

ENS : PARIS LYON CACHAN

Durée : 4 h.

Coefficients :            CACHAN : 4  
                                 LYON : option Biologie 4 ; option Géologie 5  
                                 PARIS : option Biologie 2 ; option Géologie 3

MEMBRES DE JURY :

M. Berhanu, M. Castelnovo, B. Laforge, F. Léger, X. Michaut, C. Winisdoerffer

---

### **Description du sujet**

Le sujet de Physique BCPST organisé en deux grandes parties portait sur l'utilisation de deux sources naturelles et abondantes d'énergie renouvelables que sont le vent (partie I) et le rayonnement solaire (partie II). Pour chacun des systèmes étudiés, le but était de mettre en évidence les paramètres permettant d'optimiser le rendement de conversion de l'énergie brute en énergie électrique. Ce sujet couvrait une grande part du programme de BCPST (statique des fluides, mécanique des fluides, mécanique, optique, bilan énergétique, thermodynamique, électrocinétique). Tout au long du problème le candidat était confronté aux notions de puissance énergétique et de flux d'énergie. De nombreuses applications numériques étaient demandées et permettaient de replacer les problèmes dans un contexte réaliste. Le sens physique du candidat était évalué à travers certaines questions moins classiques, nécessitant parfois de faire preuve d'ouverture et d'originalité.

Dans la première partie, l'étude de l'éolienne aboutissant à l'établissement de la loi de Betz était traitée en 16 questions. Grâce à l'étude de la conservation de la quantité de mouvement du système vent-éolienne et le bilan énergétique entre l'entrée et la sortie, les candidats pouvaient déterminer la vitesse optimale du flux d'air et en déduire le rendement maximal que peut fournir l'éolienne. Le problème se terminait sur des considérations physiques concernant la validité des approximations faites.

La deuxième partie était subdivisée en 3 sous partie. Dans un premier temps (17 questions), les candidats devaient déterminer l'énergie solaire récupérable au niveau du sol après traversée de l'atmosphère. Le spectre solaire observé au niveau du sol permettait de déterminer différents paramètres du Soleil comme la température moyenne de sa surface. L'étude de ce spectre permettait également de déterminer l'énergie lumineuse totale disponible au niveau du sol. Les phénomènes à l'origine de l'atténuation de la lumière au cours de la traversée de l'atmosphère terrestre (absorption, diffusion Rayleigh, diffusion de Mie) étaient traités dans un modèle simplifié. Une étude de l'atmosphère permettait de déterminer l'importance de l'absorption de la lumière par l'eau notamment dans l'infrarouge et ce malgré un temps clair. Dans un deuxième temps (14 questions), les candidats devaient déterminer les caractéristiques d'un réflecteur optique (parabole) utilisé pour concentrer la lumière sur un absorbeur permettant de chauffer un gaz dans un moteur Stirling. Le cycle du moteur Stirling simple supposé réversible était traité complètement. Le rendement électrique obtenu avec ce système prenant en compte le rendement mécanique-électrique devait être déterminé. La fin du problème était dédiée à l'amélioration du rendement en utilisant un échangeur de chaleur adapté. Finalement (4 questions), le dernier problème proposait d'utiliser une cellule photovoltaïque. Un schéma

électrique équivalent était proposé et les candidats devaient choisir les approximations adéquates pour décrire le système et le rendement de conversion. La dernière partie du problème permettait de comparer les deux méthodes solaires. Cette dernière partie n'a quasiment pas été traitée (ou bien très superficiellement), par les candidats, sans doute par manque de temps.

### **Traitement du sujet par les candidats**

L'épreuve assez longue, ne pouvait pas être terminée dans le temps imparti. Elle permettait néanmoins de tester les candidats sur une grande partie du programme. Elle comportait des questions de difficulté très variables, certaines très proches du cours, d'autres plus originales. Un candidat ayant traité en profondeur et correctement les trois premières parties, obtenait une note supérieure à 10. L'épreuve a permis de classer correctement les candidats, avec une moyenne des notes se situant à 9 et un écart-type de 3,5 tout en dégageant un groupe raisonnable de candidats en tête de l'épreuve permettant une bonne discrimination des candidats.

### **Commentaires généraux**

Le candidat doit faire l'effort de lire attentivement l'intégralité des questions posées pour éviter de donner une réponse partielle. Le jury a récompensé les candidats ayant mené correctement les différentes applications numériques accompagnées de l'unité correcte.

Dans la première partie, le jury tient à souligner la difficulté rencontrée par un trop grand nombre d'étudiants dans l'écriture correcte d'un bilan infinitésimal que ce soit d'énergie ou de quantité de mouvement. Dans la question 7, la majorité des étudiants n'a pas utilisé correctement l'équation d'Euler en prenant comme force extérieure la force de l'air sur l'éolienne (au lieu de la force de l'éolienne sur l'air) alors que le système étudié était le fluide (l'air). Par ailleurs, il est apparu que les conditions d'application du théorème de Bernoulli sont approximatives dans un trop grand nombre de copies. La détermination de la situation optimale de transfert d'énergie a été très rarement associée avec un calcul de dérivée montrant que peu de candidats sont capables de mobiliser leur connaissance des propriétés de l'extremum d'une fonction dans un contexte physique.

Dans la seconde partie, l'optique géométrique a été traitée correctement par un nombre extrêmement faible de candidats démontrant une difficulté à construire les rayons d'intérêt se propageant au travers d'un miroir sphérique. La partie correspondant au calcul du travail et de la quantité de chaleur échangée dans le diagramme de Clapeyron a montré qu'une fraction importante de candidats avait du mal à mener à bien ce type de calcul sans erreur. La partie électrocinétique a été très peu abordée et les candidats l'ayant abordée ont le plus souvent écrit des formules fausses.