
Banque Inter-ENS BCPST - SESSION 2012
EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE

ENS : CACHAN LYON PARIS

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, I. Bonnet, M. Castelnovo, B. Laforge, V. Langlois, X. Michaut, C. Winisdoerffer

Description du sujet

Le sujet de Physique BCPST portait sur la thématique des énergies renouvelables.

Il s'agissait sur plusieurs exemples de telles sources d'énergie, d'établir l'ordre de grandeur du potentiel énergétique disponible, puis d'étudier plus en détail, une application dans le cadre de la production d'électricité. Constitué de six parties totalement indépendantes, ce sujet couvrait une grande part du programme de BCPST (électrocinétique, statique des fluides, mécanique des fluides, thermodynamique et mécanique du point). Néanmoins tout au long du problème le candidat était confronté aux notions de puissance énergétique et de flux d'énergie. De plus de nombreuses applications numériques demandées avec un seul chiffre significatif, permettent de quantifier les phénomènes physiques en jeu, ce qui est nécessaire dans le dimensionnement de dispositifs récupérateurs d'énergie. Enfin le sens physique du candidat est évalué à travers certaines questions moins classiques, nécessitant parfois de faire preuve d'ouverture et d'originalité.

Dans la première partie, on évalue l'ordre de grandeur des flux d'énergie des deux principales ressources d'énergie renouvelable parvenant sur Terre, à savoir l'énergie géothermique et l'énergie solaire. L'ordre de grandeur obtenu est confronté aux besoins énergétiques. La deuxième porte sur le transport de l'énergie électrique en régime sinusoïdal forcé. Des résultats classiques, mais ne faisant pas partie du programme de BCPST, sont démontrés en utilisant le formalisme complexe. La troisième partie, la plus longue, aborde la production d'énergie hydroélectrique. On étudie d'abord, l'équilibre hydrostatique d'un barrage, puis la dynamique de l'écoulement de vidange entre la retenue et la sortie du barrage. Enfin on évalue la puissance mécanique disponible en effectuant un bilan de quantité de mouvement sur une turbine. La quatrième partie traite de l'énergie éolienne. Un modèle simplifié d'éolienne permet de déterminer son rendement maximal, à partir d'un bilan de quantité de mouvement. On essaie de plus d'évaluer l'effet de la variabilité du vent. Dans la cinquième partie, on envisage un cas d'utilisation de l'énergie solaire dans une machine thermique à air chaud en cycle ouvert. Enfin dans la sixième partie on étudie le potentiel de l'énergie des vagues et sa récupération à partir du mouvement d'un pendule à l'intérieur d'un flotteur. 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 variable, 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. Du fait de la présence de plusieurs questions faciles qui ont été résolues par la grande majorité des candidats, on a pu constater un plus petit nombre de très mauvaises copies par rapport à l'année précédente. L'épreuve a permis cependant de classer correctement les candidats. La moyenne et l'écart type des notes sont respectivement de 8,98 et 3,80.

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. En revanche les correcteurs ont pénalisé la malhonnêteté dans les calculs, lorsque le candidat veut faire croire qu'il a retrouvé le résultat demandé dans l'énoncé. Il en est de même pour des commentaires incohérents par rapport au contenu de la copie, mais qui tentent de s'approcher de la supposée bonne réponse. De plus il est nécessaire dans les démonstrations, de présenter clairement les différentes étapes et d'énoncer les justifications. Le candidat doit aussi vérifier constamment l'homogénéité des résultats obtenus, pour éviter des erreurs importantes. De même des raisonnements simples permettent de retrouver certaines fautes de signe. Enfin le jury constate parfois un manque important de rigueur dans la présentation comme par exemple le mélange dans une même ligne de grandeurs littérales avec des valeurs numériques. Dans une application numérique, le calcul doit être d'abord mené à bout algébriquement et c'est seulement à la dernière étape que les grandeurs doivent être remplacées par leurs valeurs numériques.

Commentaires par questions.

Q1) Beaucoup de candidats oublient que le gradient thermique s'exprime en Kelvin par mètre.

Q5) Quasiment aucun candidat n'a compris qu'il fallait projeter le flux solaire, en fonction de la position angulaire du Soleil par rapport au sol durant la journée.

Q7) Un nombre insuffisant de candidats donne la justification nécessaire à savoir que l'intégrale sur une période d'une fonction périodique de moyenne nulle vaut zéro. Certains candidats ont retrouvé ce résultat par le calcul.

Q8) Pour cette question et les suivantes, de nombreux candidats ont cherché à éviter d'utiliser le formalisme complexe au prix de fastidieux calculs de trigonométrie ayant rarement abouti. Cette démarche et d'autres erreurs rencontrées dans les copies, montrent comme les années précédentes des lacunes importantes dans la manipulation des nombres complexes.

Q10) Le jury regrette que l'électrocinétique ait été majoritairement mal traitée. Ainsi les candidats éprouvent des difficultés à établir les relations demandées, alors que le circuit ne comporte qu'une seule maille.

Q18) En dépit de la question précédente, lors du calcul des forces de pression sur le barrage, la pression n'est souvent pas intégrée en fonction de l'altitude.

Q22) Les hypothèses de la relation de Bernoulli sont rarement énoncées de manière satisfaisante. Cette relation est valable dans le cas stationnaire le long d'une ligne de courant et pour des écoulements incompressible à grand nombre de Reynolds (pour que la dissipation visqueuse soit négligeable).

Q25) De nombreux candidats ont oublié que le débit volumique dépend du temps, dans le cas de la vidange.

Q28) On demandait dans cette question de démontrer le théorème d'Euler, relatif aux systèmes ouverts en faisant un bilan de quantité mouvement unidimensionnel dans le système fermé en tenant compte des flux de quantité de mouvement entrant et sortant. Les démonstrations ont rarement été satisfaisantes. Des remarques analogues s'appliquent aux questions Q33) et Q39)

Q34) La relation de Bernoulli n'est pas valable à la traversée de l'hélice de l'éolienne, car on ne peut pas définir une ligne de courant traversant l'hélice. En suivant les indications de l'énoncé, on évitait cette erreur.

Q38) Cette question n'a jamais été réussie. Des candidats croient reconnaître dans la distribution de probabilité f , une fonction gaussienne, alors que la normalisation montre que f n'est pas définie pour les valeurs négatives.

Q42) Exprimer préalablement le rendement en fonction des différentes températures permettait de trouver rapidement le résultat attendu.