

## Composition de physique B – Filière PC (XEULC)

La première partie de ce sujet, relativement classique, portait sur la génération d'ondes de surface par un cylindre oscillant. Elle commençait par une section sur la mécanique de la flottaison, et se prolongeait par une analyse de la relation de dispersion de ces ondes et de l'énergie rayonnée par le cylindre. Dans une deuxième partie, ce cylindre est immergé dans un fluide stratifié et le candidat est invité à analyser les propriétés exotiques des ondes internes émises dans ce cas, grâce à leur relation de dispersion (la vitesse de phase est orthogonale à la vitesse de groupe, croix de Saint André), pour finir sur une approche qualitative de la réflexion de ces ondes sur une paroi.

Les erreurs mentionnées dans ce rapport ici sont uniquement issues de copies au minimum correctes et apparues de nombreuses fois, c'est-à-dire celles qui laissent possible une intégration dans une des écoles recrutant sur cette épreuve. Ce rapport est donc à considérer par chaque candidat qui s'est effectivement préparé pour cette épreuve et qui estime 'avoir ses chances'. Les meilleures copies ne sont pas indemnes d'erreurs grossières. Certaines peuvent être attribuées à de l'étourderie due à la fatigue, au contraire d'autres qui traduisent parfois des lacunes profondes ressortant étonnamment de copies pourtant solides par ailleurs.

Dans tous les cas, les correcteurs s'accordent pour dire que les candidats gagneraient un nombre de points significatif et probablement parfois déterminant en relisant soigneusement leurs réponses. Le temps gagné à ne pas se relire n'est pas toujours utilement investi dans des réponses supplémentaires si des erreurs grossières ont été laissées en amont.

On constate un peu moins de copies illisibles, cette année, mais encore nombre de candidats auront perdu de nombreux points sur des courbes si sales qu'elles ne sont pas clairement lisibles ou encore des résultats écrits de manière trop ambiguë. En cas de doute sur une réponse (qu'elle soit illisible ou que plusieurs réponses différentes soient proposées), les points ne peuvent être attribués. Une réponse correcte doit aussi l'être exprimée clairement. Si le candidat n'arrive qu'à une réponse partielle, il peut l'indiquer comme tel, la correction n'étant pas en « tout ou rien ». Les correcteurs apprécient les éléments de démarche pertinents, même s'ils ne mènent pas au résultat attendu. Rappelons aussi cette évidence, puisqu'elle ne semble toujours pas assimilée par un nombre certain de candidats : une copie soignée où les formules obtenues sont mises en valeur (tout au moins soulignées) avec une écriture lisible met toujours dans de meilleures dispositions le correcteur qu'une copie où la recherche de résultats relève plus de l'archéologie entre des ratures et de multiples couches de « blanc ». Enfin, les candidats doivent savoir que les copies sont numérisées pour être corrigées. La numérisation est d'excellente qualité, mais elle renforcera parfois l'illisibilité notable de quelques copies. En cas de doute sur une réponse due à une écriture illisible, la juxtaposition de résultats différents ou des ratures partielles, les points ne sont pas attribués à la question.

Ce qui a particulièrement surpris cette année est le nombre important de résultats basiques qui ne sont pas maîtrisés, même dans des copies correctes par ailleurs. Ils ne sont pas imputables au confinement et à la fin de seconde année de CPGE difficile, car, bien souvent, il s'agit de résultats normalement acquis au lycée et qui ne doivent pas faire défaut pour l'étudiant de CPGE. Ainsi, la valeur de la racine carrée de 2 pose problème à un nombre conséquent de candidats (les correcteurs se satisfont de 1,4), ou encore la valeur de la masse volumique de l'eau. La lecture d'une fréquence sur une courbe simple pose aussi de nombreuses difficultés. Et d'une manière générale, comme presque chaque année, les applications numériques, si elles ne sont pas simples, présentent des difficultés notables aux candidats.

