

Physique 1

Présentation du sujet

Dans cette épreuve on étudie, dans deux parties distinctes et équilibrées, deux modes de propagation créant des ondes particulières, et notamment dispersives, dans deux milieux distincts : les ondes électromagnétiques dans l'atmosphère terrestre (les siffleurs), et les ondes acoustiques dans les océans (le canal SOFAR).

Chacune de ces deux parties, de factures assez classiques, se concluent par des questions de type résolution de problème, s'appuyant sur quelques documents annexes.

Analyse globale des résultats

Le sujet est de longueur raisonnable, bien calibré et relativement progressif : de nombreux candidats ont pu aborder la totalité des questions.

Dans la continuité des années précédentes le jury a été particulièrement attentif à la validité scientifique des justifications données et à la qualité de la rédaction. Ainsi, les candidats armés d'une bonne connaissance du cours et des acquis de travaux pratiques, d'un bon sens physique et d'une bonne maîtrise des méthodes habituelles (mener un bilan, un calcul complexe, manier les chiffres significatifs...), ont pu valoriser leurs qualités, sous réserve d'une rédaction satisfaisante.

La présentation des copies est globalement satisfaisante, même si un nombre minime de copies s'est vu sanctionné en raison d'une présentation grandement déficiente ou de trop nombreuses fautes d'orthographe. Cette part de candidats qui se font sanctionner (6 % des candidats) reste toutefois année après année constante. C'est dommage car ces candidats ont en moyenne 10, ces points leurs seraient donc extrêmement bénéfiques.

De nombreuses et diverses compétences sont évaluées par ce sujet, les domaines abordés sont larges, et il demande une grande rigueur. Il est notamment intéressant dans le sens où il s'intéresse à la maîtrise des outils du cours dans des situations proches mais distinctes de celui-ci. Il teste donc bien l'adaptabilité des candidats.

Le sujet révèle cette année deux grands problèmes chez les candidats : une lecture trop souvent superficielle de l'énoncé en de nombreux endroits du sujet (hypothèses mal identifiées, questions mal comprises), ce sur quoi nous reviendrons plus loin question par question, et une forte méconnaissance de la notion de chiffres significatifs.

Applications numériques

Le sujet propose de nombreuses applications numériques (représentant 9 % du barème) qui donnent des informations importantes. La règle habituelle est stricte : un résultat fourni avec un nombre de chiffres significatifs incohérent avec celui des données ne rapporte pas de point. Comme la précision des données fournies dans le sujet est très variable, cette année le jury a décidé d'assouplir temporairement cette règle tout en valorisant les copies exemptes de reproches dans la gestion des chiffres significatifs. Malheureusement, beaucoup trop peu de candidats ont bénéficié de cette valorisation : ces points n'ont concerné que 8 % des copies !

Résolution de problème

Les questions de résolution de problème en fin de partie ont été très peu abordées. Il est navrant de constater que trop peu de candidats ont compris qu'un effort minime de compréhension est bien souvent

suffisant pour se lancer dans ce type de questions et que c'est assez rentable en termes de points, puisqu'elles représentaient 18 % du barème (étant donné qu'il faut y passer un minimum de temps pour les aborder). Seuls 11 % des candidats ont abordé au moins une de ces deux questions. On peut noter que les candidats qui ont obtenu au moins 20 % des points à ces questions (4 % des candidats) ont en moyenne 32 % des points à ces questions, et 90 % d'entre eux ont plus de la moyenne sur l'épreuve !

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

I Particules chargées dans l'atmosphère

Q1. Assez bien réussie dans l'ensemble, mais la notion d'énergie cinétique est totalement absente chez 80 % des candidats lorsqu'il s'agit de répondre à la question « que dire de v^2 » !

Q2. Des problèmes de compréhension sur cette question : beaucoup se lancent à ce stade dans la résolution des équations. Et il n'est pas rare de retrouver cette même résolution en question 5, 6, 7 voire également 8 !

Q3. Les démonstrations qui donnent le rayon, en admettant le caractère circulaire (dans l'esprit du programme) ont été valorisées. Le jury a de surcroît évalué l'appropriation des méthodes de base de la résolution, qui sont elles exigibles, nécessaires pour résoudre ces équations : découplage d'équations différentielles, intégrations en prenant en compte les conditions initiales (pour beaucoup, prendre arbitrairement $x_0 = 0$ et $y_0 = 0$ — pourquoi pas — signifie annuler les constantes d'intégration). Le résultat est malheureusement bien pauvre même sur ces méthodes : ce type de résolution mathématique reste hors de portée de la grande majorité des étudiants.

