

Composition de Physique B, Filière PC
(XELC)

Rapport de MM. Thibaut DIVOUX, Mathieu GIBERT et Timothée TOURY, correcteurs.

Le sujet proposait une étude des principes physiques de fonctionnement de certains instruments de musique. Il s'agissait d'un sujet en quatre parties de difficulté croissante et relativement indépendantes faisant appel aux connaissances acquises dans les cours de mécanique du point, de mécanique du solide et d'onde mécaniques. Le sujet comportait quelques questions calculatoires, laissant la part belle aux questions semi-qualitatives permettant de tester et de mettre en avant le sens physique du candidat. Plusieurs applications numériques fournissant des valeurs de facteur de qualité, d'amplitude de vibration, de longueurs de lames, etc. ont permis de tester la capacité des candidats à obtenir des ordres de grandeur pertinents et à faire preuve de sens critique.

Les questions ont été abordées de manière très inégale : alors que les parties I et II ont été abordées par la plupart des candidats, les parties III et IV ont rencontré beaucoup moins de succès et ont permis de faire la différence entre les candidats ayant abordé le sujet passivement et ceux ayant su faire preuve d'efficacité et de recul. La continuité thématique de chacune des parties a probablement découragé les candidats gardant leur distance vis-à-vis de la composition. Le sujet s'est ainsi révélé classant comme en témoigne la répartition des notes ci-dessous.

La répartition des notes des candidats français est la suivante :

| | | |
|-------------------------|------|---------|
| $0 \leq N < 4$ | 195 | 14,61 % |
| $4 \leq N < 8$ | 533 | 39,93 % |
| $8 \leq N < 12$ | 418 | 31,31 % |
| $12 \leq N < 16$ | 163 | 12,21 % |
| $16 \leq N \leq 20$ | 26 | 1,95 % |
| Total | 1335 | 100 % |
| Nombre de copies : 1335 | | |
| Note moyenne : 7,87 | | |
| Ecart-type : 3,67 | | |

De façon surprenante, nous constatons une recrudescence du nombre de copies très fournies et dont la grande majorité des réponses sont fausses. Néanmoins nous avons eu le plaisir de lire d'excellentes copies témoignant d'un bon sens physique. Nous souhaitons une excellente continuation aux candidats ayant réussi à traiter la majeure partie de ce long sujet dans le temps qui leur était imparti.

Néanmoins, comme tous les ans, il y a un certain nombre d'erreurs et d'attitudes récurrentes que nous souhaiterions voir disparaître définitivement de l'ensemble des copies. Nous renvoyons les futurs candidats aux rapports des années antérieures dont la lecture ne pourra leur être que profitable. Nous insistons dans les paragraphes suivants sur les quelques points nous ayant particulièrement marqué cette année.

- La qualité de la présentation n'est pas un détail. Très inégale entre les copies, celle-ci peut avoir un impact important sur la note finale du candidat notamment lorsqu'un ou plusieurs résultats sont difficilement lisibles : en cas de doute, les points ne sont pas attribués. De même les phrases ambiguës ou les paraphrases de l'énoncé sont à proscrire et ne rapportent pas de points. Par ailleurs, nous encourageons fortement les candidats à respecter les notations de l'énoncé même si celles-ci diffèrent du cours qu'ils ont pu suivre pendant l'année. Il est important de savoir s'adapter. Il en va de même pour la numérotation des questions : des points sont attribués à chaque question et répondre à des questions regroupées de façon arbitraire fait perdre des points. Les schémas lorsqu'ils sont explicitement demandés doivent être réalisés avec soin par le candidat sous peine en cas d'absence de perdre une partie des points de la question. Enfin, rappelons qu'encadrer ou souligner le résultat final de chaque question est grandement apprécié par les correcteurs parce que cela facilite leur tâche.
- Un résultat non justifié ne rapporte pas de point. Cela est d'autant plus vrai si le résultat est explicitement donné dans l'énoncé, il est alors indispensable de justifier soigneusement l'expression proposée. Recopier le résultat et l'enrubanner d'une justification vague ne rapporte aucun point. En ce qui concerne les calculs, il est essentiel d'indiquer les principales étapes. Le cas échéant, tous les points ne peuvent être attribués même si le résultat est juste, et si ce dernier est faux aucun point n'est alors donné faute d'être capable de suivre le raisonnement du candidat. Soulignons enfin que les schémas dépourvus d'explication ou de commentaire ne rapportent pas de point.
- La composition comportait de nombreuses questions relatives aux conditions aux limites pour des positions, forces, moments, etc. Ces questions de formes diverses (conditions à expliciter, à justifier, à dessiner, etc.) ont en général été très mal réussies par les candidats. Nous recommandons fortement aux futurs candidats de mieux se préparer à ce type de questions : à combien de conditions aux limites peut-on s'attendre pour une équation différentielle donnée ? Sur quelles variables vont porter les conditions aux limites ? De plus il faut savoir traduire par une expression mathématique simple des conditions aux limites usuelles : contact ponctuel, encastrement, etc.
- Les questions relatives aux séries de Fourier ont données lieux à des réponses surprenantes dévoilant si non de nombreuses lacunes au moins des difficultés à mettre en œuvre sur une épreuve de physique des concepts qui n'auraient certainement pas posé problème dans une épreuve de mathématique.

