

2.2. Physique I — MP

Présentation du sujet

Le sujet Physique I MP proposait d'étudier différents phénomènes physiques spécifiques aux régions polaires. La première partie de cette épreuve s'intéressait au géomagnétisme du globe. Après une caractérisation du champ magnétique terrestre (questions 1 et 5), les candidats étaient invités à étudier un modèle simplifié de dynamo pour rendre compte du fonctionnement du champ magnétique terrestre (questions 6 à 11). La deuxième partie du sujet était consacrée à l'étude des frottements d'un traîneau sur la glace (questions 12 à 16). L'épreuve se terminait par une étude thermique de la croissance hivernale de l'épaisseur de glace sur la banquise (questions 17 à 23).

Remarques générales

Le sujet pouvait apparaître facile de prime abord, mais revêtait de nombreuses difficultés pour les candidats. L'épreuve comportait très peu de questions dont les résultats étaient donnés. En ce qui concerne les thématiques abordées dans ce sujet, les parties magnétisme et mécanique ont posé des difficultés aux élèves. La partie thermique sauve une majorité de candidats avec quelques démonstrations proches du cours ou fortement inspirées d'exercices classiques.

Le jury souhaiterait insister sur les points généraux suivants :

- De nombreuses copies font apparaître des résultats qui ne sont pas homogènes, des applications numériques sans unité ou avec des unités erronées. Trop de candidats ne connaissent pas les unités de base de certaines grandeurs, ou ne montrent pas assez de lucidité et d'esprit critique pour corriger des résultats qui semblent erronés. Le jury est inquiet à propos de certaines copies qui montrent une certaine légèreté vis-à-vis de ces questions. À l'inverse, certains candidats n'arrivant pas à démontrer un résultat s'appuient sur l'analyse dimensionnelle pour essayer de l'obtenir, ce qui est une bonne démarche à défaut de pouvoir démontrer le résultat rigoureusement.
- On peut constater, plus particulièrement dans les parties magnétisme et mécanique, de nombreux raisonnements superficiels et décousus, alors qu'une approche rigoureuse adossée aux compétences acquises en CPGE permettait bien souvent de répondre à la question et d'obtenir l'intégralité des points affectés à la question.
- La réalisation d'un schéma complet et soigné épargne très souvent des erreurs dans les projections et permet également d'initier un raisonnement physique construit. Un schéma en mécanique doit faire apparaître correctement le système, les axes de projection, les angles, les points d'application des forces s'exerçant sur un système non réduit à un point matériel, les forces s'exerçant sur le système.

Certaines erreurs récurrentes sont également à mentionner :

- Quand l'énoncé précise que le résultat doit être formulé dans un certain jeu de coordonnées, il convient de se conformer à ce qui est demandé.
- La géométrie du champ magnétique terrestre est très souvent méconnue.
- Les études des invariances et symétries pour la détermination d'un champ magnétique sont rarement effectuées de manière correcte.

- Très souvent, les candidats ne prennent pas la peine de démarrer un raisonnement par une formule générale. L'utilisation de formules valables sous certaines hypothèses ou dans certaines géométries a conduit à de nombreuses erreurs.
- Le passage par une grandeur infinitésimale est très souvent omis au profit d'une expression intégrale souvent mal écrite ou inadapté au cas envisagé.
- Les applications des théorèmes généraux en mécanique se sont révélées très souvent catastrophiques.
- La prise en compte des frottements est très souvent mal traitée par les candidats.
- Les hypothèses et étapes pour établir l'équation de la diffusion thermique sont présentes, mais le raisonnement sous-jacent est superficiel.

Remarques particulières

Dans la suite de ce rapport, nous proposons de revenir brièvement sur certaines erreurs revenues fréquemment, question par question.

Question 1. On ne pouvait pas se borner à affirmer la stabilité sans justification. La nullité du couple ne prouve pas, à elle seule, la stabilité de l'équilibre. Un nombre non négligeable de copies indique que l'équilibre n'est pas stable, car l'aiguille oscille autour de la position d'équilibre lorsqu'on l'en écarte un peu. Le jury invite vivement les futurs candidats à s'appropriier la notion d'équilibre "stable" et les méthodes pour discuter cette stabilité. Peu de candidats évoquent l'énergie potentielle pour justifier, formule pourtant rappelée en annexe du sujet.