Dans le même esprit, signalons une dernière nouveauté (relative) particulièrement flagrante cette année : l'incapacité pour l'immense majorité des candidats de représenter le graphe d'une fonction simple (ici la relation de dispersion). Un tracé quantitativement correct aurait pu être obtenu (et l'ensemble des points dévolus à cette

question avec) grâce à une étude qualitative rapide, qui s'appuierait sur la valeur des tangentes à l'origine et la position de la courbe par rapport à son asymptote, ces deux cas correspondants à deux situations limites étudiées plus en détail par ailleurs, le graphe complet joignant simplement par continuité les deux comportements correspondants. En dépit des circonstances particulières, il est difficilement compréhensible que ce genre de compétences ne soit pas définitivement acquis par l'immense majorité des candidats.

Les notes des candidats français de l'Ecole polytechnique se répartissent de la manière suivante :

$0 \leq N < 4$	68	5,65%
$4 \leq N < 8$	368	30,56%
$8 \leq N < 12$	515	42,77%
$12 \leq N < 16$	212	17,61%
$16 \leq N \leq 20$	41	3,41%
Total :	1204	100%
Note moyenne :	9,29	
Ecart-type :	3,45	

Après ces remarques générales, voici des commentaires linéaires pour chaque question. Tout ce qui est signalé porte sur des erreurs observées dans une fraction significative des copies.

## Partie 1

1. Les candidats répondent presque tous correctement à la partie littérale de cette question. Ils sont par contre assez nombreux à ne pas faire l'application numérique ou à considérer que la masse volumique de l'eau est de  $1 \text{ kg/m}^3$
2. Les bonnes réponses bien menées sont assez rares. Des arguments d'analogie avec un pendule simple ou un choix de paramètres sans justification claire ont souvent été retenus. Certains candidats ont clairement utilisé les résultats de la question 4 (résultat du calcul reposant sur le PFD) pour répondre à celle-ci, mais sans ajouter d'argument sur la physique et les dimensions du problème. Dans ces cas-là, les points ne sont pas attribués.
3. Cette question, pourtant très simple, a posé des problèmes à de nombreux candidats et les mauvaises réponses étaient très fréquentes. Ceci semble illustrer le peu de temps que les candidats acceptent de consacrer à comprendre le cadre et la physique du problème (aussi simple et géométrique soit-il) avant de se lancer dans la réponse.
4. Quand les calculs ont été menés jusqu'au bout, ils l'ont souvent été correctement, avec la propagation d'une éventuelle erreur depuis la question précédente.
5. Cette question ne posait pas de difficulté particulière pour ceux qui savaient trouver un ordre de grandeur sans calculatrice. Cet acquis est cependant moins présent qu'on aurait pu le penser.
6. Presque tous les candidats ont su lire la fréquence et l'amplitude initiale. Par contre, l'estimation du facteur de qualité était plus rare, montrant que cette notion est finalement peu acquise.
7. Ces comparaisons demandent naturellement un minimum de constat et de commentaire. Les réponses « c'est pareil » ou encore « c'est différent, mais c'est normal, car une expérience n'est jamais aussi précise que la théorie » n'amène pas de points. Tous les commentaires physiques pertinents sont acceptés par les correcteurs, même s'ils ne sont pas en adéquation avec l'orientation que le sujet donne ensuite à la résolution du problème.
8. Quoique souvent en mesure d'en donner l'expression, très peu de candidats ont su trouver une valeur acceptable du nombre de Reynolds. Les commentaires sont bien souvent hasardeux.

9. Des réponses régulièrement correctes. Cependant, on trouvera des mélanges assez exotiques de plusieurs expressions non compatibles de la force de traînée.

10. Les bonnes réponses à cette question sont rares.

11. Dans la continuité de la question précédente, les bonnes réponses sont très rares. Même aberrants (par exemple  $KTR \gg 1$ ), certains candidats ne reculent pas devant une conclusion sans rapport avec leur résultat numérique.

12. « Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement et les mots pour le dire viennent aisément ». En contraposé du vers de M. Boileau, doit-on conclure que peu de candidats ont réellement compris la figure 3 ? Les explications sont souvent embrouillées avec des interprétations qui n'ont pas de sens. La capacité à expliciter clairement un phénomène physique ou le résultat d'une expérience semble globalement assez faible, ce que cette question a souvent illustré.

