



RAPPORT DE L'ÉPREUVE ÉCRITE : PHYSIQUE

Dans ce document, le mot « candidat » (au masculin) désigne aussi bien les candidates que les candidats.

Introduction

Le sujet traitait de différents aspects des cheveux de Pélé : leur formation, leur solidification et enfin leur transport sur de grandes distances grâce au vent. Pour cela, le sujet s'appuyait sur deux grands domaines de la physique : la mécanique et la thermodynamique. Beaucoup de questions étaient posées de manière classique et les candidats pouvaient retrouver dans plusieurs parties des questions proches du cours. Le sujet comportait quelques documents contenant des photographies ou des représentations graphiques qui pouvaient être exploités pour répondre à certaines questions.

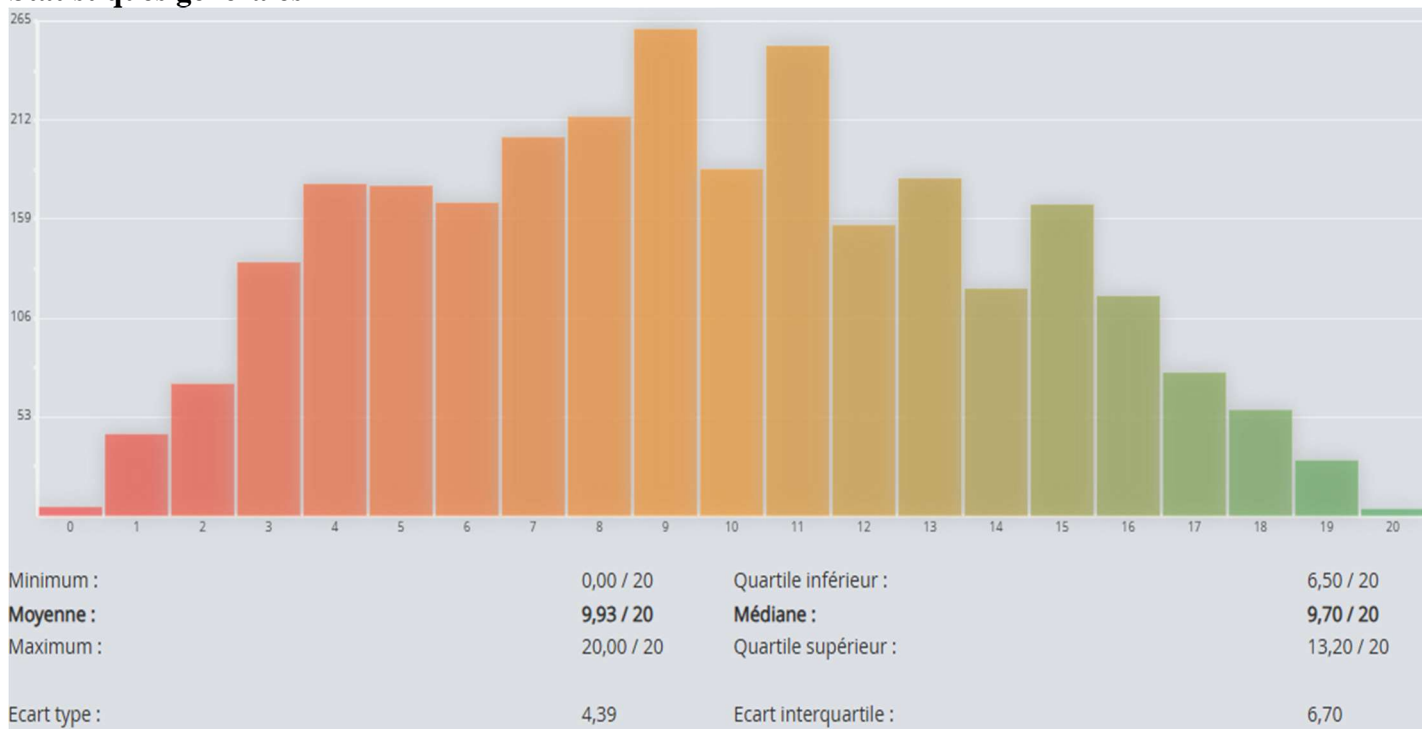
Le sujet était d'une longueur adaptée à la durée de l'épreuve. La majorité des candidats ont ainsi eu le temps de lire et de réfléchir à toutes les questions du sujet. Les meilleurs candidats sont d'ailleurs parvenus à traiter correctement l'intégralité du sujet.

