

PHYSIQUE I - Filière PSI

Ce rapport s'adresse essentiellement aux candidats des futures sessions du concours. Il va donc s'attacher à relever un certain nombre d'erreurs qui ont dû être sanctionnées, parfois à regret. Le jury tient aussi à rappeler ici qu'il a eu l'occasion de lire avec plaisir de très bonnes copies.

I) REMARQUES GENERALES

Le sujet de Physique I PSI 2004, sans aucune difficulté insurmontable, portait essentiellement sur la dynamique des fluides et la propagation des ondes. Il alternait des vérifications directes des connaissances de base du programme et des points un peu plus délicats, exigeant de l'autonomie et une lecture attentive des questions posées.

Rappelons à ce propos que la connaissance du cours ne se limite pas à quelques *formules*. Elle suppose plutôt la connaissance de certains résultats, de leurs conditions d'application, et éventuellement d'une méthode permettant de les retrouver à partir de connaissances plus fondamentales.

La précision de la rédaction des questions de cours et la rigueur de calcul dans les questions techniques ont été récompensées. Au contraire, les réponses mal construites, mal organisées, ou les calculs incompréhensibles menant à tout prix (parfois au prix de la malhonnêteté intellectuelle) à la réponse attendue, ont été sanctionnés.

Le problème posait un bon nombre de questions qualitatives, et demandait aux candidats d'effectuer et de commenter des applications numériques. Toutes ces questions ont été largement prises en compte dans le barème de correction, comme les candidats pouvaient s'y attendre dans une épreuve de Physique.

Cette épreuve a permis un classement significatif des candidats : le jury a rencontré d'excellentes copies, parcourant avec intelligence la quasi-totalité des questions posées, mais aussi des copies totalement indigentes.

Dans tout ce qui suit, les textes « entre guillemets » sont extraits de copies lues par le jury.

II) REMARQUES PARTICULIERES

Rédaction et relecture

Quelques candidats qui rédigent à la limite de la lisibilité, ne numérotent pas leurs réponses, ne mettent pas en valeur les résultats obtenus, ne vérifient pas qu'ils ont bien répondu à toutes les questions intermédiaires posées par le sujet, se sont sanctionnés d'eux-mêmes.

Le jury n'a pas vocation à deviner ce que le candidat *aurait pu faire*, ni même ce qu'il a *probablement traité* dans un paragraphe *illisible*.

Il n'a pas non plus vocation à reconstituer les morceaux d'un puzzle équationnel sensé déboucher « après simplification » sur une formule encadrée. L'équation de d'Alembert, telle Aphrodite surgissant des flots, est ainsi trop souvent apparue comme par miracle à la question 17.

Il faut rappeler aussi qu'une copie doit être rédigée en français ; il n'est pas question de sanctionner des fautes d'orthographe mais bien d'exiger des phrases construites pour être comprises. C'est particulièrement vrai des questions de compréhension qualitative, où l'absence de calcul n'interdit pas, bien au contraire, la rigueur de l'exposé.

Enfin, un *vecteur* doit être noté comme tel (surmonté d'une flèche par exemple) ; un résultat *manifestement inhomogène* ne doit être ni conservé, ni encadré ; enfin, un *dessin* ou un schéma ne gâche jamais rien, bien au contraire.

Il est donc indispensable que les candidats relisent leur copie après avoir répondu à chaque question, en se posant la double question :

- *Me suis-je bien fait comprendre ?*
- *Ce que j'ai écrit est-il convainquant ?*

Rigueur de la rédaction

Tout comme dans une démonstration classique, une question rédigée de manière qualitative doit distinguer hypothèses, lois utilisées et conclusion, avec l'emploi adéquat de la conjonction *donc* qui désigne une *implication*. Ainsi, la phrase (question 7) « $v = 3 \text{ mm/s}$; l'écoulement est donc laminaire » ne peut être admise telle quelle.

Les candidats doivent aussi savoir distinguer entre définition et caractérisation, entre modèle et réalité, ou encore entre modèle et résultats d'une mesure.

Voici d'autres exemples de rédactions insuffisantes ou incorrectes, qui ont été sanctionnées :

