

## 2. PHYSIQUE

### 2.1. Remarques générales

Les encres pâles sont encore fréquentes, et un nombre croissant de candidats a obligé les correcteurs à utiliser la loupe tant leur écriture est minuscule.

Une présentation soignée (écriture nette, absence de ratures, résultats encadrés) dispose très favorablement le correcteur. Les correcteurs sont entonnés par le manque de soin ; beaucoup de copies ressemblent plus à un brouillon qu'à une épreuve de concours.

Il est indispensable de travailler en profondeur le cours de première et de deuxième année, de connaître les théorèmes avec leurs hypothèses.

Il est important que les candidats lisent l'énoncé et répondent à la question qui leur est posée.

Les candidats ne devaient pas se contenter de réponses superficielles et devaient produire des raisonnements construits et un peu étayés. Les réponses à certaines questions nécessitaient un bon sens physique, une certaine autonomie et de la rigueur pour poser le problème correctement et y répondre par une modélisation précise.

Les tentatives de bluff, moins nombreuses cette année, sont lourdement sanctionnées.

On recommande de bien traiter une partie des questions plutôt que de produire un discours inconsistant pour chacune d'entre elles.

On a pu noter des lacunes importantes chez de nombreux candidats dans la maîtrise des outils mathématiques de base : projections dans une base, manipulations d'une base mobile, trigonométrie, écriture d'équations où un scalaire est égal à un vecteur.

Il est demandé aux candidats de numéroter leurs copies de façon cohérente : les examinateurs apprécient assez peu de se voir confrontés à un jeu de piste !

Les abréviations sont pléthore, au point de rendre la lecture parfois difficile en raison de l'ambiguïté qui peut en résulter.

On tient aussi à insister sur le soin apporté à l'orthographe. Il est inadmissible que des étudiants se destinant à être cadres rendent des copies truffées de fautes.

L'accord des masculins et féminins semble difficile pour certains. On ne compte pas les copies avec des « principe fondamentale de la dynamique ». Les pluriels, les accords de participes passés (quand ils ne sont pas transformés en infinitifs !) ne sont hélas pas en reste. Et que dire de ces étudiants qui après une année de Spé parlent encore d'équations de « Maxwelle » ?

L'orthographe est juste une question de concentration et d'exigence vis-à-vis de soi-même.

Sur le fond, on rappelle qu'une application numérique donnée sans unité vaut 0 (et que le « S.I. » n'est en général pas admis), qu'une courbe dont la légende des axes n'est pas indiquée vaut aussi 0, que paraphraser la question n'a jamais fait office de réponse, que des résultats donnés sans justification et sans la moindre rédaction ne peuvent pas être pris en compte et que rédiger consiste à faire une phrase complète (et donc on ne commence pas une réponse par « parce que »).

## 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  $2\pi$ , 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 bêta 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

manifestement bien calibré en longueur eu égard aux nombres de questions que les candidats ont eu le temps de traiter.

Entrons maintenant dans le détail des diverses questions :

Question 1. Question bien traitée dans l'ensemble bien que certains étudiants aient utilisé dans la même équation la même notation  $n$  pour l'indice et le nombre de moles. Une relation de proportionnalité s'exprime plus clairement en introduisant une constante multiplicative.

Question 2. Dans cette question le jury a vu le meilleur comme le pire. Bien que l'interféromètre de Michelson soit au programme en cours et en TP, certains ne le connaissent manifestement pas et le confondent avec les fentes d'Young ! Le tracé des rayons est en général bien fait même si des délires géométriques émaillent certaines copies heureusement peu nombreuses (rayons arrivant en incidence normale au centre d'une lentille convergente pour émerger à  $45^\circ$ , rayons se réfléchissant d'un miroir à un autre en passant derrière la séparatrice...). Les candidats savent placer convenablement la lentille de sortie. En revanche il n'en est pas de même pour celle d'entrée. Quant à son intérêt... Plus grave à nos yeux, seule une minorité d'étudiants arrivent à redémontrer la formule donnant le rayon des anneaux. Beaucoup d'entre eux écrivent le l'ordre du  $k^{\text{ième}}$  anneau est  $k$  et ne savent pas que l'ordre diminue quand on s'éloigne du centre de la figure.

