

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le problème, consacré à l'étude d'un système de régulation de température, comportait trois parties indépendantes :

- La première partie étudiait les transferts thermiques entre un fluide circulant dans une conduite et le milieu extérieur. Cette partie utilisait les notions de cours sur les transferts thermiques en régime permanent (loi de Fourier, résistance thermique) ; les bilans thermiques à effectuer concernaient des systèmes ouverts et une fraction non négligeable de cette partie consistait en un rappel de cours sur ce type de bilan.
- La deuxième partie s'intéressait à la régulation de la température d'une pièce par variation du débit d'eau chaude dans une conduite. Elle proposait tout d'abord la modélisation de l'écoulement d'un fluide visqueux dans une conduite puis la loi de Poiseuille était établie dans une géométrie simple ; les effets d'un rétrécissement de section sur l'écoulement étaient étudiés en utilisant la notion de conductance hydraulique, dont les analogies électrocinétiques étaient soulignées. Enfin, le phénomène de régulation, basé sur la dilatation d'un gaz de contrôle mis à la température de la pièce était analysé, ainsi que les limites du procédé.
- La troisième partie était consacrée au principe de la caractérisation non destructive des conduites par courant de Foucault. Les phénomènes d'induction mutuelle entre une bobine et la conduite étaient modélisés comme des associations variées de spires conductrices en influence inductive. Les limites de la technique étaient analysées en fin de problème.

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

L'épreuve abordait des domaines assez variés, tirés essentiellement du programme de deuxième année, mais faisant parfois appel à celui de première année. La difficulté en était progressive et de nombreuses questions étaient de simples questions de cours.

Le problème évitait les questions très faciles isolées, qui font la joie des "grappilleurs de points" mais qui désavantagent les candidats sérieux, qui perdent un peu de temps en persévérant sur les questions difficiles, mais qui finalement comprennent mieux la problématique du sujet. D'ailleurs, pour valoriser cette persévérance, des points de bonification étaient prévus dans le barème pour ceux qui traitaient des séquences complètes et cohérentes de questions.

De nombreuses questions qualitatives, de réflexion et d'analyse des résultats mathématiques (souvent donnés dans l'énoncé dans le cas de calculs complexes) étaient proposées. Ces questions étaient très valorisées dans le barème ; nous rappelons aux candidats le soin à apporter à ce type de questions.

Dans son ensemble, l'épreuve n'a pas été très bien réussie. Un des obstacles majeurs reste, comme les années précédentes, le manque de rigueur mathématique de la plupart des candidats. Les calculs proposés, pourtant volontairement simplifiés, restent insurmontables pour la plupart, même quand il s'agit de résoudre une équation différentielle du premier ordre à coefficients constants.

L'épreuve nécessitait d'effectuer de nombreux bilans thermiques. Il nous faut rappeler une fois de plus qu'un bilan n'a de sens que si l'on spécifie avec soin le système étudié et les instants initiaux et finaux de la transformation. En l'absence de ces précisions explicites, les raisonnement n'ont rigoureusement aucune valeur et sont comptabilisés comme tels.

Les applications numériques sont le plus souvent bâclées. Le nombre de chiffres significatifs, pourtant imposé explicitement en préambule n'est respecté qu'une fois sur trois.

ANALYSE DETAILLEE

1ère Partie : Echange thermique à travers un tube cylindrique

1 a,b,c Questions bien traitées dans l'ensemble. La loi de Fourier est connue.

1 d La justification correcte du résultat est assez rare ; l'hypothèse de régime permanent est mal comprise ; le système considéré n'est pratiquement jamais présenté correctement.

1 e, f, g Beaucoup d'erreurs dans l'intégration de la relation de Fourier.

2 Cette question a été globalement mal traitée, alors qu'il s'agissait d'une simple question de cours, très guidée par le texte. Notons que dans le 2.b plus de 80% des candidats confondent l'enthalpie et l'énergie interne, ainsi que les capacités thermiques à volume et pression constante.

3 Question d'application du résultat du 2, assez bien traitée en général.

3 c Les signes des échanges thermiques sont très rarement justifiés pour trouver le bon résultat.

3 d La longueur l_2 est souvent trouvée correctement, mais la plupart du temps elle n'est justifiée que par une simple analyse dimensionnelle. Rappelons qu'une expression peut être à la fois homogène et fausse !

3 e Bien traité par ceux qui ont répondu correctement au 3d.

4 a Les bilans thermiques sont très souvent faux (erreurs de signes dans les échanges).

4 b,c Assez bien traités en général.

Deuxième partie : Contrôle du débit de fluide

1 a,b,c Bien traité en général.

1 d Peu de candidats pensent à mentionner qu'un écoulement de fluide visqueux s'effectue dans le sens des pressions décroissantes pour justifier le signe de K.

1.e Résultat correct assez rare, même si l'intégrale est souvent correctement posée.

2 Question bien traitée.

- 3 a** Beaucoup ajoutent les conductances de chaque section sans réaliser qu'il s'agit d'une association en série et que ce sont donc les résistances qui s'ajoutent.
- 3 b** Développement limité correct rarissime.
- 4 a** Question mal comprise la plupart du temps.
- 4 b,c** Les candidats ont toujours autant de mal pour évaluer les variations infinitésimales de grandeurs et le calcul différentiel reste une abstraction pour beaucoup.
- 4 d** Quelques bonnes copies ont donné une explication claire du principe de fonctionnement.
- 5** Question généralement assez réussie, sauf pour le 5g qui n'a pratiquement jamais été résolu.

Troisième partie : Contrôle non destructif des tubes métalliques par courants de Foucault

- 1 a** Résultats bien connus, même si la justification des symétries est souvent fausse (beaucoup raisonnent seulement sur les plans de symétries, qui sont suffisants pour conclure sur l'axe mais pas en dehors de l'axe).
- 1 b** Très peu de bonnes réponses.
- 1 c** Assez bien traité.
- 1 d** Rarement réussi, car dépendant des questions précédentes.
- 2 b** Les approximations sont mal justifiées, mais presque tout le monde reconnaît en d l'épaisseur de peau.
- 3 d** Le calcul de d n'a été fait que dans quelques bonnes copies.
- 3 g** La fréquence optimale, qui est celle où la profondeur de peau correspond à l'épaisseur du tube, n'a jamais été trouvée.

ANALYSE DES RESULTATS

Les points de bonification récompensant les séquences de question bien traitées ont joué leur rôle. Ces points représentaient au total à peu près 10 % du barème total. Très peu de candidats ont pu avoir une note au-dessus de la moyenne sans bénéficier d'une partie de ces points. Il était donc presque impossible d'avoir la moyenne en répondant sans cohérence à quelques questions éparses.

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 8,70 sur 20, avec un écart-type de 4,08. Comme chaque année, de bonnes copies ont été remarquées alliant de bonnes connaissances scientifiques, une interprétation claire des modèles et des calculs rigoureux.

CONSEIL AUX FUTURS CANDIDATS

Les conseils sont toujours les mêmes que les années précédentes :

Apprendre le cours de façon plus exigeante. La connaissance des formules ne suffit pas en elle-même. Il faut en comprendre le sens concret et en connaître le domaine d'application.

- Soigner les questions qualitatives et s'y entraîner pendant l'année.
- S'entraîner au calcul en résolvant soi-même les exercices (plutôt qu'en lisant des corrigés) et en menant les calculs jusqu'au bout !