

1/ REMARQUES GÉNÉRALES

Le sujet était constitué d'un problème sur le thème unique de la physique dans le vivant et comprenait trois parties indépendantes. Il abordait de nombreuses thématiques, essentiellement de deuxième année. La première portait sur les capacités remarquables d'adhérence du gecko sur des surfaces solides (électrostatique et mécanique du point). La seconde portait sur les transferts thermiques d'un manchot empereur (thermodynamique et diffusion thermique). La troisième portait sur des exemples indépendants de comportements de fluides et d'interfaces fluides (tension superficielle, mécanique des fluides, optique ondulatoire).

Le sujet était d'une longueur raisonnable puisqu'une majorité de candidats l'a abordé dans l'ordre et dans son ensemble. Il alternait entre des démonstrations proches du cours, des analyses physiques qualitatives, des applications numériques, des questions plus calculatoires de technicité mathématique toutefois modérée et une question du type « résolution de problème ». Plusieurs résultats intermédiaires étaient fournis permettant à chaque candidat de pouvoir s'exprimer sur les questions qui suivaient.

Le sujet comportait de nombreuses applications numériques, certes parfois longues à réaliser (Q16) mais valorisées dans le barème et qui étonnamment se sont révélées souvent fausses. Cela semble dénoter un manque d'habitude des candidats, considérant ces applications numériques comme des questions annexes sans difficultés qu'ils sauront toujours faire. La correction de l'épreuve a montré le contraire, la source principale d'erreurs étant une mauvaise maîtrise des conversions d'unités. Nous rappelons à ce sujet qu'aucun point ne peut être attribué à tout résultat numérique donné sans une unité correcte.

Les questions proches du cours (Q2 à Q4, Q10 et Q11, Q32) ont été très discriminantes et montrent une grande disparité de connaissance et de maîtrise du cours de physique. Nombreux sont les candidats qui manipulent des grandeurs et utilisent des termes physiques sans en connaître le sens. La méconnaissance de la signification du vecteur densité de courant thermique (Q10) ne peut pas conduire à établir un bilan de façon rigoureuse (Q12).

Les développements calculatoires restent une source de difficulté majeure pour les candidats : erreurs fréquentes de signe, absence de simplifications des expressions littérales, développements limités et manipulation des opérateurs vectoriels différentiels non maîtrisés, expressions littérales non homogènes... Les égalités entre scalaires et vecteurs restent répandues au cours d'un calcul, mais on constate de surcroît que certains candidats confondent les deux dans un résultat final comme le potentiel électrique écrit comme une grandeur vectorielle (Q2). La mise en œuvre de la géométrie élémentaire a aussi posé problème, notamment la simple utilisation du théorème de Pythagore (Q22 et Q27). Notons enfin au sujet de ces questions plus calculatoires une malhonnêteté intellectuelle chez certains candidats, qui encadrent un résultat déjà fourni, alors que les calculs voire même le raisonnement sont manifestement faux.

Comme l'année dernière, l'énoncé proposait une question du type « résolution de problèmes » (Q9) nécessitant de l'initiative de la part du candidat. Il est à nouveau rappelé la nécessité d'explicitier les hypothèses effectuées et de définir les notations introduites (par une courte phrase utilement complétée

par un schéma). Une expression littérale finale est indispensable : il ne faut donc pas procéder à des applications numériques intermédiaires (par exemple pour la vitesse atteinte à l'issue de la première phase de chute libre) qui compliquent la lisibilité de la démarche menée par le candidat. Un nombre conséquent de candidats a esquivé cette question, de poids pourtant non négligeable dans le barème. À défaut d'aboutir au résultat attendu, il est toujours possible de se voir attribuer des points au titre d'un raisonnement cohérent amorcé. Il était ainsi aisé de se voir attribuer quelques points en étudiant la simple chute libre du gecko avant qu'il ne se rattrape au mur. Nous ne pouvons que recommander aux futurs candidats de s'exercer sur ce type de question.

Les efforts de soin, de lisibilité et de mise en valeur des résultats sont à poursuivre chez certains candidats. On observe, en particulier, beaucoup de ratures. Si le texte est proprement barré et le raisonnement repris ensuite, cela ne pose pas de problèmes. Mais lorsque les ratures sont au milieu même du raisonnement, ou que le candidat écrit une réponse corrigée dans l'interligne, cela devient problématique. On rappelle qu'une réponse illisible ne peut donner lieu à l'attribution des points. Une autre tendance inverse est à éviter : celle de copies bien rédigées, mais dans lesquelles toute ligne de calcul est surlignée ou encadrée, toute réponse rédigée est soulignée. Cela n'aide en rien la correction, et fait perdre la notion même de hiérarchisation inhérente au fait de mettre en valeur certaines étapes d'un raisonnement.