Terminons en insistant sur le fait que la composition de physique est un support permettant au candidat de mettre en valeur ses compétences et ses qualités. Il permet

d'évaluer les connaissances et le savoir-faire acquis tout au long des deux années de classe préparatoire, mais aussi la capacité du candidat à prendre du recul, à être rigoureux et à faire preuve d'un minimum d'honnêteté intellectuelle. Ces valeurs lui seront essentielles dans la poursuite de sa carrière professionnelle.

Partie I

Q1 : Il est surprenant de constater que les hypothèses physiques permettant d'obtenir l'équation de d'Alembert ne sont pas toujours bien maîtrisées. Des conditions de bord avec une position fixe aux deux bouts de la corde ne permettent pas d'assurer une tension constante. De même on peut lire que « c » est la « *vitesse de vibration de la corde* » quand elle n'est pas « *la célérité de la lumière dans le vide* » (!), que la corde doit être « *de longueur infinie* » et de « *masse négligeable* » ou bien encore que « *l'équation de d'Alembert est une équation de diffusion* ». De façon plus anecdotique, on trouve des candidats qui précisent que la corde doit être dans « *les conditions normales de température et de pression* ». Enfin, quand bien même les hypothèses étaient bien expliquées, un schéma crédible du dispositif expérimental était attendu et tous les points de cette question n'ont pu être attribués aux copies ayant fait l'impasse sur le schéma. De nombreux candidats se contentent de recopier les notations de l'énoncé. Nous recommandons à tous les candidats d'accorder un soin tout particulier aux premières questions ainsi qu'aux schémas.

Q2 : La différence entre les notions d'ondes stationnaires et d'ondes résonnantes n'est pas comprise. Très peu de candidats ont fait des dessins en accord avec les hypothèses (justes ou fausses) qu'ils ont pu faire à la question précédente. Il était demandé de *déduire* et non de donner sans explication la suite des pulsations propres. Nous avons tenu compte de la justification du résultat dans la notation des copies.

Q3 : La question est en général abordée avec succès bien que les candidats se restreignent souvent à n'indiquer qu'une seule façon d'augmenter la fréquence du fondamental.

Q4 : Une simple analogie avec un ou plusieurs instruments de musique, même si elle a été appréciée et récompensée, ne suffisait pas. Quelques éléments de calcul permettant de dimensionner le dispositif proposé étaient attendus.

Partie II

Q5 : Question généralement bien traitée même si un simple schéma, trop souvent absent, aurait permis à de nombreux candidats de justifier rapidement leur réponse.

Q6 : Un grand nombre de candidats ont invoqué la notion de « réversibilité » totalement hors de propos ici pour justifier la présence d'une dérivée seconde. Par ailleurs, il est plus parlant physiquement de donner la dimension de γ en terme de force et de surface plutôt que dans les unités du système international. Attention, de très nombreux candidats affirment que la dérivée seconde de Y est sans dimension, ce qui est faux.

Q7 : Question relativement bien traitée. On trouve néanmoins dans un nombre non négligeable de copies des réponses pour lesquelles la première ligne de calcul est fautive, les étapes intermédiaires absentes et la dernière ligne (fournie dans l'énoncée) juste. Dans ce cas, il est impossible de donner des points puisqu'il nous est difficile de cerner ce que le candidat a réellement compris. La clarté du raisonnement et la présentation ont donc ainsi été récompensées.

Q8 : Question en général bien traitée. Il est nécessaire d'expliquer en une phrase ce que signifie physiquement la limite « $A \rightarrow 0$ » pour recevoir l'ensemble des points à cette question.

Q9 : Il fallait 4 conditions aux limites spatiales auxquelles viennent s'ajouter 2 conditions temporelles. Les conditions temporelles n'étaient pas exigées dans la mesure où elles n'étaient pas utilisées dans la suite du sujet.

Q10 : De très nombreuses copies n'ont pas tenu compte de l'hypothèse de tension nulle. Il est important de bien lire l'énoncé pour ne pas perdre de temps en calculs inutiles.