- Dans la question 1, un candidat définit ainsi une *particule fluide* : « c'est une particule se trouvant à l'état fluide ». Pour un autre, « Une particule fluide, c'est une particule pour qui, quand un certain nombre est présent, on peut considérer cet ensemble comme un fluide »
- Dans cette même question, beaucoup de copies *définissent* un écoulement permanent ou laminaire par la *valeur du nombre de Reynolds*, et non par la nature de l'écoulement. .
- Une définition un peu trop imagée (?) : « Le nombre de Reynolds apparaît lorsque les fluides sont visqueux, les couches les moins visqueuses agrippent celles qui le sont le plus. »
- La résolution de la question 4 impose de *déterminer* deux constantes d'intégration ; dire de l'une d'entre elles « on la choisit nulle pour simplifier » n'est pas acceptable.
- Si (question 6) un *modèle* mène à $Q = (p_e - p_s)/R_h$ tandis que l'*expérience* mène à $Q = A(p_e - p_s)^n$, la *critique des hypothèses du modèle* ne peut pas se ramener à une critique de la présence de l'exposant n . Dans cette même question, une *affirmation* doit être accompagnée d'une *justification*, même très simple; le jury a ainsi validé la critique du modèle d'écoulement stationnaire « car le coeur bat » ou celle du caractère négligeable du champ de pesanteur « car on le sent bien si on met la tête en bas ».
- La question 9 demande si on doit tenir compte de la diffraction de l'onde ultrasonore par le globule rouge. On ne peut ici se contenter de répondre, comme le jury l'a lu, « compte tenu des dimensions respectives de la longueur d'onde et du globule, on peut ne pas en tenir compte » ou, dans d'autres copies, « on doit en tenir compte ». Il fallait bien sûr calculer d'abord cette longueur d'onde et donner un sens à la comparaison $\lambda \gg r$. À ce sujet, les longueurs d'onde des ondes ultrasonores ne sont pas de l'ordre du nanomètre, et ne sont pas liées à une couleur, même celle, certes rouge, du sang.
- La question 10, portant sur l'effet Doppler, demande exclusivement une lecture attentive de l'énoncé. La phrase « Avant de répondre à la question proprement dite, on peut saluer le travail de Cohen-Tannoudji sur l'effet Doppler qui a d'ailleurs reçu un prix Nobel » n'avait pas sa place ici, d'autant plus que la copie concernée ne répondait justement pas à la question proprement dite.
- La question 20 demande aux candidats si les hypothèses de l'acoustique linéaire sont satisfaites. Un certain nombre de candidats répondent « oui, les hypothèses sont satisfaites » voir même « hyp sont satisfaites » ; une telle rédaction, sans autre justification, n'a aucune valeur.

Applications numériques

Une application numérique n'est juste que si elle propose un nombre de chiffres significatifs raisonnables et une indication de l'unité du résultat s'il ne s'agit pas d'un nombre pur. Elle doit être éventuellement suivie d'un commentaire minimal, en particulier quand la vraisemblance du résultat peut être mise en doute.

Voici quelques extraits de copies que le jury a du sanctionner :

- « $v = 2,35 \cdot 10^9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, c'est une vitesse extrêmement élevée, mais peut être bonne étant donné la longueur du corps et la dimension des veines ».

- « Dans une artère, le débit est $Q = 3 \cdot 10^{11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ »
- « **grad** $p = 32308138 \text{ m}^{-2} \cdot \text{W}^{1/2} \cdot \text{s}^{-3/2} \cdot \text{kg}^{1/2}$ »

Autres remarques, au fil des questions

- À la question 2, la simple évocation de la *symétrie cylindrique* (voir des *plans de symétrie positive*) ne permet pas de conclure sans autre forme de procès que $dv/dz = 0$.
- Pour la question 3, l'affirmation « p ne dépendant que de z , sa dérivée par rapport à z est constante : $dp/dz = k$ » n'a pas de sens.
- Aux questions 8 et 9, le choix de la longueur L du capillaire ou de l'artère au lieu de son rayon (ou de son diamètre) pour l'évaluation du nombre de Reynolds est une erreur fondamentale.
- À la question 10, aucun développement limité ne permet, à partir du système formé des deux équations $\{f' = (1 - v \cos \alpha)f; f'' = f'/(1 - v \cos \alpha)\}$, de montrer que $f'' \neq f$.
- Aux questions 12 et 13, l'unité de mesure des coefficients de diffusion a amené beaucoup de candidats à évaluer des surfaces (de la peau, des veines, etc.) pour estimer les durées caractéristiques de la diffusion. La diffusion est décrite par une grandeur *intensive* $\mathbf{j} = -D \mathbf{grad} c$ et la quantité de matière diffusée est donc *proportionnelle à la surface* à travers laquelle la diffusion a lieu. Par contre, la durée de la diffusion varie comme le *carré de la longueur* le long de laquelle cette diffusion se fait.
- Les questions 14 et 15 ont été bien traitées par un nombre hélas assez restreint de copies, ce que le jury a justement valorisé.
- La question 21, pourtant assez simple, a été souvent très maltraitée, avec des points de départ fantaisistes (notamment vitesse = durée x longueur ou vitesse = durée / longueur).

Physiologie de la circulation sanguine

Le programme du concours n'exige bien sûr aucune connaissance particulière relative à la circulation du sang, et les quelques questions qui s'y référaient ont été évaluées avec beaucoup de bienveillance par le jury.

Toutefois, évaluer le volume sanguin d'un adulte (parfois après un calcul mystérieux) à plusieurs dizaines ou centaines de mètres cube est, pour le moins, surprenant.

De même, à la question 12, le jury espérait trouver une évocation de la *convection forcée* et non pas, par exemple, « le sang transporte l'oxygène grâce à sa viscosité qui lui permet d'attraper les molécules d'oxygène. »

III) CONSEILS AUX CANDIDATS

Le jury invite les candidats aux futures sessions du concours à une préparation adaptée et efficace. Celle-ci passe bien sûr par la *connaissance* et la *compréhension* du cours, qui ne peut se résumer à la connaissance de formules isolées de leur contexte.

La préparation exige aussi l'apprentissage de *règles et méthodes* pour la rédaction d'une copie ; le jury espère que la lecture de ce rapport, ainsi d'ailleurs que celle des rapports des années précédentes, pourra y contribuer.

C'est seulement en satisfaisant à cette double exigence qu'un étudiant peut espérer voir toutes ses qualités valorisées à leur juste niveau par la note qui, finalement, est le seul résultat d'un effort de longue durée.