2/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

Q1. Le seul argument de la différence d'électronégativité n'est pas suffisant pour convaincre de l'existence d'un moment dipolaire. Il faut évoquer la séparation des barycentres des charges positives et négatives pour faire le lien avec le modèle du dipôle électrostatique.

Q2. Cette démonstration de cours est explicitement au programme. Elle a été correctement menée dans nombre de copies mais elle a aussi été source de beaucoup d'erreurs de signes notamment au niveau du développement limité. Des candidats ne connaissent pas l'expression du potentiel scalaire électrostatique créé par une charge ponctuelle, parfois défini sous forme vectorielle.

Q3. L'expression étant donnée dans l'énoncé, la justification doit être explicite avec le développement de chacune des dérivées partielles de l'opérateur gradient.

Q4. La rotation de la molécule est souvent évoquée mais la position d'équilibre stable est rarement justifiée.

Q5. Des erreurs fréquentes dans les applications numériques. Pour les candidats qui ont trouvé les deux applications numériques correctes, la conclusion se borne presque toujours à affirmer que les deux énergies sont du même ordre de grandeur. Il fallait en tirer les conséquences sur la possibilité de rotation de la molécule sous l'effet de l'agitation thermique, venant ainsi contrarier l'effet d'alignement avec le champ de l'autre molécule.

Q6. Le résultat numérique de C_K est souvent donné sans unité ou avec une unité fautive. L'expression de la force d'interaction doit s'accompagner d'un vecteur unitaire. Des erreurs fréquentes dans la simple dérivation. Écrire que $\vec{F}_{1/2} < 0$ n'a aucun sens et ne peut donc justifier le caractère attractif de l'interaction.

Q7. Bien traitée en général malgré quelques tentatives malhonnêtes pour aboutir à la dimension d'une énergie, précisée dans l'énoncé.

Q8. Une question relativement simple en terme de calculs qui nécessitait de combiner des informations de l'énoncé et souvent bien traitée. Il faut cependant veiller à la rédaction afin que le correcteur puisse suivre le raisonnement. Certains candidats ne savent toutefois pas calculer un pourcentage ou oublient de convertir la masse en kg.

Q9. Question souvent esquivée mais abordée avec un certain succès par les candidats qui y ont répondu. Les deux phases du mouvement ont la plupart du temps été identifiées, avec un bilan des forces correct. La majorité des candidats choisit d'établir les équations horaires du mouvement, ce qui conduit à des expressions lourdes, non simplifiées et finalement fausses dans bien des cas. L'approche énergétique était ici la plus performante et a donné lieu aux meilleures résolutions.

Q10. Beaucoup trop de formulations approximatives à propos du sens physique du vecteur densité de courant thermique.

Q11. Le signe moins est souvent justifié par le fait que la chaleur diffuse vers l'extérieur. Des confusions avec la loi de Fick alors que l'expression de la loi est correcte.

Q12. Question délicate et technique du fait de la géométrie cylindrique et donc très peu réussie. On note dès le début du raisonnement des lacunes sur la méthode d'établissement d'un bilan local : le premier principe n'est que rarement mentionné, les transferts thermiques ne sont pas correctement explicités. De la malhonnêteté dans certaines copies avec un bilan qui conduit à $d^2T/d\rho^2 = 0$ et une intégration qui malgré tout donne le résultat correct en $\ln(\rho)$.

Q13. Bien traitée lorsque la définition d'une résistance thermique est connue. Une expression du type $L/\lambda S$ établie en cours pour une diffusion unidimensionnelle n'est pas une définition acceptable.

Q14. Question très simple et pourtant peu ou mal traitée avec des erreurs sur le volume d'un cylindre et des résultats numériques aberrants. Il fallait également comparer le résultat numérique trouvé à celui donné dans l'énoncé pour conclure.

Q15. Une réponse reposant sur le sens physique était acceptable si elle était clairement rédigée. Une application du premier principe en régime stationnaire conduisait aussi à la conclusion, mais il ne fallait pas oublier de définir le système.

Q16. Beaucoup d'erreurs d'application numérique. L'association série des différentes résistances thermiques est souvent mal justifiée : il faut qu'elles soient traversées par un même flux thermique.

Q17. / Q18. Bien traitées.

Q19. Comme pour **Q16.**, l'association parallèle des différentes résistances thermiques est souvent mal justifiée : il faut qu'elles soient soumises à une même différence de température. Beaucoup de candidats utilisent une expression erronée pour le calcul de la résistance équivalente.