La première partie du sujet était originale mais était abordée de manière très progressive, elle a donc été très souvent traitée. Les deux parties suivantes étaient plus classiques et une bonne maîtrise du cours permettait de les traiter correctement.

Le sujet permettait à la fois de récompenser les candidats ayant une bonne maîtrise générale du programme, qui ont pu obtenir de bonnes notes, et de classer avec finesse les meilleurs candidats sur la base de questions plus difficiles, plus ouvertes, voire plus originales.

Le barème a été conçu de manière à garantir une bonne répartition des points entre les différentes compétences de la démarche scientifique.

Statistiques générales



Les statistiques montrent que le sujet a participé de manière très satisfaisante au classement des candidats, utilisant toute l'échelle de notation, avec un écart-type et un écart interquartile importants. Plus de quatre cents candidats obtiennent une note supérieure à 15/20 et démontrent ainsi une très bonne maîtrise de la démarche scientifique et des notions au programme. Le jury félicite ces candidats et formule le souhait que ces statistiques encouragent les candidats des années futures : obtenir une bonne note à cette épreuve est tout à fait réalisable, grâce à un travail régulier de la physique tout au long des deux années de classes préparatoires.

Commentaires généraux

- Les copies démontrent un travail sérieux et régulier de la physique de la majorité des candidats. Il y a un investissement évident dans la discipline. Les questions de cours ne donnent pas toujours lieu à l'attribution de la totalité des points car le jury récompense davantage les candidats faisant preuve d'une rigueur irréprochable que ceux qui fournissent une réponse partielle ou imprécise. Dans l'ensemble, les concepts physiques sont bien connus des candidats.
- Les copies restent dans l'ensemble bien présentées, avec un usage raisonné de la couleur pour encadrer les résultats et souligner les points importants. Le plus souvent, la rédaction est correcte. Les rares candidats qui rédigent à la hâte, abusent des abréviations, n'écrivent pas sur les lignes ou ne maîtrisent pas suffisamment la langue française sont pénalisés.
- Les correcteurs ont remarqué cependant que le nombre de copies manquant de soin avait augmenté :
 - Pour quelques candidats, heureusement rares, la maîtrise de la langue est défaillante au point de rendre quelquefois incompréhensible l'argumentation scientifique. Ces candidats auraient sans doute gagné à opter pour des formulations plus simples de leurs idées.
 - Certains candidats traitent les questions dans le désordre au-delà du raisonnable, ou ne numérotent pas les questions. S'il est légitime de revenir parfois en arrière ou d'aborder une question que l'on avait préalablement passée, en faisant clairement état d'une numérotation conforme au sujet, il n'est pas acceptable que le correcteur ait à chercher des réponses dans un enchaînement qui ne respecte d'aucune façon la progression de l'énoncé – et cela est sans doute, de surcroît, préjudiciable à la bonne compréhension du sujet par le candidat.
- Les candidats prennent trop rarement l'initiative de représenter la situation par un schéma clair, suffisamment grand, qui permet au correcteur de suivre la démonstration et au candidat d'économiser de longues explications descriptives. Les schémas clairs, en couleurs et proprement légendés sont valorisés dans l'évaluation de la copie. Par ailleurs, répondre en s'appuyant sur un schéma est parfois plus efficace et clair qu'une suite de phrases.
- Lorsqu'un résultat est fourni dans l'énoncé (ou connu par cœur) et qu'un candidat cherche à l'obtenir de manière non rigoureuse, et quelquefois malhonnête, cela ne donne lieu à l'attribution d'aucun point. Cette démarche doit être absolument proscrite. Au contraire, si l'on ne trouve pas le résultat que l'on aurait voulu obtenir, on peut très brièvement écrire que l'on n'a pas réussi à aboutir au résultat souhaité.
- Les critères de validation d'un résultat (homogénéité, dépendance en les différents paramètres, sens physique, etc) constituent une manière efficace pour un candidat de vérifier ses résultats. Même s'ils ne sont pas explicitement demandés, ces critères de validation permettent indirectement de récolter plus de points dans le barème. En effet, une grossière erreur facilement détectable à la question numéro n impactera nécessairement les questions suivantes. À l'inverse, une erreur non détectable facilement n'impactera que très peu les questions suivantes.
- Après deux années d'études supérieures scientifiques, il n'est pas normal de fournir dans une copie de concours des résultats non homogènes, ou des égalités du type « un scalaire = un vecteur ». Les candidats doivent acquérir le réflexe de vérifier qu'ils n'ont pas commis ce type d'erreurs, souvent simples à déceler, et qui parfois se répètent dans les copies.
- L'interprétation physique des résultats des calculs, quand elle est présente, permet souvent de lire des remarques très pertinentes dans les copies. Ces remarques, qui doivent rester brèves et précises, sont valorisées. Il faut

