

Composition de Physique, Filière MP (XULCR)

La composition proposait une modélisation des mécanismes de la perception auditive. L'onde sonore agit au niveau des cellules ciliées de l'oreille pour ouvrir des canaux ioniques qui vont transmettre un signal électrique se propageant par voie nerveuse jusqu'à l'encéphale. Le problème faisait principalement appel à des notions de mécanique et plus marginalement de thermodynamique statistique.

Quelques très rares candidats ont réussi à répondre correctement à la quasi-totalité des questions. La répartition des notes pour les candidats français est la suivante :

$0 \leq N < 4$	99	6,6%
$4 \leq N < 8$	234	15,6%
$8 \leq N < 12$	636	42,4%
$12 \leq N < 16$	430	28,6%
$16 \leq N \leq 20$	100	6,6%
Total :	1499	100%
Nombre de candidats :	1499	
Note moyenne :	10,45	
Ecart-type :	3,78	

Avant de procéder à l'examen du problème question par question, quelques remarques d'ordre général :

- concernant la présentation des copies :
 - certaines copies sont mal présentées, griffonnées d'une écriture presque illisible, avec des lettres (et des chiffres) de taille quasi-microscopique que les correcteurs peinent à décoder,
 - il est demandé aux candidats d'apporter le plus grand soin à la présentation de leurs copies; des résultats lisibles, soulignés ou encadrés sont appréciés; à l'inverse, une présentation peu soignée et difficile à déchiffrer n'incite pas à l'indulgence,
 - il est également souhaitable d'éviter d'aligner une longue série d'équations sans aucun commentaire ou justification.
- concernant les applications numériques :
 - elles sont faisables sans calculatrice; une tolérance sur le résultat est admise, mais l'ordre de grandeur n'est pas suffisant,
 - trop de résultats ne mentionnent pas l'unité,
 - une vérification de l'homogénéité des formules permettrait d'éviter beaucoup de résultats erronés.
- concernant les graphes :
 - un tableau de variation ne tient pas lieu de graphe,
 - il est important de porter sur le graphe le nom des axes, les valeurs remarquables, les asymptotes et éventuellement les tangentes.
- concernant les questions qualitatives :
 - elles sont trop souvent négligées, alors que ce sont elles qui permettent de juger de la compréhension et du sens physique du candidat,
 - une paraphrase de l'énoncé ne constitue pas une réponse valable lorsqu'il est demandé d'expliquer ou de justifier un résultat.
- beaucoup de questions qui demandent plusieurs réponses ne sont que partiellement traitées.

Commentaire détaillé des réponses aux questions du problème

Q0 : l'énergie élastique $\frac{1}{2} k d^2$ était à comparer à l'énergie thermique $k_B T$, et non à la différence d'énergie ε entre les états ouverts et fermés.

Q1 : question généralement réussie malgré un taux non négligeable d'erreurs dans ce calcul relativement simple.

Q2 : le signe de Λ est faux dans près d'un quart des copies du fait, soit d'une expression erronée de la loi de Boltzmann, soit d'erreurs de calculs.

Q3 : quelques candidats, n'ayant pas résolu la question 2, ont néanmoins su proposer une forme à peu près correcte de la variation de $p_0(x)$ sur la base d'un raisonnement qualitatif; à noter que les x négatifs n'ont pas de raison d'être sur le graphe de $p_0(x)$ (ceci est vrai également pour $K_{HH}(x)$ à la question 9).

Q4a : beaucoup de résultats numériques fantaisistes et beaucoup de traitement partiel de la question.

Q4b : très peu de candidats ont pensé à calculer la pente de $p_0(x)$ en x_0 , ce qui était la façon rigoureuse d'évaluer X_0 ; cependant, certains ont su faire une évaluation qualitative conduisant à une évaluation correcte.

Q5 : peu de candidats ont noté l'apparition d'un phénomène de saturation pour $X_A \gg X_0$.

Q6-Q7-Q8 : questions généralement bien traitées avec parfois des erreurs de signe; à la question 7, le caractère négligeable des fluctuations a dans l'ensemble été bien justifié.

Q9 : même remarque qu'à la question 3 concernant les x négatifs ; un graphe complet devait comporter l'asymptote horizontale pour $y = N k$.

Q10 : question qualitative généralement traitée correctement.