La précision de la définition « algébrique » de la pulsation cyclotron n'a mené à quasiment aucune discussion pertinente parmi les candidats, alors que ce type de mouvement est au programme. Une discussion sur le sens de rotation était attendue en tout cas, et ceux qui ont trouvé un rayon qui dépend du signe de la charge ont été sanctionnés. C'est bien l'autonomie et la compréhension de l'énoncé par les étudiants qui est en jeu ici. Le jury rappelle aux candidats que toute discussion pertinente, toute analyse de résultat, même non demandée par la question, est toujours récompensée.

Q4. Un ordre de grandeur doit être donné avec un nombre de chiffres significatifs cohérent.

Q6. Un nombre majoritaire de candidats se sent obligé de résoudre l'équation homogène pour finalement trouver la solution particulière.

Q8. Question typique où trop de candidats ont voulu calquer une démonstration de cours (refaire une étude mécanique poussive pour tomber miraculeusement sur le résultat donné en question 12 pour qui sait lire l'énoncé...) au lieu de s'adapter à la logique du sujet qui, finalement, ne demandait que quelques lignes de calculs et une compréhension de la situation. Il faut savoir se laisser guider par le sujet.

Q9. Les unités sur cette question ont été globalement très mal gérées. Est-il utile de rappeler que tout résultat dans une unité fautive ou une unité farfelue (le $\text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{F}^{-1/2}$ est revenu trop souvent) est compté globalement faux.

Q10. Que de raisonnements « à la louche », alors qu'il est attendu, à priori, un raisonnement clair de cours ! La relation de structure est très rarement utilisée avec ses hypothèses explicites (7 % des copies).

Q11. Le sujet utilise une convention en $\exp(-i\omega t)$ qui a pénalisé de nombreux candidats n'y prêtant pas attention. La manipulation correcte des équations de Maxwell pour réfléchir à la structure du champ est très rarement faite correctement : pour de nombreux candidats, c'est transverse car « $\vec{E} \cdot \vec{B} = 0$ » [sic], la propriété *est perpendiculaire* à devient « transitive » [sic] (« $\vec{k} \wedge \vec{E}$ est perpendiculaire à \vec{e}_z donc \vec{E} est perpendiculaire à \vec{e}_z » et donc $\rho = 0$)...

Q12. Il est assez remarquable de constater à quel point un produit vectoriel peut disparaître dans un nombre majoritaire de copies. La définition d'un milieu « transparent » est assez mal connu des candidats (16 %).

Q13. Résolution de problème très décevante. Dans la très grande majorité des cas, soit elle n'est pas abordée, soit transparaissent des incompréhensions radicales et inadmissibles du type « la réception se fait 3h55min après l'émission » ou pire « La baleine [*sic*] reçoit son signal à 3h55min » (loin d'être un cas isolé !). Il reste que les candidats n'ont probablement pas compris le trajet des ondes étudiées, le fait que les siffleurs soient causés par des phénomènes naturels n'étant évoqué que de manière anecdotique.

II Ondes acoustiques sous-marines

Q14. Plutôt bien traitée et finalement assez discriminante.

Q15. et **Q16.** Questions qui ont posé beaucoup de problèmes à cause de l'hypothèse non classique de prise en compte du poids. Cela révèle que le raisonnement sur les ordres de grandeur n'est pas maîtrisé, il reste un ordre zéro et les candidats ne savent pas quoi en faire : soit il saute car « on le néglige », puis P_s disparaît dans le gradient car il est « quasi constant », soit il disparaît sans autre forme de procès, soit... Finalement, un candidat qui occulte les problèmes du poids, comme il a appris à le faire dans le cours, et qui traite le reste correctement peut avoir 70 % des points à ces deux questions. La gestion subtile du poids a permis de récompenser les meilleurs candidats, sachant qu'une simple référence à l'hydrostatique permettant de compenser les ordres 0 pouvait donner 15 % de points supplémentaires.

Rares sont les candidats qui citent d'Alembert pour la reconnaissance de l'équation de propagation et pour justifier l'identification avec la célérité des ondes (toute grandeur homogène à une vitesse n'est pas forcément la célérité).