souvent préférer un commentaire physique relativement simple à une explication très élaborée et pas toujours juste. Pour mieux cibler leur réponse, les candidats doivent s'appuyer sur les éléments de contexte fournis par le sujet. Les candidats doivent s'attacher à vérifier la cohérence des ordres de grandeur obtenus.

Remarques particulières

1. L'unité SI ou la dimension de la tension de surface était à détailler. Les rédactions trop succinctes ou mélangeant dimensions et unités SI ont été pénalisées.
2. Cette question n'a pas posé de difficulté notable.
3. Il suffisait d'invoquer le caractère fermé et incompressible du système pour répondre correctement. Les rédactions invoquant un système ouvert avec un bilan de masse ont souvent été très confuses et n'ont pas été valorisées.
4. Certains candidats devinent les résultats demandés par homogénéité ou bien en regardant le résultat donné dans la question suivante. Ces démarches ne constituent pas des raisonnements et ne récoltent donc qu'une faible proportion des points du barème.
5. Question correctement traitée par les candidats ayant obtenus les résultats de la question précédente.
6. Cette question a illustré que les raisonnements par loi d'échelle ne sont absolument pas maîtrisés par les candidats.
7. La conversion de V_0 des mm^3 en m^3 a trop souvent été mal réalisée. Par ailleurs, obtenir $\tau_a < \tau_c$ puis commenter : « le temps caractéristique des effets capillaires est plus long que le temps caractéristique relatif à l'inertie du vent » ne constitue pas un commentaire pertinent (c'est une simple reformulation de l'inégalité $\tau_a < \tau_c$).
8. Cette question pouvait être abordée indépendamment des questions précédentes. Elle a souvent été correctement traitée. L'erreur de conversion sur V_0 a parfois conduit à une application numérique aberrante qui aurait dû être détectée.
9. Lorsqu'une discussion sur la crédibilité d'un modèle est demandée, une réponse argumentée est attendue (et pas simplement : « le modèle est vérifié » ou « le modèle n'est pas vérifié »). Pour cela, il était pertinent d'utiliser les figures du sujet par exemple. Les candidats ne doivent pas hésiter à remettre en cause certains aspects de la modélisation.
10. Cette question relevant de l'analyse du document a été particulièrement bien traitée.
11. Une majorité de candidats est capable d'écrire une loi dimensionnellement correcte. Cependant, le signe est trop souvent incorrect ce qui illustre le manque de rigueur sur la convention d'algèbrisation proposée par l'énoncé.
12. L'énoncé demandait explicitement la valeur numérique du rapport S_{lat}/S (ou S/S_{lat}) ; il est donc dommage que les candidats n'aient pas cherché la valorisation qui en découle. Par ailleurs, le jury note trop d'inversion entre les deux surfaces.
13. Le fait que l'équation différentielle soit donnée ne justifie pas une rédaction hasardeuse voire parfois malhonnête.
Le premier principe infinitésimal appliqué à un système explicité n'est que rarement bien formulé. De trop nombreux candidats confondent la situation avec un problème de diffusion thermique.
14. Trop de candidats n'arrivent pas à identifier le temps caractéristique, répondant son inverse.
15. Cette question, qui ne nécessitait pas d'avoir traité les questions précédentes n'a pas posé de difficulté notable.
16. En général, lorsque la question précédente était correctement traitée, la question 16 l'était également. L'application numérique n'a pas posé de difficulté particulière.
17. Le bilan d'énergie (ou le premier principe) lors du changement d'état n'a pas été bien traité par la plupart des candidats.
18. Cette question de représentation graphique était fortement valorisée dans le barème. Hélas elle a été trop rarement traitée intégralement; en particulier les constructions de τ et de T_a ont souvent posé problème.
19. Beaucoup de candidats comparent les temps obtenus comme s'il s'agissait de deux modèles différents entre parties I et II pour décrire le même phénomène. Ceci donne lieu à des commentaires du type « le nouveau modèle est plus satisfaisant » qui illustrent un manque d'appropriation du sujet. À l'inverse, certains candidats démontrent une bonne appropriation du sujet en précisant que puisque $t_{tot} \gg \tau_a$ et τ_c , les cheveux de Pélé ont le temps de se déformer avant de se solidifier.
20. Les lois d'échelle proposées par les candidats étaient très souvent homogènes mais la longueur caractéristique n'était souvent pas pertinente.
21. Lorsque les critiques formulées par les candidats sont trop vagues, elles ne peuvent pas être valorisées. Cependant, les candidats prenant le temps de réfléchir à la question et à leurs explications proposent en général

