

Rapport du concours ENS-BCPST 2011

Épreuve écrite de Physique

ENS de Cachan, Lyon et Paris

Coefficients : **Cachan** : 4

Lyon : option Biologie 4 ; option Géologie 5

Paris : option Biologie 2 ; option Géologie 3

Membres du Jury : M. Berhanu, M. Castelnovo, B. Laforge, V. Langlois, X. Michaut, C. Winisdoerffer.

Description du sujet

Le sujet de Physique BCPST était divisé en trois parties indépendantes, traitant de problématiques liées à l'exploration de la planète Mars et faisant appel à différents thèmes du programme de BCPST.

Dans la première partie, on proposait l'étude de la propagation d'une variation de température dans le sol. Après avoir établi l'équation de la chaleur, les candidats étaient guidés pas à pas dans sa résolution en régime non-stationnaire et devaient calculer la profondeur de pénétration d'une variation thermique. La troisième sous-partie, plus calculatoire, menait à la détermination du déphasage entre la température de surface d'une planète et l'ensoleillement ; cette mesure étant ensuite exploitée pour déduire la taille des grains de sable sur le sol martien. Ce problème faisait appel aux connaissances sur les transferts thermiques, et nécessitait également de maîtriser la manipulation du formalisme complexe et des équations différentielles.

La deuxième partie concernait le fonctionnement d'un détecteur thermique utilisé par une sonde spatiale pour la mesure de la température de surface de Mars. Ce problème était divisé en deux sous-parties, la première concernant le dispositif thermique du bolomètre, et la seconde le dispositif d'amplification du signal électrique de sortie. La résolution de ce problème exigeait des candidats qu'ils effectuent des bilans énergétiques en faisant appel à l'analogie entre diffusion thermique et conduction électrique, et qu'ils maîtrisent les théorèmes de base de l'électrocinétique, ainsi que le fonctionnement d'un amplificateur opérationnel.

Enfin, la dernière partie s'intéressait à divers aspects mécaniques de la formation des dunes de sable dans les cratères martiens. Les candidats devaient d'abord calculer le profil de vitesses dans un vent turbulent en partant de l'étude d'un fluide newtonien en cisaillement simple ; aucune connaissance préalable sur la turbulence n'était exigée. La seconde sous-partie traitait de la trajectoire d'un grain de sable entraîné par le vent et nécessitait uniquement de s'appuyer sur le cours de mécanique du point. Elle menait à la comparaison entre dunes martiennes et terrestres. Enfin, on proposait dans la troisième sous-partie un modèle simplifié de la dynamique d'une dune. Les candidats étaient guidés pour effectuer un bilan de masse et déterminer la stabilité d'une position d'équilibre. Ce dernier problème ne demandait pas de connaissance particulière du cours mais n'a quasiment jamais été traité par les candidats.

Traitement du sujet par les candidats

La longueur du sujet ne permettait pas aux candidats de le traiter intégralement en 4 heures mais offrait une certaine variété dans les parties du programme abordées. Les résultats obtenus ont été assez hétérogènes, les meilleurs candidats ayant répondu à environ la moitié des questions. Dans l'ensemble, les questions en rapport avec le cours ont été bien traitées, tandis que celles qui nécessitaient des développements algébriques ont posé plus de problèmes. Les correcteurs ont constaté la présence de certaines difficultés récurrentes dans la résolution des questions par les candidats :

- L'utilisation du formalisme complexe, et la manipulation des nombres complexes en général ont posé beaucoup de difficultés. Très peu de candidats ont su trouver une solution à l'équation $z^2 = i$.
- Les applications numériques ont rarement été traitées (même sans calculatrice il était possible de calculer aisément l'ordre de grandeur du résultat). L'obtention d'un résultat numérique manifestement aberrant (comme pour la taille d'un grain de sable ou la masse volumique de l'atmosphère terrestre) devrait faire l'objet d'un commentaire.
- On note également un manque de rigueur dans la manipulation des expressions numériques, menant à des erreurs dans des calculs très simples, comme par exemple $10^{-3}/10^{-2} = 10$.
- Si la réponse à une question est une expression algébrique, celle-ci devrait être simplifiée autant que possible (en particulier en électrocinétique), ce qui peut aussi éviter certaines erreurs de calcul ultérieures.
- La formulation des questions de la partie 3.1 a pu dérouter les candidats. Cependant, les contraintes visqueuses ont souvent été exprimées comme proportionnelles à la vitesse et non au gradient de vitesse de l'écoulement.
- La lecture d'un graphique en échelle logarithmique (partie 3.2) s'est révélée extrêmement problématique, que ce soit pour repérer la valeur de la fonction en un point ou pour interpréter la présence et la pente d'une droite asymptote.
- À la question 27 qui demandait de comparer deux grandeurs numériques, on attendait des candidats qu'ils estiment le rapport entre les deux, et non qu'ils se contentent d'affirmer que l'une était supérieure à l'autre.