

PHYSIQUE

Rapporteur Monsieur Michel BRIAND

L'épreuve était composée de deux problèmes totalement indépendants. Le premier problème traitait d'électromagnétisme et le second de mécanique. Il convenait de passer deux tiers du temps sur le premier problème et un tiers sur le second. Les questions traitées faisaient appel de façon équilibrée aux connaissances des deux années de préparation. Chaque problème testait les connaissances de base du cours avant d'aller dans des parties plus appliquées (microphones pour le premier problème et sismographe pour le deuxième). Le sujet était relativement long mais sans grande difficulté théorique. La conception du sujet permettait facilement de continuer dans un problème même si on butait sur une question, ainsi les trois parties du premier problème pouvaient être traitées de façon totalement indépendantes. Quelques questions plus difficiles situées en fin de partie ont servi à valoriser les candidats capables d'aller un peu plus loin et n'étaient en aucun cas bloquantes.

L'ensemble des questions a été traité par les candidats même si aucune copie n'a traité correctement toutes les questions.

Les remarques des années précédentes demeurent, pour l'essentiel, d'actualité. On est frappé, à la correction, par la grande hétérogénéité des copies. Visiblement un certain nombre de candidats maîtrise les notions de base du programme, est capable de progresser en comprenant l'esprit du problème et seuls quelques petites subtilités de calculs et le temps imparti empêchent ces étudiants d'aller au bout, mais l'ensemble donne une impression satisfaisante et ne laisse pas de doute sur la capacité à traiter de façon scientifique les problèmes. Malheureusement, le nombre de telles copies est trop restreint. Pour ce qui semble être une majorité, les notions de base sont mal acquises et la physique se résume à essayer d'appliquer des formules toutes faites sans compréhension profonde des conditions d'application des lois et théorèmes. Peut-être les programmes doivent-ils être moins ambitieux quantitativement mais plus tournés vers la compréhension profonde, l'esprit critique et la rigueur scientifique. Le fait que la plupart des candidats soient incapables de définir ce qu'est un référentiel galiléen au début du deuxième problème montre bien que les fondements de la physique ne sont pas bien acquis.

Il faut noter également que, malgré les remarques des rapports des années précédentes, il n'y a pas globalement beaucoup d'amélioration dans la qualité de la présentation des copies. Sans parler de « l'esthétique » de la présentation qui pourrait être grandement améliorée (notamment la qualité de l'écriture et de l'orthographe), le problème est principalement dans la façon de rédiger. L'énoncé du problème demandait explicitement à certains endroits de justifier clairement, de donner le résultat en fonction de certains paramètres, de faire un schéma... Malheureusement, trop souvent les consignes de l'énoncé ne sont pas suivies. Le candidat semble vouloir répondre quelque chose par automatisme sans vraiment se soucier de la question posée. Dans le même ordre d'idée, certaines questions (pour ne pas bloquer le candidat) donnaient le résultat et proposaient de le redémontrer en justifiant de façon très claire. C'était par exemple le cas de la question 12 dans le premier problème. On voit alors sans vergogne fleurir des démonstrations visiblement fausses dont le seul but est de trouver le résultat proposé sans aucun souci de rigueur scientifique ! Une telle attitude très inquiétante est malheureusement assez fréquente. On préférera nettement ces autres copies où le candidat écrit honnêtement : « N'ayant pas trouvé la formule proposée, j'ai dû commettre une erreur. J'admets donc le résultat pour la suite du problème ».

Analyse par problème :

Premier problème : le problème I étudiait dans une première partie la théorie du condensateur en électrostatique puis en régime variable, avant d'appliquer les résultats trouvés à l'utilisation en microphone électrostatique. Il se terminait par l'étude d'un microphone électrodynamique ce qui permettait de tester les connaissances de base en électromagnétisme et en électricité de circuit.

Dans la première partie, l'étude des symétries et des invariances dans les problèmes d'électrostatique est en général bien faite mais semble souvent récitée par cœur sans forcément une compréhension profonde. L'équation de Maxwell-Gauss et son caractère local ne sont pas bien maîtrisés (confusion fréquente entre densités surfacique et volumique de charges notamment). Le théorème de Gauss est souvent connu mais son application reste très délicate même si le problème évoquait un cas très classique. Peu de candidats ont justifié par le théorème de superposition le champ total dans le condensateur. Les candidats auront souvent confondu densité d'énergie et énergie totale. Comme évoqué précédemment, l'énoncé était souvent mal lu ! Comme pour l'équation de Maxwell-Gauss, le caractère local de l'équation de Maxwell-Ampère est mal appréhendé par les candidats qui justifient souvent l'existence d'un champ magnétique par la présence d'une densité de courant \vec{j} entre les armatures alors qu'il s'agit bien sûr d'un courant de déplacement. Nous rappelons que les applications numériques doivent être accompagnées d'unités pour être considérées comme correctes ! Très peu de copies ont traité les discussions sur les fréquences utilisées. De même, l'analyse des forces inter-armatures a été très peu abordée. Ces questions n'étaient pas difficiles mais supposaient une compréhension fine de ce qui se passait. Ceci montre bien que la plupart des étudiants sont débordés par la quantité de choses à savoir et que cela se fait au détriment de la compréhension physique des phénomènes.

