

---

## PHYSIQUE

**Rapporteur Monsieur Michel MARTEL**

### **I - Présentation du sujet :**

Le sujet de l'épreuve de Physique comportait deux problèmes totalement indépendants et portant de manière équitable sur les connaissances acquises pendant les deux années de préparation aux concours.

Chacun des deux problèmes était progressif et comportait plusieurs parties, le plus souvent indépendantes.

Les deux problèmes présentaient des questions de difficulté variable afin de permettre aux candidats de trouver matière à s'exprimer.

Le premier problème abordait le thème des oscillations mécaniques. Les quatre parties traitaient successivement de :

- l'oscillateur harmonique non amorti,
- l'oscillateur harmonique amorti par frottement fluide,
- l'étude de l'amplitude des oscillations dans le cas d'un régime forcé et le phénomène de résonance,
- les petites oscillations d'un bouchon de liège à la surface de l'eau en présence de poussée d'Archimède.

Le deuxième problème abordait l'utilisation des solénoïdes. Les quatre parties traitaient successivement :

- du calcul du champ magnétique créé par un tore puis par un solénoïde infini,
- du calcul de l'inductance d'un solénoïde par des considérations de flux puis des considérations énergétiques,
- du régime transitoire entre deux solénoïdes couplés,
- du calcul des champs électriques et magnétiques à l'intérieur d'un solénoïde en présence d'un conducteur cylindrique.

Des données trigonométriques ainsi que des rappels relatifs à la poussée d'Archimède étaient fournis dans le premier problème.

Dans le deuxième problème, le sujet fournissait des rappels concernant le champ magnétique dans les solénoïdes et la notion de densité volumique d'énergie magnétique.

L'ensemble du sujet était conçu pour pouvoir être réalisé et rédigé dans la durée impartie de quatre heures. L'épreuve avait une longueur raisonnable et adaptée puisqu'un certain nombre de candidats ont eu le temps d'aborder toutes les questions. Le niveau de difficultés était bien adapté à cette section puisque toutes les questions ont été résolues par les candidats (certains ont même tout fait à quelques étourderies de calculs près).

La grande majorité des questions était proche du cours. L'épreuve était progressive et les candidats étaient guidés tout au long des différents problèmes. La dernière partie de chaque problème présentait une difficulté un peu plus grande que les précédentes.

## **II - Remarques générales :**

Pour la plus grande satisfaction du jury certaines copies, encore trop peu nombreuses, étaient de bonne qualité et traduisaient un travail sérieux et approfondi du programme de physique au cours des deux années de préparation. D'autres copies par contre traduisaient un réel manque de travail puisque même les questions les plus classiques et basiques n'étaient que survolées, voire même pas traitées du tout.

En règle générale, la mécanique (premier problème) a été plus abordée et mieux faite que l'électromagnétisme (deuxième problème).

Certains étudiants ne prennent pas le temps de lire la totalité des questions et oublient certaines parties (par exemple : deuxième problème question 6.1, il fallait préciser la convention récepteur, par exemple à l'aide d'un schéma, pour recueillir la totalité des points) ou ne donnent pas la réponse en fonction des paramètres demandés : ils perdent donc bêtement des points.

Il est rappelé qu'une question commençant par « montrer », « déterminer » ou « déduire » nécessite un développement et une justification. Un minimum d'explications est le plus souvent exigé pour justifier les calculs faits. Certaines réponses lapidaires ne permettent pas de détecter si la réponse apportée est le fruit du hasard ou d'une réflexion.

Le jury insiste sur le fait qu'une simple analyse dimensionnelle ou un minimum d'analyse physique de l'influence des divers paramètres intervenant dans une formule permet souvent de détecter une erreur.

Il est rappelé aux candidats que l'épreuve de physique porte sur les programmes des deux années des classes préparatoires et qu'il n'est pas judicieux de faire des impasses, ni en fonction de ses propres goûts, ni en fonction de statistiques concernant les sujets abordés lors des concours. Tout le programme de physique doit être connu, même ce qui peut correspondre aux dernières semaines du programme de spéciale (optique ou ondes électromagnétiques)

Dans l'ensemble, les copies sont très hétérogènes. Le jury ne peut que constater que se côtoient parfois des étudiants capables de résoudre tout le problème et des candidats incapables de mettre en équation une masse oscillant au bout d'un ressort voire capables d'affirmer qu'une telle masse aura un mouvement uniformément accéléré. Cette constatation pose problème.

Il est toujours aussi surprenant de voir les copies quasi blanches de certains candidats qui, après deux années passées en classes préparatoires, n'essaient même pas d'aborder les questions ultra classiques et triviales.

Il a été remarqué que trop de candidats négligent les justifications des réponses qu'ils apportent notamment lorsque les questions sont qualitatives, malgré la demande explicite de justification dans le sujet.