Q11 : question un peu difficile avec un taux de réussite faible (moins de 10 %) : peu de résultats justes pour d_{\min} , variations de $\Phi(x)$ très approximatives.

Q12 : la réponse à cette question, ainsi qu'à la question 13, supposait d'avoir traité correctement la question 11; lors de l'étude des conditions de stabilité, $\Phi(x)$ a souvent été considéré à tort comme une énergie potentielle.

Q13 : quelques rares candidats ont su décrire correctement le phénomène d'hystérésis se produisant pour $d > d_{\min}$.

Q14 : la majorité des candidats ont vu que l'ouverture d'un canal, à force F fixée et constante, favorisait l'ouverture des autres canaux mais une minorité importante ($\sim 15\%$) affirme que cela contribue au contraire à renforcer la résistance à l'ouverture; dans les commentaires, assez peu de copies qualifient cet effet de réaction en chaîne, effet boule de neige, emballement, etc ...

Q15 : le principe d'action-réaction ou la 3^{ème} loi de Newton n'ont pas été très souvent évoqués pour justifier le résultat énoncé dans le texte du problème ; la question de la stabilité a fait l'objet de réponses très dispersées sur le signe de K_{HH} , de sa dérivée et même de sa dérivée seconde !

Q16 : question assez souvent traitée correctement; cependant certains candidats, ignorant les résultats de la partie II, réduisent la force du ressort à $- N k x$ et oublient le terme en $p_0(x)$; d'autres ne tiennent pas compte de l'indication de l'énoncé qui conduisait à négliger le terme inertiel.

A ce stade du problème, le taux de questions traitées chute considérablement et le taux de réponses correctes plus encore. Les remarques qui suivent ne concernent donc que la petite proportion de copies ayant abordé ces questions.

Q17 : les candidats montrent assez facilement que $a = b$, mais peinent à obtenir leur valeur commune.

Q18 : lorsque cette question est traitée intégralement, l'expression de κ est généralement correcte, mais celle de v assez souvent erronée par suite d'erreurs de calcul dans le développement limité de p_0 .

Q19 : il fallait éliminer C et C_0 (ce que beaucoup de candidats n'ont pas su faire) pour parvenir à l'équation demandée.

Q20-Q21-Q22 : répondre à ces questions supposait d'avoir résolu correctement la question 19; mais, même lorsque c'est le cas, les deux échelles de temps ne sont pas toujours bien identifiées (Q20) et la pulsation caractéristique n'est que très rarement calculée (Q22), alors que ce calcul numérique était très simple.

Q23 : cette question fait partie (avec Q28, Q29 et Q30) des questions de la dernière partie du problème où les candidats en difficulté ont essayé de "grappiller" des points; encore fallait-il ici ne pas faire intervenir la force $F_a(t)$ dans l'équation comportementale !

Q24 : il fallait penser à dériver la première des équations (3) pour pouvoir éliminer y_0 ; beaucoup ont abandonné en cours de calcul ; seules quelques très bonnes et très rares copies ont su traiter complètement cette question difficile et multiple.

Q25 : pour vraiment traiter cette question, il fallait avoir résolu au moins partiellement la précédente ; néanmoins, quelques candidats ont su trouver l'expression de B_2 (et plus rarement de B_1) en s'appuyant sur les résultats de la question 23.

Q26 : beaucoup de candidats paraphrasent l'énoncé sans proposer une réelle justification du résultat.

Q27 : très peu de copies ont vraiment répondu à la question posée, à savoir expliciter une équation du troisième degré en y_1 . Beaucoup se sont contentés d'insérer la solution proposée $y_1 e^{i\omega t} + y_1^* e^{-i\omega t}$ dans l'équation (4).

Q28a : une réponse précise et argumentée à cette question supposait d'avoir obtenu l'équation cubique de la question précédente.

Q28b : les candidats qui ont traité cette question ont plus souvent cherché à justifier l'intérêt de la diversité des fréquences de résonance que celui du fonctionnement de chaque touffe ciliaire au voisinage de son point critique.

Q29 : il s'agissait plus de dégager la signification physique de chacun des deux termes du membre de droite de l'équation que de gloser sur la structure d'une équation différentielle du premier degré.

Q30a-Q30b : là aussi, beaucoup de paraphrase de l'énoncé sans véritable justification.

Q31-Q34 : ces ultimes questions ont été très peu abordées.