13. Les candidats arrivent généralement à répondre à cette question, malgré le point précédent.

14. Les bonnes réponses se font ici plus rares, car l'accès à la longueur d'onde est moins « intuitif » que pour la fréquence. On retrouve la conséquence des incompréhensions illustrée en question 12.

15. Simple application des résultats précédents, l'expression littérale de la célérité des ondes a souvent été la seule partie correcte de la réponse.

16. Courbe qui a posé de nombreux soucis aux candidats. Souvent, ils se sont contentés de la forme générale. Les comportements limites et asymptotiques, bien que demandés étaient rarement indiqués (quand bien même la forme de la courbe les représentait correctement).

17. La simple réponse « quand  $k/\omega$  est constant » ne peut suffire. Ce doit être relié avec la relation de dispersion qui nous concerne ici. Cette réponse était directe si la question précédente était traitée complètement, mais comme la majorité des candidats se sont contentés d'une « allure de courbe », ils ont eu plus de difficultés à répondre ici.

18. La notion de vitesses de phase et de groupe n'est généralement pas comprise. La majorité des candidats qualifiant de « uniquement mathématique » la vitesse de phase, alors que la vitesse de groupe serait celle qui a « le sens physique ». On s'amuserait presque des ratures, traces d'effaceurs et autres repentirs sur le choix de l'une des deux, souvent sans tentative de justification. Quand il y a une chance sur deux, sans justification le candidat ne peut pas se voir accorder de points.

19. La réponse a été assez souvent correcte, pour autant que les candidats connaissent une approximation de  $\sqrt{2}$ .

20. Cette question demandait de considérer proprement l'expression de l'énergie potentielle pour poser la bonne intégrale (ne posant pas de difficulté mathématique). Les bonnes réponses auront été rares.

21. Parfois, par analyse dimensionnelle, les candidats proposaient des réponses pertinentes auxquelles manquait juste le facteur adimensionné. Les résultats obtenus dans la suite du calcul de la question précédente sont rares.

22. à 25. Les réponses correctes ici ont été le fait d'une poignée de copies, généralement parmi les meilleures et les plus appliquées. Parfois les analyses dimensionnelles ont pu guider quelques candidats qui ont donc trouvé des ordres de grandeur raisonnables.

## Partie 2.

26. Cette question a généralement été traitée correctement.

27. et 28. Plus étonnants, bien moins de candidats ont su poursuivre à ce niveau. Les applications numériques, encore moins fréquentes, sont cependant souvent correctes.

29. Le vecteur  $k$  est généralement représenté correctement. Pour les longueurs d'onde, on aura tout vu. Notamment ce qui est traditionnellement dénommé des « représentations d'artiste ». Celles-ci illustrent la difficulté que peuvent avoir les candidats à se représenter correctement ces grandeurs qui opèrent dans des espaces différents.

30. Les réponses sont presque toujours correctes, quoique laconiques.

31. Réponses généralement correctes, sans problème particulier.

32. Partie un peu calculatoire, assez souvent bien réussie. Des candidats peinant dans le calcul utilisent parfois l'analyse dimensionnelle pour déterminer  $\alpha$ .

33. Question sans difficulté découlant du résultat de la précédente.

34. Des interprétations partielles sont souvent proposées, elles sont plus approfondies.

35. à 37. Ces calculs ont rarement été menés avec des résultats corrects. Ils ne présentaient pas de difficultés particulières si ce n'est de devoir être menés proprement.

38. Les bonnes réponses à cette question n'étaient souvent présentes que dans les meilleures copies, elles demandaient à la fois les réponses aux questions précédentes et une bonne compréhension de la physique des ondes enseignée en CPGE.

39. à 42. Très peu de candidats ont su répondre à ces questions. À la fois, faute des résultats des questions précédentes, mais aussi par la difficulté à bien appréhender le comportement d'une onde avec une relation de dispersion plutôt originale.