La rédaction claire produite par certains candidats est appréciée. A contrario, le jury déplore les copies dans lesquelles il est difficile de suivre le fil directeur.

Le jury demande expressément aux candidats de respecter la numérotation des questions, de ne pas traiter plusieurs questions en une seule et de ne pas imbriquer sur leurs copies les réponses à des parties voire des problèmes distincts.

Les questions concernant la justification physique d'un phénomène ou bien ses applications conduisent souvent à des réponses dénuées de tout sens physique et critique (utilisation dans les convecteurs électriques de l'effet joule produit par un champ magnétique variable dans un conducteur métallique...).

Le jury apprécie toujours lorsque les candidats signalent que le résultat qu'ils ont obtenu n'est pas correct et qu'ils s'en sont rendu compte, cela permet de faire preuve de sens critique.

Le jury rappelle aux candidats qu'il est indispensable de faire preuve d'une certaine rigueur dans les notations utilisées. De plus, dans le cas où le candidat utilise des notations qui n'ont pas été définies dans le sujet, il est indispensable de détailler ces notations.

Le premier problème pouvait être résolu en utilisant les notations complexes. Le sujet invitait dans ce cas à redéfinir sommairement les notations utilisées. Très peu de candidats ont effectivement fait cela.

La clarté et la qualité de présentation des copies sont des éléments à ne pas négliger. Le fait d'aérer les copies, de soigner l'écriture, de mettre en évidence les résultats obtenus améliore la lisibilité de la copie et ne peut qu'apporter davantage de faveur de la part des correcteurs. Le jury ne juge pas le sens physique des candidats en examinant la qualité de leur orthographe, mais il est néanmoins du plus mauvais effet de se rendre compte qu'un candidat ne maîtrise pas les règles les plus élémentaires de la grammaire française.

Enfin le jury rappelle qu'il est recommandé à chaque candidat de parcourir l'ensemble du sujet dès le début de l'épreuve pour lui permettre de repérer les parties et les questions sur lesquelles il sera le plus efficace.

### **III – Remarques concernant le sujet traité question par question**

*Premier problème :*

Première partie : cette partie a en général été bien faite. Il est néanmoins dérangeant de constater qu'en deuxième année de formation, on trouve encore pas mal de candidats capables de trouver un mouvement uniformément accéléré, une oscillation autour du point O, voire un mouvement exponentiel sans se poser de questions. Une erreur d'étourderie dans les calculs est (plus ou moins) pardonnable à condition qu'elle ne conduise pas à une hérésie physique !

Le sujet imposait une origine des abscisses. Il est maladroit de changer d'origine qui plus est en changeant de notations.

Le terme constant de l'équation différentielle a été trouvé mais bon nombre de solutions ont oublié la solution particulière.

Deuxième partie: Les calculs sur la poussée d'Archimède sont en général bien faits.

4.1. L'énoncé annonce des oscillations quasi périodiques, il est surprenant d'arriver à une équation différentielle en contradiction avec cela.

4.2. Le calcul de  $k_0$  est souvent juste mais la pseudo-pulsation est souvent fausse.

5. Cette question a été rarement faite même par les étudiants n'ayant pas fait d'erreurs avant.

Troisième partie : Cette partie était en fait une question de cours à l'intérieur du problème. On doit constater que beaucoup de candidats (même parmi ceux dont l'ensemble de la copie est correct) n'ont pas compris la technique de calcul complexe en physique et ont du mal sur un exemple à repasser de la représentation complexe à la représentation sinusoïdale.

Certains étudiants, négligeant l'invitation du sujet, ont tenté de traiter la question sans utiliser les complexes. Ces tentatives n'ont pas été couronnées d'un grand succès.

7.1. La réponse à cette question étant donnée en 7.2, le jury attendait un calcul précis pour accorder les points. Un candidat accumulant les erreurs grossières et trouvant néanmoins le bon résultat ne fait pas preuve d'honnêteté scientifique... pour ne pas dire qu'il essaye de tromper le correcteur ! Inutile de dire que cette attitude est peu appréciée...

7.2. Trop peu de candidats ont reconnu le phénomène de résonance dans l'existence d'un maximum de la puissance absorbée. Certains candidats, contrairement à ce que l'énoncé préconisait, se sont lancés dans un calcul long et pénible pour mettre en évidence l'existence d'un maximum de la puissance.

Quatrième partie : Cette partie a été bien comprise par les candidats. Il est cependant curieux de constater que plus de la moitié des candidats bien qu'ayant vu la simplification à faire dans la question 9.1 se sont trompés dans l'expression de  $a$  ( $a = RL$  au lieu de  $2RL$ ) alors que le schéma qui figurait sur le sujet induisait le résultat de façon quasi évidente. Certains se sont lancés dans des calculs d'intégrale ou de développements limités qui débouchaient rarement sur une expression satisfaisante.

