raisonnement physique rigoureux est attendue.

Commentaire détaillé de l'épreuve.

Partie I - Rayonnement de l'acier chauffé et température de couleur

1 Question en général bien traitée. L'application numérique n'a pas toujours été proprement effectuée, certains candidats se contentant de fournir le résultat à trois décimales donné par l'énoncé.

2 Question en général bien traitée.

3 Un certain nombre de candidats a essayé de calculer une intégrale de l'irradiance sur le domaine du visible, sans prendre en compte les données fournies sur l'intervalle $[\lambda_{max}/2; 8\lambda_{max}]$. La discussion avec les données de la Figure 2 n'a pas toujours été effectuée, ou effectuée de manière fouillée.

4 Question qualitative, en général bien traitée par les candidats ayant traité la question 3.

5 L'évolution des lois de Wien et de Stefan a été généralement bien traitée, la qualité du graphe (échelle linéaire ou logarithmique, décalage rigide en échelle logarithmique) a été moins convaincante.

6 Une difficulté pour les candidats a pu consister à déterminer si λ'_{max} décrivait la nouvelle valeur de λ_{max} , ou l'écart entre la nouvelle valeur de λ_{max} et sa valeur initiale. Question peu difficile par ailleurs.

7 La qualité des graphes (échelles linéaires, logarithmiques ou mixtes, mise en évidence du recouvrement entre l'irradiance spectrale et les fonctions colorimétriques de l'oeil) a été appréciée. Une fraction des candidats propose une température de couleur.

Partie 2 - Problème électromagnétique

8 Question répondue à des degrés très divers. Certaines copies ont développé le modèle de Drude (non demandé). La notion de conductivité n'a pas toujours été nommée et un florilège d'unités a été proposé pour celle-ci.

9 Question qui aurait pu être beaucoup mieux traitée. Une fraction importante des copies met en avant des invariances et symétries, mais sans préciser de quelles grandeurs, ce qui permet difficilement de conclure quoi que ce soit.

10 Question en général bien traitée.

11 Idem. Dans le détail, il y a pu avoir un manque de rigueur dans l'établissement de la solution (conditions aux limites), et ont pu apparaître également des épaisseurs de peau complexes, par exemple.

12 Question bien traitée.

13 La proportionnalité de P_J avec $\exp(-2z/\delta)$ a été facilement justifiée, mais pas la valeur du préfacteur P_0 .

14 Question peu difficile. Certains candidats ont toutefois tenté de traiter cette question par l'expression du champ magnétique généré par des spires de courant ou un solénoïde, ce qui n'était pas adapté, le champ magnétique étant introduit ici comme une condition aux limites à la question 15, et non comme une grandeur à déterminer.

15 La similarité des équations des questions 10 et 14 a fait qu'une fraction des candidats a proposé la même solution pour la question 15 que pour la question 11. Pour les candidats ayant reproposé une solution générale et traité des nouvelles conditions aux limites, seulement une faible partie d'entre eux a exploité les symétries pour proposer une solution de type $\cosh(Kz)$, en dépit de résultats techniquement corrects.

16 La direction du vecteur densité de courant selon y a été établie par environ un quart des copies. L'expression du vecteur a été plus difficile, et établie uniquement pour les copies ayant traité correctement la question 15.

17 Question très peu traitée, et d'un abord pouvant prendre une tournure très calculatoire.

18 Si l'identification graphique du paramètre maximisant la fonction f a été fréquemment effectuée, l'application numérique correspondante pour trouver la valeur de fréquence associée a souvent été plus malheureuse.

Partie 3 - Etude du problème thermique

19 Question classiquement très bien traitée pour l'établissement de l'équation sur T , et moins en ce qui concerne l'explication des différents termes de l'équation.

20 Question sans difficulté... hormis une coquille d'énoncé sur la valeur de P_s qui n'a pas perturbé (ni pénalisé) les candidats.

21 Peu de candidats ont identifié que l'équation à obtenir à la question 21 ne présentait plus de terme volumique de source. Cette question s'est révélée assez sélective, car conditionnant (en partie) la suite du problème.

22 La transformée de Laplace de l'équation sur T a été bien menée, y compris, sur le principe, l'établissement de sa solution générale. Le principal écueil - discriminant là aussi - a été la conversion dans le domaine de Laplace de la condition aux limites sur le gradient de température en $z = 0$, déterminante pour l'obtention (correcte) des comportements en température dans les questions suivantes.

23 Question relativement bien abordée... pour la partie de développement limité.

24 Question souvent traitée avec intuition, plus que sur l'établissement rigoureux des équations.

25 L'ensemble des questions 25-29 dépendait du traitement exact des questions 21 et 22, ce qui a bénéficié à un faible nombre de candidats.

26 Idem.

27 Idem.

28 Idem.

29 Idem.

30 Cette question pouvait être traitée indépendamment des questions (difficiles) précédentes, ce qui n'a pas échappé aux candidats. Cette question a été relativement bien traitée, toutefois (trop) peu de candidats perçoivent la possibilité de définir de manière simple une température de transition entre les régimes où les échanges par convection (respectivement, par rayonnement) dominant.

31 Question dans la lignée de la question 30, relativement bien traitée.

32 Cette question, plus particulière, nécessitait d'avoir suffisamment bien traité la partie 2 du problème, elle n'a donc été que peu abordée, et dans ce cas de manière plutôt satisfaisante pour une question de fin de problème.

STATISTIQUES

La moyenne des 1309 candidats français est de 09,30/20 avec un écart-type de 3,14.