
EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE

ENS : LYON – CACHAN

Durée : 4 heures *Coefficients : LYON 4 – CACHAN 5*

**MEMBRES DE JURYS : A.-E. BADEL, F. CHARRA, P.-R. DAHOO, E. LEVEQUE,
F. TREUSSART**

Le problème porte sur le contact adhésif entre deux solides et est composé de quatre parties, dont la quatrième est indépendante. Le sujet couvre deux points distincts du programme ; la thermodynamique et l'optique, et comporte un nombre significatif de questions consistant en des applications directes du cours. Les résultats donnés dans l'énoncé ont permis à une majorité de candidats de progresser sans répondre à toutes les questions ; les meilleures copies ont abordé les quatre parties du problème. Les poids respectifs en points des quatre parties étaient de 15%, 30%, 25% et 30%. Pour le barème final, 30% des points permettait d'obtenir la note 10/20. Cette épreuve a conduit à une bonne répartition des notes.

Les énoncés des deux principes de la thermodynamique ont souvent été confus ou erronés, on peut s'en étonner car il s'agit là d'une question de cours élémentaire. Par contre, l'application de ces principes pour établir la variation de l'énergie libre de Helmholtz a généralement été satisfaisante, mais il est vrai que le résultat était donné dans l'énoncé. Est-il nécessaire de rappeler que la connaissance du cours est un préalable essentiel ?

Une évolution spontanée est par nature irréversible ce qui impliquait la décroissance de l'énergie libre d'Helmholtz, puisque le système ne recevait pas de travail extérieur. En considérant par ailleurs un chemin réversible, on pouvait exprimer la variation de l'énergie libre (fonction d'état thermodynamique) ce qui conduisait à la condition d'évolution du système $(G(A,z)-w)dA < 0$, puis aux conditions d'équilibre thermodynamique. Tous les ingrédients de ce raisonnement fondamental étaient explicitement amenés par l'énoncé, cependant très peu de candidats sont parvenus à le construire de manière rigoureuse. De nombreuses démonstrations étaient incohérentes.

La description de l'expérience de rupture a souvent été laborieuse. Il s'agissait pourtant là d'une application relativement directe des résultats établis dans les deux parties précédentes. Il fallait dans cette partie faire preuve de synthèse.

La quatrième partie portant sur l'optique est principalement calculatoire et certains candidats ont su en tirer bénéfice. Cependant, seul un nombre infinitésimal de candidats est parvenu à établir la condition d'interférence. Les questions 34) et 41) qui nécessitent une approche plus intuitive ont souvent été négligées.

D'une manière générale, nous avons constaté que de nombreux candidats étaient certes capables de mener à bien des calculs, mais sans pour autant en maîtriser réellement le contenu physique. Les meilleurs candidats ont su associer avec intelligence argumentation physique et développement calculatoire.

Partie 1 : Formalisme thermodynamique du phénomène de rupture du contact adhésif entre deux solides

- 2) Les énoncés des deux principes ont souvent été imprécis ou erronés, les notions de système thermodynamique fermé, isolé sont mal comprises
- 6) Le rapport de deux variables extensives est intensif, encore fallait-il le justifier
- 7) Il fallait justifier que $\left(\frac{\partial U_E}{\partial z}\right)_A = P$
- 8) La signification physique des différents termes a souvent été confuse

Partie 2 : Etats d'équilibre thermodynamique du système

- 11) Beaucoup de réponses aberrantes : analogie avec une transformation quasi-statique, isotherme, isobare, ..., avec une détente de Joule
- 12) L'évolution spontanée est irréversible. De nombreux candidats ont choisi l'option réversible pour pouvoir répondre à la question suivante ! Certains ont évoqué le critère de Feynman pour justifier qu'une transformation spontanée est irréversible, Boltzmann ne semble pas avoir autant marqué leur esprit
- 21) Ce terme s'interprète comme la raideur du contact entre les solides, il est positif
- 23) Il s'agit d'un équilibre critique (le terme équilibre indifférent a parfois été employé) qui conduit au décollement complet sous l'effet d'une perturbation infinitésimale

Partie 3 : Exemple de rupture du collage entre deux lamelles de bois

- 24) L'énergie potentielle élastique du système correspond à l'énergie potentielle acquise par la flexion de la lamelle supérieure sur une longueur L sous l'action de la force de traction verticale P : $U_E = \frac{1}{2}Pz$ (on raisonne à longueur L fixée). On prend comme référence $U_E = 0$ lorsque la force de traction $P = 0$
- 25) Certains candidats sont parvenus au résultat en posant $dA = bdL$ au lieu de $dA = -bdL$. Cette supercherie a été sévèrement sanctionnée
- 29) à 33) Peu de candidats ont su décrire complètement l'expérience de rupture

Partie 4 : Mesure optique de l'épaisseur de la zone de contact adhésif entre deux solides transparents

34) Pour quelques candidats, le dispositif présenté ressemblait à un prisme, pour d'autres à des fentes d'Young. Une majorité de candidats ont cependant pensé au Michelson (faces parallèles) ou à l'interféromètre de Fabry-Pérot, et ont proposé une application judicieuse de ce dispositif

35) Le résultat a été généralement donné sans démonstration, c'est à dire sans préciser les conditions de continuité à l'interface

36) La vérification a souvent été omise ce qui aurait parfois pu permettre de corriger une erreur à la question précédente

37) Dans beaucoup de copies le calcul a été entamé puis ensuite admis pour passer à la suite. Un nombre significatif de points était pourtant attribué à la démonstration complète.