Question 3. Le facteur 2 manque dans presque la moitié des copies, les candidats ayant oublié que le rayon lumineux traverse deux fois la cuve.

Question 4. Peu de valeurs numériques justes hélas. Pour l'exploitation à l'ordinateur, le jury attendait à minima les mots de « régression linéaire ».

Question 5. Même si l'équation différentielle a été souvent trouvée, les correcteurs ont souvent cherché un bilan des forces correctement fait. Nombre de candidats confondent le fait de négliger  $B$  et de négliger son effet via la force de Lorentz. Dire que  $B$  est en  $E/c$  donc négligeable ne répondait pas à la question.

Question 6. Comme précédemment, dire que le noyau est plus lourd que l'électron ne justifie pas à lui seul le fait qu'on néglige son mouvement. Si on ne met pas en regard les forces subies, on n'a rien démontré du tout.

Question 7. Cette question a été massacrée. Le filtre n'est très souvent pas reconnu. Les étudiants se lancent dans des dérivées inutiles pour trouver le maximum. En moyenne seuls 3% d'entre eux ont fait un diagramme de Bode correct. Certains reconnaissent un filtre passe-bas puis tracent un diagramme correspondant à un passe-bande, ou l'inverse. Aucune cohérence alors que ces filtres sont étudiés en cours et en TP. Beaucoup semblent ignorer que la valeur du facteur de qualité influe sur le positionnement de la courbe par rapport aux asymptotes.

Question 8. En dehors des quelques étudiants qui, en fin de Spé ne connaissent toujours pas les équations de Maxwell, cette question a été plutôt bien traitée même si certains candidats se sont évertués à faire apparaître coûte que coûte la permittivité relative dès le début des calculs

Question 9. RAS

Question 10. Très peu d'applications numériques justes. Comment des candidats peuvent-ils laisser des pulsations en  $10^{-16}\text{rad.s}^{-1}$  ?

Question 11. Question bien traitée dans l'ensemble.

Question 12. Le parti pris de l'énoncé de vouloir utiliser des normes pour évacuer les questions de signes a plutôt perturbé les candidats. Certains ont pris les choses en main et ont fait une rédaction très rigoureuse. D'autres ont servi une belle salade composée aux vecteurs, composantes et normes.

Question 13. RAS

Question 14. Question plus calculatoire, ce qui a ravi les candidats.

Question 15. Encore quelques calculs, bien faits dans l'ensemble.

Question 16. Toujours des calculs sous la forme d'un DL qui a été globalement assez mal réussi.

Question 17. La question a été en général mal comprise. Les correcteurs ont rarement trouvé dans les copies l'évocation de la limite d'ordre et de désordre. L'allure de la courbe est souvent donnée après des justifications pour le moins étranges. L'appel au sens physique des candidats n'est jamais décevant...

Question 18. Il y avait ici une incohérence de l'énoncé puisque  $h$  dépendait de  $B$  et  $T$ . La présentation de l'énoncé a perturbé quelques bons candidats, mais les autres se sont majoritairement rués sur le calcul sans se poser la moindre question.

Question 19. La manipulation de dérivées partielles n'est plus trop dans l'esprit des programmes même si elle est utilisée de manière formelle dans le cours de thermochimie. Cela s'est bien senti dans les copies : la notion de fonction d'état n'est jamais invoquée et les manipulations des dérivées partielles sont très souvent fantaisistes

Question 20. Il y a souvent eu confusion entre isenthalpique et isentropique. Peu de candidats ont fourni une démonstration correcte à cette question.

## 2.4. Physique I — PC

### Présentation du sujet

Le sujet abordait quatre problèmes physiques, liés par le thème de l'arctique. Ces quatre problèmes étaient largement indépendants, et portaient sur des parties distinctes du programme de physique de PCSI et de PC : magnétostatique, mécanique, transferts thermiques et mécanique des fluides.

La première partie s'intéressait à l'utilisation de la boussole, en rapport avec l'allure du champ magnétique à la surface de la Terre.

La seconde partie, découpée en deux parties indépendantes, s'intéressait d'une part à la condition de démarrage d'un traîneau à chiens, et à sa dynamique en virage, et d'autre part à la vitesse de croissance de la couche de glace à la surface de l'eau.