

2.2.F - PHYSIQUE II - Filière PSI

I) REMARQUES GENERALES

Le problème décrit l'environnement d'une expérience de détermination du moment magnétique d'atomes : la réalisation d'un champ magnétique répondant à des critères donnés, le mouvement de particules chargées dans un champ électromagnétique permanent et l'étude simplifiée d'un détecteur particulier.

Ce sujet porte presque entièrement sur le programme de première année, sauf la question 7, dont la résolution nécessite la connaissance des équations de Maxwell. Ne pas répondre à cette question, ne gêne pas la résolution de la suite.

Les copies corrigées comportent de très grandes variations quantitatives et qualitatives, aussi bien pour la validité des résultats et des argumentations que pour la qualité de la présentation.

Avant de détailler chaque question, il est nécessaire de faire des remarques générales et importantes.

La lecture globale de l'énoncé permet de se rendre compte de l'unité du problème et de son fil directeur, tout en remarquant que les différentes parties sont indépendantes. Lors de la lecture détaillée de chaque question, le candidat doit se représenter le dispositif à étudier. Avant de passer à la question suivante, le candidat doit observer le résultat qu'il a trouvé d'un œil critique. Il doit exercer son bon sens, puis réfléchir à la possibilité physique des propos qu'il écrit, contrôler l'homogénéité des relations et la validité des valeurs numériques obtenues. D'une question à l'autre, il est bon de vérifier qu'il n'y a pas de contradiction entre les réponses. Cette prise de recul sur sa copie permet au candidat de montrer toutes ses capacités et aussi de ne pas perdre de points.

Quelques exemples pour illustrer ces propos :

- Tous les candidats savent certainement que l'intensité d'un champ magnétique décroît en s'éloignant des sources, il ne devrait y avoir aucun graphe tendant vers l'infini loin des sources.
- Il est anormal qu'après avoir trouvé une vitesse supérieure à la célérité de la lumière dans le vide, le candidat passe à la question suivante sans aucun commentaire.
- Le jury espère aussi que trouver (après une erreur fréquente dans une formule ou dans un calcul) une température de l'ordre de 10^{19} K fasse réagir plus de candidats.
- Pour bobiner des spires sur un solénoïde de 8m de long, il faut sûrement plus d'un mètre de fil !
- Il est illogique d'affirmer qu'une fonction est paire et donner ensuite un développement limité impair

La formulation des réponses doit être précise et rigoureuse. C'est au candidat de terminer son raisonnement, pas au correcteur ! Exemples :

- « par symétrie, on voit bien que les champs doivent être symétriques » ;
- « c'est symétrique, donc c'est pair » ;
- « par application du théorème d'Ampère on obtient... » sans préciser sur quelle courbe, ni les propriétés utiles du champ.

La phrase « l'électron adopte un mouvement permanent, après la phase transitoire brève » n'apporte aucune information et aucun point.

Ces remarques de bon sens, que le candidat doit avoir faites, permettent de montrer sa valeur.

Bien sûr, il y a eu de bonnes copies et quelques très bonnes copies qui ont satisfait les correcteurs. Ces candidats rédigent de manière claire et concise, donnent des remarques pertinentes sur le dispositif et les ordres de grandeurs, montrent des connaissances complémentaires sur les détecteurs. Tous ces points sont valorisés par le barème. Les critiques formulées ici, le sont dans l'intérêt de la formation et de la sélection des futurs candidats et futurs ingénieurs.

II) REMARQUES PARTICULIERES

Q 1. Il s'agit d'établir (et non de donner) l'expression du champ magnétique dans le solénoïde (et pas seulement sur l'axe). L'étude des invariances et des symétries donne rapidement la direction du champ et son uniformité.

Q 2. Le calcul direct du champ magnétique est une question du cours. Certains candidats ne connaissent pas l'expression du champ créé par une spire sur son axe, d'autres essaient d'utiliser le théorème d'Ampère ! Heureusement beaucoup d'autres font une démonstration complète.

Q 3. Il faut lire la question : l'énoncé demande de tracer les deux courbes sur un même graphique, c'est une première condition à réaliser. Les fonctions sont normalisées, donc en zéro, les deux valeurs doivent être égales, ce qui permet de comparer la forme des courbes. Un graphe présentant une branche infinie doit faire prendre conscience au candidat de son erreur.

Q 4. Beaucoup de justifications sont incomplètes ou fausses : peu de candidats ont écrit que les vecteurs avaient même direction (ce qui n'était pas demandé) et nombreux sont ceux qui ont affirmé que les champs sont symétriques par rapport à l'origine. Le jury déplore que tant de candidats (pas tous heureusement) affirment la parité de la fonction alors que leurs graphes précédents ne vérifient pas cette parité. (L'erreur typographique sur x^n n'a gêné personne)

Q 5. Quelques erreurs de calcul.

Q 6. Traitée en général par les candidats qui ont étudié cette partie.

Q 7. Peu de candidats sont allés plus loin que l'écriture des équations de Maxwell qu'il faut adapter à la configuration étudiée (précisant ρ et \vec{j} , et les propriétés de \vec{B}) et ont commencé le calcul de α et β . La plupart d'entre eux sont passés à la question suivante, moins d'une dizaine l'ont terminé sans erreur.

Q 8, 9 et 10. Ce sont des questions concrètes sur la réalisation des sources de champ. Malheureusement peu de valeurs numériques satisfaisantes et certains candidats ne font pas du tout les applications numériques (peur de perdre du temps ? en tout cas, ils perdent des points).