Q20. Rarement correcte du fait des erreurs dans les questions précédentes.

Q21. Très peu de candidats conduisent une discussion complète du modèle. Il fallait tout d'abord constater l'adéquation en ordre de grandeur du modèle avec les expériences menées par Caroline Gilbert, ce qui valide sa pertinence. Il fallait ensuite souligner un écart qui met en évidence les limites de ce modèle qu'on pouvait discuter à la lumière des questions précédentes. L'influence des paramètres (surface, coefficient d'échange h) est ainsi trop rarement évoquée, une majorité de candidats se contentant de platitudes en évoquant les manchots qui « se réchauffent les uns les autres ».

Q22. Une question de géométrie élémentaire, mais le schéma a été rarement bien interprété, conduisant à écrire que $R = b/2$.

Q23. Question très bien traitée.

Q24. Le rôle des tensio-actifs présents dans l'eau savonneuse a été trop rarement invoquée pour expliquer l'écart sur la valeur du coefficient de tension superficielle.

Q25. Le vocable « franges d'égale épaisseur » ne semble pas compris car beaucoup de candidats l'associent à « interfrange constant ».

Q26. Si l'utilisation d'une lentille est souvent évoquée, il est rarement précisé que l'observation se fait sur un écran dans le plan conjugué du substrat. Beaucoup de mauvaises réponses qui citent une observation dans le plan focal de la lentille. Certains candidats ont manifestement été décontenancés par des franges circulaires qui leur évoquaient la configuration « lame d'air » d'un interféromètre de Michelson, alors que la situation étudiée ici est bien plus à rapprocher de celle d'un « coin d'air ».

Q27. Un schéma clair était nécessaire.

Q28. Souvent bien menée lorsque la question est traitée. Toujours des difficultés dans les développements limités.

Q29. Très bien traitée malgré quelques oublis du facteur 2 pour le calcul de la différence de marche.

Q30. Très rarement traitée correctement. Les candidats n'ont pas vu que l'ordre d'interférences diminue avec le rayon.

Q31. Très rarement traitée. Il s'agissait ici d'identifier l'abscisse et l'ordonnée *ad hoc* pour effectuer une régression linéaire des données.

Q32. Parler de « termes » convectif, de pression et de viscosité n'est pas suffisant. Il faut préciser la grandeur physique associée à ces « termes » : accélération convective, forces volumiques.

Q33. Des erreurs fréquentes dans le calcul du nombre de Reynolds. Pour conclure, il faut au minimum indiquer que le nombre de Reynolds est très petit devant 1.

Q34. Le calcul de $(\vec{v} \cdot \vec{\text{grad}})\vec{v}$ reste difficile à exprimer pour beaucoup de candidats. La rédaction est ambiguë dans beaucoup de copies.

Q35. Question bien traitée malgré quelques confusions entre scalaires et vecteurs pour expliciter les opérateurs gradient et laplacien.

Q36. L'intégration de l'équation de Stokes est bien menée mais beaucoup d'erreurs de calcul pour la détermination des constantes.

Q37. Très rares sont les candidats qui parviennent à formuler une interprétation physique pertinente de la longueur de glissement.

Q38. L'expression du débit volumique est souvent correcte mais de nombreuses erreurs de calcul dans l'intégration.

Q39. L'intégration est immédiate mais doit être écrite.

Q40. L'analogie hydraulique/électrocinétique a bien été comprise mais l'expression correcte de la résistance hydraulique a rarement été donnée, s'appuyant sur l'expression du débit volumique.

Q41. Très rarement aboutie en raison des erreurs de calcul dans les questions précédentes. Quelques candidats ont toutefois bien perçu l'intérêt de l'hydrophobie des parois pour faciliter l'écoulement.

3/ CONCLUSION

Le sujet, de difficulté très raisonnable, a permis de remplir son objectif de sélection en balayant de nombreux thèmes du programme et en alternant des questions de cours, des questions techniques, des questions d'appropriation d'une situation nouvelle, des questions d'interprétation physique. Une parfaite connaissance du cours et des méthodes associées étaient la clef du succès. Cela n'a pas été le cas pour une fraction significative des candidats qui n'ont pu que survoler les différentes parties. Une telle épreuve ne peut se limiter à une suite de calculs, mais implique de présenter des raisonnements rigoureux et des interprétations physiques de manière claire et concise avec un vocabulaire adapté. Nous avons tout de même eu le plaisir de lire d'excellentes copies, argumentées avec des commentaires physiques tout à fait pertinents. Nous invitons, de façon plus générale, les candidats à travailler de façon rigoureuse les cas classiques de cours afin d'avoir les outils de raisonnement adéquats à l'analyse de questions plus originales.