Q11 : Le fait que le couple soit nul aux deux extrémités de la lame n'est pas souvent justifié et les réponses justes sont très rares. Il est important de savoir traduire sur le moment les conditions aux limites suivantes : contact ponctuel, encastrement, etc.

Q12 : Des calculs mal conduits et quelques fois laborieux, mais la question est bien réussie dans l'ensemble. Nous recommandons aux futurs candidats de faire un effort de présentation en ce qui concerne les calculs.

Q13 : Les fonctions f sont souvent représentées pour des lames de longueur $2L$, $3L$, etc. ce qui n'a aucun sens. Il est important de ne pas oublier la physique et le système que l'on souhaite étudier derrière les formules qui le décrivent.

Q14 : Même si l'expression de la pulsation du mode n est en général correcte, on constate des difficultés quant aux séries de Fourier. De nombreux candidats confondent fréquences et amplitude, K et K_n , etc.

Q15 : Cette question a été abordée par moins de la moitié des candidats. C'est une question importante qui rapportait des points, et qui aurait du faire l'objet de plus de soin de la part des candidats.

Q16 : Les applications numériques doivent être abordées intelligemment. Sans faire de calcul, il est clair que les longueurs des lames correspondantes aux notes extrêmes diffèrent d'un facteur 2. Néanmoins, parmi le peu de candidats ayant abordé cette question, nombreux sont ceux qui présentent des résultats qui ne vérifient pas cette relation.

Q17 : Il est important de bien justifier l'égalité suivante $R_A = R_B$ que beaucoup ont considérée comme acquise.

Q18-Q19 : Très peu de candidats ont réussi à obtenir les expressions de la tension $T(x)$ et du moment $M(x)$. Des fautes de signes auraient pu être évitées en prenant soin de tracer les résultats comme le demandait explicitement la question 19.

Q20 : Les réponses à cette question sont systématiquement incomplètes.

Q21 : Cette question a été abordée par très peu de candidats. Nous avons apprécié les quelques copies vérifiant leur résultat par analyse dimensionnelle.

Q22 : Très peu de bonnes réponses pour cette question et de nombreuses justifications peu rigoureuses, pour ne pas dire fantaisistes, par exemple l’assertion suivante : « $m_1 < m$ car un corps sans mouvement (par exemple un mort) semble toujours plus lourd qu’un corps animé ».

Q23 : Question sans difficulté qui nécessitait d’avoir répondu à la question 21.

Q24 : Il était demandé *d’établir* et non de donner une relation. Nous avons pénalisé l’absence de justification.

Q25 : Cette question se résume à un bilan d’énergie qui a posé des problèmes, notamment dimensionnels, à la plupart des candidats ayant abordé cette question.

Q26 : C’est une bonne chose que les candidats qui obtiennent une application numérique aberrante le signalent spontanément dans leur composition. Nous encourageons les candidats à adopter une attitude critique face à leurs résultats numériques.

Q27 : Cette question au contenu physique riche a été rarement bien traitée. Il serait bon que les candidats au concours aient en tête quelques ordres de grandeur de facteurs de qualités.

Q28 : La condition de contact n’a été mise en équation que par une poignée de candidats. C’est un point sur lequel nous attirons l’attention des futurs candidats : il faut savoir traduire la *condition* du maintien d’un contact entre deux objets par une inégalité mettant en jeu la force de réaction.

Q29 : Comme pour la question 11, très peu de candidats ont réussi à justifier les conditions limites fournies par l’énoncé.

Q30 : Ce calcul ne présente aucune difficulté et ne nécessite pas d’avoir abordé les questions précédentes pour être effectué. Cependant, il n’a été effectué que par peu de candidats.

Q31 : Les fréquences ne sont pas des multiples entiers de la fréquence du fondamental. Très peu de candidats ont réussi à répondre à cette question. Nous encourageons les futurs candidats à faire le point sur les notions de base relatives aux transformées de Fourier.

Partie III

Q32 : Hormis quelques erreurs de signes, cette question n'a en général pas posé de problèmes aux candidats.

Q33 : Cette question a été abordée par un grand nombre de candidats. Des erreurs récurrentes dans l'expression des racines du polynôme caractéristique.

Q34 : Seuls quelques candidats ont proposé une structure mécaniquement acceptable.

Q35-Q36 : Les candidats ayant abordé ces questions ont généralement fourni de bonnes réponses.

Q37 : Hormis quelques erreurs de calcul qui auraient pu être évitées en vérifiant l'homogénéité de la solution proposée, les solutions proposées à cette question lorsqu'elle a été abordée sont bonnes.

Q38-Q40 : Questions peu abordées. Les applications numériques n'ont en général pas abouti.