Q17. Question très mal comprise : une écrasante majorité de candidats propose comme réponse à cette question, suite à une mauvaise lecture et compréhension du sujet, la relation de dispersion.

Q18. Assez bien réussie, mais il est très courant de voir deux erreurs de signe qui se compensent... Erreur d'énoncé sans aucune conséquence (terme impédance au lieu d'admittance), mais extrêmement rares sont les candidats qui le notent explicitement sur leur copie (1 % des copies).

Q19. Selon de nombreux candidats, « l'approximation acoustique » expliquerait visiblement bien des choses. Comme la notion de « zone de rayonnement » n'est pas au programme, nous avons valorisé les candidats qui ont fait l'effort d'entrer dans cette démonstration (22 % des copies, qui récupèrent alors 50 % des points de cette question en moyenne).

Q20. Question en apparence anodine, mais qui montre de graves manques de rigueur chez une majorité de candidats : énormes confusions sur la notion de moyenne, le module, les complexes... L'erreur la plus courante étant qu'un produit de deux complexes va se retrouver être égal au produit de leurs modules sans aucune précision !

Q21. Question pas toujours comprise. Certains candidats se contentent de conclure que « α est simplement lié à k » sans donner le lien en question.

Q24. Le raisonnement en ordre de grandeur pour évaluer les différents termes d'une relation ne semble pas être acquis pour une majorité de candidats

La fin du II.B (question 26 à 33) a été assez mal comprise.

Q27. Ce type de démonstration semble être totalement hors de portée des candidats : 2 % des candidats l'abordent correctement. Les autres qui tentent de l'aborder proposent tous des raisonnements totalement fallacieux (du type « c'est un cercle donc c'est un cercle »).

Q31. et **Q32.** Beaucoup se restreignent à la démonstration mathématique alors que seule l'analyse physique est évaluée ici.

Q33. Seuls 6 candidats, qui sont arrivés à ce stade du sujet, ont compris que la dispersion est causée par l'ouverture angulaire.

Conclusion

Ce sujet, abordable pour qui connaissait bien son cours, s'appuyant sur des questions classiques, des questions de calcul et de résolution de problème a permis de très bien classer les candidats.

Les conseils donnés dans les rapports des années précédentes sont bien sûr encore valables. Nous préférons cette année insister sur quelques comportements attendus des candidats.

- Tout d'abord, il est primordial de suivre l'énoncé dans ses hypothèses, ses notations, et d'anticiper où le sujet vous emmène : il est inutile de partir dans une résolution d'équation si on ne demande que de poser l'équation ! Il faut identifier clairement les hypothèses disponibles à chaque question, ce qui permet de comprendre ce qui est attendu.
- Le barème valorise systématiquement le soin accordé au nombre de chiffres significatifs des résultats obtenus par lecture graphique, dans un tableau de données, ou encore à l'issue d'un calcul. La perte de temps et de points est colossale pour les candidats qui n'ont toujours pas compris ce principe.
- Les résolutions de problème doivent être abordées avec plus de méthode. Une simple application de la méthode « scientifique » permet 1– de récupérer des points *facilement* car les barèmes sont larges sur ce type de questions et évalués par compétences et 2– surtout d'aider à formaliser le problème et *donc* à trouver la bonne réponse !
- Le jury valorise toujours autant les commentaires pertinents, même non demandés par l'énoncé, ainsi que les rédactions de qualité, des démonstrations et justifications complètes. Par exemple, pour une analyse dimensionnelle, le jury préfère valoriser les candidats qui font l'effort de rappeler avec des mots les noms des quantités qu'ils manipulent ; plutôt que les candidats qui enchaînent trois lignes de calculs abscons sans explication.

Le jury a été enthousiasmé à la lecture de quelques copies exceptionnelles qui sont l'œuvre de candidats très bien préparés, connaissant très bien leur cours et maîtrisant l'analyse dimensionnelle, sachant raisonner en physiciens, capables d'une véritable analyse scientifique, livrant des commentaires d'une pertinence remarquable en prenant du recul, s'exprimant avec concision, clarté et efficacité. Il est donc d'autant plus désolé de compter autant de copies ne présentant quasiment aucune de ces qualités, pas même la plus fondamentale pour aborder une épreuve de concours : la maîtrise du cours.

Nous espérons que ces quelques conseils seront profitables aux futurs candidats.