Dans la deuxième partie, on appliquait les résultats de la première pour comprendre le fonctionnement d'un microphone électrostatique. Les résultats indispensables qui n'auraient pas été trouvés dans la première partie étaient donnés. L'approximation de la force électrostatique a été en général bien vue même si peu d'étudiants ont vraiment compris pourquoi on ne conservait que la partie variable de cette force pour la suite des calculs. Peu d'étudiants ont vu que l'épaisseur du condensateur variait en $e^{-y(t)}$ ce qui était pourtant évident sur le schéma de l'énoncé. Tout était dans cette compréhension. La fin de la partie était assez calculatoire, mais ceux qui avaient compris la physique du problème ont en général mené les calculs à bien. Ils sont malheureusement peu nombreux. Cela prouve bien que l'aspect calculatoire n'est pas ce qui bloque principalement les étudiants dans notre discipline mais bien la compréhension des phénomènes de base.

La troisième partie, assez classique, analysait le fonctionnement d'un microphone électrodynamique. Trop d'étudiants pensent que le champ magnétique est créé par le mouvement de la bobine ou que le courant préexiste dans la bobine alors qu'il est induit par le mouvement. Peut-être ont-ils confondu avec le haut-parleur ? Cette partie était très directive et un bon nombre de candidats a mené à bien ces calculs en se laissant guider par l'énoncé. Malheureusement, comme dans la deuxième partie, l'analyse de la dépendance en fréquence de la réponse du microphone n'a quasiment jamais été faite même par ceux qui avaient trouvé les bonnes équations.

Deuxième problème : le but de ce problème II (beaucoup plus court que le premier) était de voir si le candidat avait compris ce qu'était un référentiel galiléen ou non (partie cours) et d'appliquer de façon très simplifiée cette compréhension à l'oscillation d'un sismographe (partie application).

Ce problème a été moins abordé ce qui peut se comprendre puisque placé en deuxième partie. Il en ressort néanmoins la constatation que les candidats ont parfois un peu de mal à définir clairement ce qu'est une translation entre deux référentiels. Ils imposent souvent que leurs axes soient parallèles alors qu'il suffit en fait que les directions relatives soient fixes. Par contre définir un référentiel galiléen s'avère quasi-impossible pour la plupart. Les réponses du genre « un référentiel galiléen est un référentiel fixe » ou « un référentiel galiléen est un référentiel en mouvement de translation rectiligne uniforme par rapport à un autre référentiel ... galiléen » montrent qu'en fait l'étudiant ne s'est jamais vraiment posé la question durant les deux années de préparation. D'autre part, dans les exemples de référentiels galiléens demandés, rares étaient les candidats précisant l'origine et les axes du repère décrit. Les questions suivantes montraient que les forces d'inertie étaient apprises par cœur, souvent avec des erreurs de signe, sans être réellement comprises.

La deuxième partie du problème appliquait ces notions à la rotation d'une barre autour d'un axe fixe pour simuler un sismographe simpliste. Certes, on peut penser que beaucoup de candidats arrivaient à la fin du temps et ont traité ces questions très vite mais il n'en demeure pas moins que les notions de base de la mécanique de rotation autour d'un axe fixe sont très décevantes. La notion de moment est souvent mal comprise quand il n'y a pas confusion entre moment d'inertie et moment d'une force, voire entre force et moment. Bien peu en fait sont capables de calculer le moment du poids et la notion de liaison parfaite n'est que très peu associée à celle de moment nul par rapport à l'axe. La méthode énergétique, très rarement abordée, n'a quasiment jamais été traitée correctement. D'une manière générale, on a l'impression que les notions de mécanique sont moins bien comprises que les notions d'électromagnétisme, ce qui est un peu surprenant.

En conclusion, les examinateurs sont quand même déçus par le niveau d'ensemble des copies même si ils en ont trouvé d'excellentes. Ils ne peuvent que constater la grande hétérogénéité des niveaux où le meilleur côtoie parfois l'indigent.

Pour les étudiants, disons qu'une étude efficace de la Physique commence par la compréhension des éléments fondamentaux du cours. La Physique est basée sur un petit nombre de principes de base, ils doivent être parfaitement connus et non survolés. C'est cette compréhension profonde des phénomènes de base plus que la répétition d'exercices qui donnera de l'intérêt à leurs études, leur permettra de s'adapter aux divers exemples proposés par les énoncés des concours ou exercices d'oral et leur permettra plus tard de s'adapter à des situations technologiques pointues dans le cadre de leur futur métier. Disons également que la lecture attentive du sujet et des exigences demandées est un élément important pour ne pas perdre bêtement des points lors de la rédaction.

Nous souhaitons bon courage aux futurs candidats et à leurs enseignants pour la préparation des prochains concours.

Physique