Un solénoïde est bobiné, il n'est pas constitué de fils rectilignes mis côte à côte ! Les 400 km de fil nécessaires à sa réalisation ont fait réfléchir beaucoup de candidats. Beaucoup ont pensé que les bobines de Helmholtz sont plus économiques en fil, même si on peut le croire a priori. Il faut remarquer ici que ces bobines sont plus grandes que le solénoïde. Les candidats ont bien remarqué la très grande puissance nécessaire, les solutions proposées sont souvent de fausses solutions : électro-aimants (qu'est ce donc qu'un électro-aimant ?), milieux magnétiques (sans penser que la zone doit être accessible), utiliser un fil moins résistant. Enfin certains savaient qu'on utilise des supra conducteurs. Dans beaucoup de copies, la puissance est exprimée en joules, ce qui invalide le résultat.

Q 11, 12, 13 et 14. Pas de remarques spécifiques pour ces questions, que peu de candidats ont abordées, à part la nécessité de faire attention à l'orientation du courant dans les spires.

Q 15. La valeur numérique de l'énergie cinétique est celle d'un atome, pas celle d'une mole. La valeur extrêmement faible de la température obtenue en utilisant la constante des gaz parfaits R au lieu de la constante de Boltzmann aurait dû alerter plus de candidats que ceux qui ont émis des doutes sur leur résultat.

Q 16. Si beaucoup de candidats savent que $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_p$, trop se trompent en dérivant, et ne peuvent pas traiter la question suivante.

Q 17. Cette question a plutôt été bien traitée, dès que le candidat a vu qu'il y avait deux phases différentes dans le mouvement.

Q 18. A cette question, le jury attend une interprétation complète, il faut expliquer pourquoi il y a deux taches et pourquoi elles sont symétriques, il a d'ailleurs trouvé cette réponse. Malheureusement, il y a trop d'explications boiteuses : "c'est donc qu'il y a une autre force" ; "c'est donc qu'il ne faut pas négliger le poids" ; "c'est normal car on a négligé le poids" ; "c'est parce que le champ magnétique dévie

différemment, qu'il n'est pas linéaire... ". Comment comprendre la phrase : « les moments magnétiques sont aléatoirement répartis entre M_z et $-M_z$ » ?

Q 19. Un moment magnétique (grandeur physique au programme) s'exprime en $A.m^2$, le jury a aussi accepté des $J.T^{-1}$.

Q 20. La mise en équation du mouvement a été bien faite. La détermination de la vitesse limite est souvent fautive, les candidats oubliant de diviser les *deux* membres de l'équation exacte obtenue par la masse de l'électron. Dans ces conditions la valeur numérique est extrêmement grande et dépasse la vitesse de la lumière. Là aussi le candidat doit être alerté et devrait pouvoir rectifier son erreur. Continuer sans remarquer cette contradiction avec les lois physiques ne devrait plus arriver. Les valeurs trouvées pour la vitesse se trouvent dans l'intervalle $1,5 \cdot 10^{30} \text{ m.s}^{-1}$ et $5,5 \cdot 10^{42} \text{ m.s}^{-1}$. Eh oui, diviser ou multiplier par e ou m_e change beaucoup de choses.

Un candidat exprime la vitesse en $C.V.s.kg^{-1}.m^{-1}$ et un autre, plus soucieux sans doute, trouve $v = 5,0 \cdot 10^{21} \text{ m.s}^{-1}$ et vérifie l'homogénéité mais ne commente pas la valeur !

Un troisième annonce un résultat de $6,55 \cdot 10^{66} \text{ m.s}^{-1}$ et commente « cela paraît un peu grand pour être correct », il n'a évidemment pas tort, mais ne peut gagner le point réservé à cette question.

Q 21. Valeur numérique correcte en général.

Q 22. Résolution plutôt bien faite, attention toutefois : les conditions initiales doivent s'appliquer sur la solution complexe, et non sur la partie réelle seule.

Q 23. Des trajectoires très variées ont été obtenues : des oscillations, des ellipses, des hélices...

Q 24. Très peu de bonnes réponses à cette question dont la difficulté était la lecture attentive, les réponses aux dernières questions s'y trouvant pratiquement.

Q 25. Il faut détailler les invariances et symétries du champ électrique, avant d'utiliser le théorème de Gauss sur une surface fermée à préciser (ni un disque, ni un tube)

Q 26 La plupart des candidats ayant traité cette question ont bien pensé à superposer les deux champs électriques, mais pas les deux potentiels, ou n'ont pas toujours su calculer ces potentiels (ou ne connaissent pas la primitive de $f : r \mapsto 1/r$). L'expression de la capacité (à la frontière du programme) a rarement été donnée.

Q 27. Est-ce parce que c'est la fin du problème ? Bien que beaucoup de candidats aient abordé cette question, peu ont su écrire l'équation différentielle régissant la tension dans un circuit R-C

Q 28. La localisation de la particule fille a été très bien traitée par les candidats réfléchissant au dispositif avec des dessins explicatifs à l'appui, pas forcément dans les meilleures copies.

III) CONCLUSION

Les parties II et III ont mieux été traitées que la partie I, plutôt décevante. Toutes les questions ont été résolues par au moins un candidat et souvent par de nombreux candidats, mais aucun candidat n'a répondu correctement à toutes les questions.

Le jury renouvelle ses félicitations aux candidats dont les copies sont claires, concises, exactes, agréables à lire, encourage les autres, et conseille aux candidats des prochaines sessions, une relecture sérieuse de leurs propres résultats.