De toute évidence, le phénomène conduisait à l'équation différentielle de l'oscillateur harmonique : cela n'a pas paru évident à certains.

*Deuxième problème :*

Première partie: Cette partie était très proche du cours. Certains candidats l'ont bien comprise et ont bien détaillé leur rédaction notamment dans la description des symétries.

1. Le jury a trouvé des versions inattendues et abracadabrantes du théorème d'Ampère...

2. Le jury attendait une réponse rigoureuse à la question posée. Il fallait nécessairement étudier distinctement les symétries et les invariances de la distribution de courant. Signalons qu'en toute rigueur c'est la distribution de courants qui est invariante par rotation autour de Oz et non le champ magnétique !

3. Certains candidats n'ont pas vraiment précisé le contour sur lequel ils appliquaient le théorème d'Ampère et le résultat semblait sortir d'un chapeau. Il est évident qu'un minimum d'explications claires était attendu pour obtenir l'ensemble des points et ceci pour permettre de récompenser ceux qui détaillaient le calcul.

Nombreux sont les candidats qui n'ont pas clairement différencié les deux cas (point à l'intérieur et à l'extérieur du tore).

4. Le passage du tore au solénoïde a été très peu traité.

Deuxième partie: Là encore, on était très près du cours.

5. Curieusement, cette question n'a pas été bien traitée. Beaucoup de candidats ont pensé que puisqu'on calculait le flux à travers une spire, il fallait prendre  $n = 1$  ! Le passage du nombre de spires et de la longueur au nombre de spires par unité de longueur a souvent été source d'erreur.

6.1. Il fallait bien préciser la convention par un schéma ou une petite phrase pour mériter les points de la question.

6.2. Beaucoup d'étudiants arrivent au résultat classique ( $1/2 Li^2$ ) mais l'explication n'est pas toujours très claire : le lien entre la puissance électrique et l'énergie magnétique n'est pas évident.

6.3. La notion d'énergie volumique est inconnue de bon nombre de candidats.

Certains candidats ont obtenu deux expressions différentes de l'inductance et n'ont même pas commenté cette contradiction.

### Troisième partie:

7. Il fallait justifier le calcul de la constante d'intégration par la continuité du courant dans une bobine.

8. Malheureusement, peu de candidats ont compris la notion de mutuelle inductance phénomène pourtant fondamental en électrotechnique et qui devrait donc être compris d'étudiants TSI. Nombreux sont ceux qui ont établi des équations différentielles couplées sans aucun terme de couplage.

8.3. Les représentations graphiques des courants ont rarement respecté le signe de  $i_2$  alors que la loi de Lenz permettait de le prévoir sans calcul.

### Quatrième partie : Cette partie bien que classique était la plus délicate.

9.1. Il fallait bien faire remarquer que ce qui importe pour créer un champ électrique dans le solénoïde, c'est le fait que le champ magnétique varie dans le temps. La seule évocation de l'équation de Maxwell-Faraday ne suffisait pas à justifier le résultat attendu.

9.2. La simplification de l'expression du rotationnel à partir de l'expression de B a donné lieu à des erreurs. La constante d'intégration a souvent été passée sous silence par les candidats.

10.1.1. La loi d'Ohm locale est le plus souvent connue.

10.1.2. Le passage de la puissance Joule à sa moyenne temporelle a été traité assez correctement par les candidats qui ont abordé cette question.

10.1.3. Le jury a trouvé de nouvelles applications très inattendues du phénomène physique étudié.

10.2. L'expression de la puissance volumique transmise à la matière est moins bien connue. Ceux qui la connaissaient ont la plupart du temps bien fait le calcul. Le contour d'Ampère devait être choisi de manière à exploiter la symétrie du champ magnétique.

10.3. Peu de réponses exactes. Le terme  $\gamma\omega$  doit être minimisé, il ne doit pas nécessairement être très petit devant 1.

Les dernières questions n'ont été abordées que par les meilleurs candidats, certains s'en sont bien sortis, nous les en félicitons.

#### **IV - Conseils :**

Le jury rappelle que cette épreuve correspond à un concours d'école d'ingénieurs et a des difficultés à se représenter certains candidats dans ce type d'école.

La réussite aux concours est conditionnée par un travail qui porte sur l'ensemble des deux années de préparations.

Les candidats doivent prendre en compte les conseils, remarques et critiques faites par le jury pour les aider à réussir.

Il est indispensable de lire la totalité du sujet au début de l'épreuve pour repérer ainsi les parties ou questions qui peuvent être traitées rapidement. Cela permet ainsi d'éviter de rester coincé sur certaines questions alors que d'autres sont au contraire tout à fait abordables.

