

Physique

Présentation du sujet

Le sujet comportait quatre parties indépendantes et consistait en l'étude des processus physiques intervenant lors du glissement d'un solide sur un autre solide ou sur un film lubrifiant.

Les thèmes abordés sont nombreux : la thermodynamique, la conduction thermique et la mécanique des fluides.

Analyse globale des résultats

Les quatre parties ont été abordées par les candidats avec des succès divers.

De nombreuses questions demandaient de faire des applications numériques : le jury a sanctionné les résultats qui ne respectaient pas un nombre de chiffres significatifs conformes à l'énoncé ou au bon sens. Par ailleurs, le sujet comportait beaucoup de questions qualitatives nécessitant une approche raisonnée : le jury a accordé une importance particulière à la rigueur des raisonnements et a sanctionné toutes remarques banales consistant à paraphraser une équation numérique.

Commentaires sur les réponses apportées

Partie I

I.A.1 Il s'agissait ici d'établir l'équation proposée par le texte à l'aide d'un bilan d'énergie local soigneusement réalisé. Cela excluait de partir de l'équation locale de conservation de l'énergie puisqu'elle constitue le résultat de ce bilan.

Par ailleurs, la réalisation d'un bilan, nécessite de préciser un certain nombre de choses. Les équations exhibées sans aucune explication n'ont pas permis d'obtenir tous les points attribués à cette question.

I.A.2.a Il suffisait simplement ici d'observer que l'échauffement local était nul en tout point avant le début de la mise en route du chauffage.

I.A.2.b Le résultat étant fourni dans l'énoncé, il était ici nécessaire de détailler les calculs intermédiaires.

I.A.2.c L'énergie interne exprimée d'une part grâce à l'application du premier principe, d'autre part grâce au profil de température de la phase condensée, permettait de déduire la constante B . Cependant, dans de nombreuses copies, l'énergie interne de la tranche dz était confondue avec celle de tout le cylindre.

I.A.2.d Peu de copies ont proposé une forme correcte de $\delta\theta$ prenant en compte le décalage temporel de l'excitation.

I.A.3.a Les résultats de cette question étaient corrélés à celui de la question **I.A.2.d**.

I.A.3.b Les expressions de l'élévation de température et de la profondeur δ nécessitaient de lire sur la courbe fournie des variations de la fonction f , la valeur de $f(0)$ et de retrouver l'argument

u tel que $f(u) = \frac{1}{2}$. Il est bien évident que cette lecture sur un graphe grossièrement gradué était incompatible avec un nombre de chiffres significatifs supérieur à 2.

I.B La confusion entre l'énergie et la variation de l'énergie ainsi que les inhomogénéités liées à la confusion entre l'énergie, la puissance et la puissance surfacique ont été sévèrement sanctionnées.

I.C.2 Ce temps a été obtenu le plus souvent par analyse dimensionnelle, peu de candidats ont justifié l'expression obtenue pleinement.

I.C.3 Les six applications numériques n'étaient acceptées qu'avec un nombre de chiffres significatifs opportun. Par ailleurs, le barème prenait largement en compte les comparaisons attendues des trois matériaux pourvu que les candidats ne se contentent pas de répéter en toutes lettres la relation d'ordre évidente établie par les valeurs numériques.

De plus, l'approximation du milieu infini nécessite de comparer la longueur δ à une longueur caractéristique pertinente (ici la longueur axiale) et non de la considérer petite dans l'absolu.

Partie II

II.A.1 La valeur de la surpression devait être fournie avec au plus deux chiffres significatifs.

II.A.2 Les diagrammes d'équilibres ne respectant pas les conventions ont été sanctionnés, *a contrario*, les diagrammes tracés avec soin, faisant apparaître tous les aspects remarquables ont été récompensés.

Deux démarches possibles étaient acceptées pour le calcul de la pente de la courbe de fusion, l'une utilisant la relation de Clapeyron, l'autre les points connus de cette courbe.

II.A.6 Les conclusions présentées dans les commentaires doivent être argumentées.

II.B.1 L'invariance par translation est insuffisante pour justifier l'indépendance du champ des vitesses vis-à-vis de la variable x .

II.B.2 Cette question a suscité l'écriture de relations non homogènes. Il s'agissait, à partir de la contrainte qui est une force par unité de surface, d'établir l'expression de la force volumique.

II.B.4 L'expression du champ des vitesses obtenue à la question **II.B.3** permet de calculer la contrainte à partir de laquelle on calcule l'action exercée par le fluide sur le patin.

II.B.5 La forme du résultat étant validée par la question **II.B.7** l'inversion du signe de la force obtenue à la question précédente devait être soigneusement justifiée.

II.B.6 La valeur du nombre de Reynolds permettait de valider l'hypothèse d'écoulement laminaire dans la mesure où elle appartient à un intervalle à préciser.

II.B.7 Certains candidats se sont focalisés sur la notion d'incompressibilité sans prendre en compte le déplacement du fluide. Il est possible que les forces de pression apportent du travail à un système fluide incompressible en écoulement permanent. Il fallait ici affiner le raisonnement.

Partie III

III.A Cette question n'a suscité que rarement des raisonnements précis mais plutôt une suite d'égalités non justifiées.

III.B.1 L'analyse des ordres de grandeurs des différents termes de l'équation de Navier-Stokes a soulevé beaucoup de difficultés. En particulier, les erreurs récurrentes observées par les correcteurs sont les suivantes :

- l'ordre de grandeur généré d'un terme n'est pas homogène à ce terme ;
- comparaison de deux ordres de grandeur de dimensions différentes ;
- mélange de valeurs littérales et de valeurs numériques générant un objet inexploitable.

Le barème a largement récompensé les développements précis et rigoureux mais a aussi sanctionné sévèrement les erreurs liées à l'inhomogénéité et les développements incompréhensibles.

III.B.5 Le résultat étant fourni, le calcul l'établissant devait être détaillé.

III.B.6 Le champ de pression n'étant pas uniforme, il était nécessaire d'obtenir la résultante des forces de pression par intégration.

III.B.8 Les applications numériques devaient être libellées avec un nombre de chiffres significatifs approprié.

III.C Le bilan de volume nécessaire pour établir l'équation (III-2) n'a été que rarement réalisé.

Partie IV

Cette partie a été la moins abordée même si certaines copies, excellentes, l'ont quand même traitée en quasi-totalité.

IV.A Ces questions ont fait l'objet de quelques tentatives avec des succès divers.

IV.B Ces questions n'ont donné que très rarement des développements cohérents.

Conclusions

L'ensemble du problème permettait aux candidats d'aborder un grand nombre de questions de niveaux variés.

Conformément aux remarques de détails développées pour chaque question, le jury a constaté une forte corrélation entre la qualité de rédaction, tant au niveau de la clarté que de la rigueur, et la note attribuée à la copie.

Beaucoup de recommandations développées ci-dessous sont universelles et, comme tous les ans, nous nous permettons de faire remarquer aux futurs candidats qu'il était possible d'obtenir une excellente note en faisant correctement et rigoureusement un nombre raisonnable de questions du sujet et qu'il est indispensable de parcourir l'énoncé en entier au début de l'épreuve pour voir quelles sont les parties les plus abordables.

Malgré toutes ces remarques, les correcteurs ont eu plaisir à corriger d'excellentes copies où les candidats ont fait preuve de rigueur, de sens critique en s'appuyant sur des connaissances solides du cours.