- des critiques pertinentes (non prise en compte du rayonnement, forme du solide qui n'est pas toujours un cylindre idéalisé, etc).
22. Une bonne partie des candidats réussit correctement cette question classique. Par contre, ceux qui se trompent le font souvent lourdement : projections aberrantes, « force de poussée » avec $\vec{v}_0$ traitée comme une force, etc.
 23. La méthode est en général connue et correctement appliquée. Quelques candidats proposent des équations de trajectoires aberrantes (équation non homogène ou bien y strictement croissante avec x) ; ces erreurs facilement détectables doivent inciter les candidats à vérifier les résultats de la question précédente.
 24. Question correctement traitée par les candidats ayant les résultats de la question 22 et/ou de la question 23.
 25. Le temps de vol ainsi que l'application numérique associée sont régulièrement corrects mais le commentaire est régulièrement inexistant ou non pertinent.
 26. De très nombreuses erreurs sur le nombre de Reynolds et donc sur l'application numérique qui en découle. La masse volumique et la viscosité dynamique à considérer sont celles de l'air (et non celles de la lave). Le jury a fait preuve de bienveillance concernant l'utilisation de la longueur caractéristique de l'écoulement (R , $2R$ ou L). Enfin, les conclusions sont parfois non cohérentes avec l'application numérique trouvée.
 27. Le nombre de Reynolds obtenu à la question 26 est régulièrement comparé à 2000, la valeur du nombre critique pertinent dans la situation étudiée étant alors souvent ignorée.
 28. La complétion de la ligne 8 est souvent juste (par mimétisme avec la ligne 7). Par contre, l'écriture de la ligne 10 est très souvent fautive puisqu'il fallait avoir assimilé la méthode d'Euler pour pouvoir répondre correctement.
 29. La condition d'arrêt (while $y \geq 0$) est correctement expliquée mais sa remise en question (puisque le projectile part du sommet du volcan) n'est pas toujours évoquée. Un schéma permettait ici de répondre de manière efficace et claire.
 30. L'interprétation des trajectoires du document 2 est souvent correcte. Par contre, le transport sur plusieurs kilomètres est souvent justifié sans aucun argument physique. Ainsi une réponse du type « les cheveux sont légers donc ils sont transportés par le vent » n'est pas satisfaisante.
 31. Les résultats étant donnés, une rédaction rigoureuse était indispensable. Par exemple, il fallait évoquer que $\|\vec{v} - \vec{u}\| \neq 0$ pour conclure sur $v_{x,\infty}$. Aboutir à $v_{y,\infty}^2 = \frac{-g}{k}$ (nécessairement faux) et en déduire que $v_{y,\infty} = -\sqrt{\frac{g}{k}}$ n'est pas acceptable.
 32. Cette question pouvait être traitée de différentes manières. Les différentes méthodes ont été notées avec le même nombre de points dans le barème.
 33. Le calcul de la pente par lecture graphique a été réalisé correctement par les candidats traitant cette question. Par contre, la condition sur la vitesse du vent n'a quasiment jamais été obtenue.