Question 2. Le TMC est peu souvent mis en œuvre. Dans bien des cas, le calcul du produit vectoriel est faux. Quand le calcul a pu être mené à bien, les candidats ont régulièrement oublié le facteur 2π , ou ont inversé le quotient dans l'expression de la période.

Question 3. Les candidats sont invités par l'énoncé à écrire le résultat dans la base sphérique. Il est également appréciable de procéder à des simplifications élémentaires au numérateur et au dénominateur quand un résultat est encadré.

Question 4. Un moment magnétique n'est pas sans unité. Beaucoup de candidats se trompent de signe lorsqu'il s'agit d'exprimer le champ magnétique.

Question 5. Question très peu abordée par les candidats ou de manière superficielle.

Question 6. L'analyse des symétries est peu ou mal (choix d'un plan inadapté) utilisée pour déterminer la direction du champ magnétique. Le résultat a été souvent parachuté. Le lien entre flux propre, coefficient d'inductance propre et intensité du courant est peu connu.

Question 7. Il est recommandé aux candidats de donner explicitement l'expression littérale de la définition d'une grandeur (force de Laplace infinitésimale ou moment infinitésimal) et d'appliquer ensuite l'expression à une géométrie particulière.

Questions 8. Question qui n'a pas posé de problème. Le bilan de la conversion électromécanique est connu.

Question 9. Quelques erreurs sont à relever sur les conventions d'orientation pour l'équation électrique.

Question 10. Les candidats qui avaient obtenu les coefficients demandés à la question précédente ont généralement prouvé la conservation de H . La suite de la question a été largement laissée de côté. La moitié des quelques copies ayant calculé le gradient de H oublie la racine carrée ou la possibilité que i soit négatif. Il est dommage de mener correctement un calcul peu habituel et rater les dernières étapes, surtout quand elles sont plus simples.

Question 11. Question très peu abordée.

Question 12. Question peu réussie. Les démonstrations sont très souvent hasardeuses et peu rigoureuses.

Question 13. Il est dans l'intérêt des candidats de réaliser un schéma clair, avec un bilan des forces précis (attention au point d'application d'une force). Cette question a été largement ratée par les candidats. De nombreuses erreurs sur les projections également.

Question 14. La moitié des candidats utilise le coefficient de frottement de glissement pour exprimer la force limite de rupture du contact.

Question 15. Le coefficient β possède une unité. Cette question montrait l'aisance de certains candidats sur ce type de résolution.

Question 16. Question qui mobilisait des formules classiques et qui a été peu réussie dans l'ensemble. De grosses lacunes chez certains candidats.

Question 17. Les candidats ont majoritairement obtenu l'équation de la diffusion thermique. Certains points de justification sont erronés, mais la démonstration de cours est maîtrisée dans l'ensemble.

Question 18. Question souvent mal traitée (même l'analyse dimensionnelle), pourtant très proche du cours.

Question 19. Un nombre non négligeable de copies ne définit pas les résistances thermiques alors que cela était demandé dans l'énoncé.

Question 20. De nombreuses erreurs dans cette question : une rapide vérification d'homogénéité (en s'appuyant sur les questions précédentes) permettait pourtant de s'apercevoir que hS ou h ne peuvent être égaux à une résistance thermique.

Question 21. Pour la justification du modèle électrique, le jury attendait plus que la seule justification de l'association série. Que modélise physiquement la source de courant ? La présence du dipôle D ?

Question 22 et 23. Questions peu abordées. Le jury invite les futurs candidats à s'entraîner à utiliser la loi des nœuds en termes de potentiels, abordée en électronique et qui peut être appliquée ici.

2.3. Physique II — MP

L'épreuve comportait deux parties équilibrées, l'une consacrée à la vérification de la loi de Gladstone-Dale, l'autre au refroidissement par désaimantation adiabatique, représentant respectivement 53% et 47% des points du barème. Le problème était progressif, mais des questions très accessibles jalonnaient les deux parties ce qui a permis aux candidats d'aborder en général une grande partie des questions. Bien que les calculatrices soient interdites, ce qui allonge nettement le temps consacré aux applications numériques, le problème était