

Composition de Physique, Filière MP (XULCR)

Le sujet s'intéressait à la thermodynamique de l'atmosphère. L'épreuve comportait trois parties largement indépendantes, abordant trois problématiques complémentaires. La première partie développait un modèle classique pour évaluer le gradient de température atmosphérique en tenant compte des propriétés thermodynamiques et de l'instabilité mécanique des gaz parfaits. La seconde partie établissait un résultat fondamental des machines thermiques endoréversibles, le rendement de Curzon Ahlborn, pour évaluer la vitesse moyenne des vents sur Terre. La troisième partie, consacrée aux changements d'états, étudiait les conditions favorisant la formation de gouttelettes d'eau à partir de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère.

Les candidat.e.s ont tiré parti de l'indépendance des parties pour éviter de rester bloqué.e.s sur une question difficile. L'épreuve a été bien réussie en moyenne, et plusieurs copies ont obtenu la note maximale.

La moyenne des 1380 candidats français est de 10,46 avec un écart-type de 3,48

La moyenne des 456 candidats étrangers est de 7,59 avec un écart-type de 3,55.

Quelques remarques générales :

- * Il est important d'apporter un soin suffisant aux applications numériques.
- * Lorsque la formule à laquelle on doit parvenir est donnée, les correcteurs sont particulièrement attentifs à la rigueur de la démonstration.
- * Les questions qualitatives ne doivent pas donner lieu à une simple reformulation de la question. Il n'est pas possible au correcteur de compter une réponse juste lorsqu'une chose et son contraire sont écrites.

Remarques question par question :

- Question 1 : l'application numérique de cette question était le plus souvent correcte, mais trouver des températures de 2,5K ou de $2,5 \cdot 10^4$ K devrait amener à s'interroger.
- Question 2 : le calcul pouvait être mené en considérant un bilan d'énergie sur les surfaces absorbantes (atmosphère, surface) ou un bilan de flux sur des surfaces de contrôle virtuelles (au-dessus de l'atmosphère, en dessous de l'atmosphère). En revanche, certaines copies ont confondu l'éclairement solaire I avec le flux émis par la Terre, ou ont considéré que la Terre émettait le même flux que dans la question précédente. L'effet mis en évidence est l'effet de serre et non le réchauffement climatique, même s'il est exact que les gaz à effet de serre contribuent au réchauffement climatique.
- Question 3 : les constituants majoritaires de l'air sont généralement connus, mais il était rare de lire qu'il s'agit de di-azote et di-oxygène. En conséquence, le calcul de la masse molaire du mélange n'était correct que dans 20% des copies
- Question 4 : dans beaucoup de copies, une hypothèse isotherme pour estimer le profil de pression ; puis une hypothèse isobare ont été faites implicitement, conduisant à un résultat faux : le modèle isentropique implique une variation de la pression et de la température. Une température qui croît avec l'altitude, n'a semble-t-il, pas choqué certain.e.s candidat.e.s, pas plus que des gradients de l'ordre du Kelvin par mètre, impliquant des différences de températures de plusieurs degrés entre la tête et les pieds...
- Question 5 : certaines copies trouvent un gradient de plusieurs dizaines de degrés par mètre, sans se rendre compte du problème. D'autres donnent un résultat positif, ou une valeur numérique sans unité.
- Question 6 : on a parfois vu $(p_i / p_f)^{(-R/c_p)}$ devenir $(p_f / p_i)^{(-c_p/R)}$ au lieu de $(p_f / p_i)^{(R/c_p)}$
- Question 7 : pour justifier le mouvement ultérieur de la parcelle, et la stabilité de l'atmosphère, il faut un argument mécanique rigoureux. Une pression plus élevée ou plus basse ne permet pas à elle seule de conclure, il faut considérer la résultante des forces de pression, c'est à dire la poussée d'Archimède, qui doit être comparée au poids. In fine, c'est donc la densité de la parcelle qui dicte l'évolution de son mouvement.
- Question 8 : comme évoqué dans l'énoncé avant de débiter la question 6, l'enjeu des questions 6 à 8 était précisément de justifier la pertinence du modèle isentropique. Il convenait donc de bien distinguer la parcelle de fluide étudiée subissant une transformation isentropique et son environnement, dont on démontre qu'il suit le profil d'une atmosphère isentropique. Ceci pouvait être conduit grâce à un développement limité du résultat de la question 6 permettant de retrouver la valeur du gradient du modèle isentropique.
- Question 9 : le calcul d'un simple gradient a parfois donné lieu à des valeurs étonnantes, comme des gradients infinis dans la partie de haute altitude.
- Question 10 : très peu de copies ont noté la différence d'échelle entre les deux figures. Le gradient des basses couches atmosphériques est deux fois plus faible que dans la question 9.

- Question 11 : il est étonnant de constater la fréquence élevée avec laquelle les arcs-en-ciel ont été évoqués. Nous avons aussi été surpris par l'évocation de mirages, de cyclones ou d'aurores boréales...
- Question 14 : il fallait bien interpréter l'énoncé : on a vu souvent $x_v=1$ (et parfois $x_v=100$!!!) pour $z=h$
- Question 16 : un nombre préoccupant de copies imagine que la différence de température entre l'équateur et les tropiques serait due à la différence de distance au Soleil. On a ainsi lu dans plus de la moitié des cas "à l'équateur, on est plus proche du soleil". La Terre est aussi souvent considérée comme "plus plate à l'équateur".
- Question 17 et 18 : beaucoup de copies confondent la condition d'équilibre ($dG = 0$) avec la condition $G = 0$ (qui ne correspond à rien). Une confusion dans la définition des grandeurs molaires a souvent été constatée (bien que les candidat.e.s invoquent l'extensivité de G): $G = n_l * G_{m,l} + n_v * G_{m,v}$ et non $G = x_l * G_{m,l} + x_v * G_{m,v}$
- Question 22 : Des valeurs absolues fleurissent dès lors que le signe des quantités physiques manipulées n'est pas maîtrisé.
- Question 24 : L'évocation de l'effet Joule en lieu et place de la loi d'Ohm a parfois conduit à des expressions erronées quadratiques en température.
- Question 26 : l'entropie échangée dépend de la température du thermostat avec lequel la chaleur est échangée. Vue la définition du système F, l'échange de chaleur a lieu aux températures T_1 et T_2 , et non T_c et T_f .
- Question 29 : l'équation $(2X-1)^2=1$ admet a priori 2 solutions, et un argument doit être donné pour exclure l'une des deux.
- Question 31 : pour traiter cette question peu abordée par les candidat.e.s, le système devait être correctement défini
- Question 35 : une expression différentielle doit comparer des termes d'ordre comparable. La présence d'un terme en σA (au lieu de σdA) dans l'expression de dG s'apparente à une faute d'homogénéité.