Conseils aux candidats pour les sessions à venir

- Un haut degré de maîtrise du cours des deux années du programme officiel de BCPST est une condition indispensable à la réussite des épreuves d'admissibilité en physique-chimie. Connaître son cours de physique n'est pas un exercice de mémorisation par cœur. Les candidats doivent s'assurer d'avoir bien assimilé la démarche scientifique propre à chaque partie du cours, à saisir les étapes-clés des raisonnements et des démonstrations.
- Les candidats sont invités à répondre précisément aux questions en fonction de leur formulation : le verbe « donner » signifie qu'aucune justification n'est attendue, à l'inverse d'autres verbes comme « établir », « démontrer », etc.
- Afin de se voir attribuer la totalité des points aux réponses abordées, il est primordial de répondre en exposant brièvement **l'argumentation scientifique** (par exemple les hypothèses faites, les lois utilisées, les simplifications envisagées) avant le **développement des calculs**. Un résultat non justifié est susceptible de ne rapporter aucun point ou une fraction très faible des points attribués à la réponse. Lorsque le résultat à établir est donné dans l'énoncé, le jury est très attentif à voir figurer sur la copie toutes les étapes de démonstration ; aucune tentative malhonnête de parvenir au résultat final sans démonstration claire n'est jamais récompensée.
- Afin de parvenir à une bonne maîtrise de la discipline, les candidats doivent s'atteler, au cours de leurs deux années de préparation, à s'interroger sur le sens des outils mathématiques qu'ils emploient et l'importance de les utiliser **avec rigueur**.
 - Dans une égalité, un vecteur ne peut pas être égal à un scalaire.

- Il faut être plus vigilant quant aux signes : la norme d'un vecteur ne peut être négative, mais les coordonnées de ce vecteur dans une base peuvent l'être.
 - Dans une intégrale, l'écriture de l'élément différentiel est indispensable (et, la plupart du temps, cet élément différentiel participe à l'homogénéité de la relation).
 - Il faut posséder un certain nombre de notions géométriques de base utilisées en sciences expérimentales, et notamment expressions des périmètres, aires et volumes que l'on rencontre usuellement.
- Lorsque l'on trouve un résultat incohérent (valeur numérique aberrante par exemple) et qu'on ne parvient pas à déceler son erreur, il est recommandé de signaler brièvement que le résultat obtenu n'est pas satisfaisant afin de montrer son recul.

Conclusion

Nous espérons que ce rapport encouragera les candidats des futures sessions à reproduire, dans leur préparation en physique, les nombreux aspects positifs soulignés dans ce rapport. Nous les encourageons à réaliser les ajustements nécessaires pour que les fragilités évoquées soient moins présentes dans les copies à l'avenir. Que tous les candidats soient convaincus que le succès à cette épreuve est à leur portée. Nous leur souhaitons une très bonne préparation !