

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

Le sujet PSI Physique-Chimie 2 propose l'étude de dispositifs possédant des propriétés intéressantes du point de vue de la miniaturisation ou de la sensibilité aux champs électromagnétiques.

Le sujet, comportant trois parties de physique, aborde majoritairement des domaines exclusifs du programme de physique et de chimie de CPGE de la filière PSI.

1. **Le transformateur miniaturisé** : transformateur composé de deux enroulements dont les dimensions sont de l'ordre de la centaine de micromètres. Les candidats sont invités à étudier successivement les enroulements et le milieu magnétique.
2. **Le transformateur piézoélectrique** : étude du champ électrique dans un cristal soumis à une contrainte suivie de l'analyse de la propagation d'une déformation. Cette partie s'achève sur l'exploitation de graphes issus de simulations de fonctionnement d'un tel transformateur.
3. **Mesure de champs magnétiques avec un capteur Fluxgate** : étude de l'élément magnétique sensible d'un capteur *Fluxgate*. La saturation périodique provoquée engendre un signal mesuré discontinu dont l'analyse spectrale permet d'accéder au champ magnétique extérieur.

Les questions posées sont de difficultés graduées et de typologies diverses : questions proches du cours, raisonnements simples, raisonnements plus complexes, questions ouvertes avec analyse de dispositifs ou d'enregistrements, etc. Elles permettent d'évaluer une variété de savoirs et de savoir-faire exigibles en filière PSI en relation notamment avec la schématisation, la représentation et l'exploitation de graphes, l'algébrisation, la rigueur de l'argumentation, la réalisation d'applications numériques, la maîtrise des ordres de grandeur et l'exercice de l'esprit critique.

Analyse globale des résultats

Le taux de réussite est meilleur sur la partie I.A (partie sans réelle difficulté pour les deux tiers et comportant deux questions ouvertes souvent traitées) et sur la partie II assez guidée. En revanche, les réponses apportées aux parties I.B et III concernant les milieux magnétiques abordés exclusivement en filière PSI sont globalement décevantes, principalement à cause d'un manque de rigueur et de l'absence de schémas explicatifs.

Les questions de cours sont majoritairement mal traitées. Moins de 4 % des candidats établissent rigoureusement l'expression du magnéton de Bohr dans le cadre du modèle de Bohr. Moins de 10 % démontrent l'expression du champ électrique dans la question **Q20**. de manière quasi irréprochable. 25 % reconnaissent le risque d'une saturation en tension de l'ALI en **Q5**. et seulement 5 % expliquent l'écrtage de la tension de sortie à la question **Q6**. par une saturation en courant de l'ALI.

Les questions non guidées sont souvent rédigées trop rapidement et sans soin. Le jury attend un raisonnement structuré et une rédaction claire et détaillée, certainement plus que dans les questions guidées. Aligner une suite de formules ne permet pas aux correcteurs de comprendre la démarche suivie. La référence aux documents ou aux figures dont sont extraites certaines informations doit être donnée. Les mesures sur les graphes doivent être expliquées (déphasage entre les deux signaux en **Q4**. par exemple) et doivent être réalisées avec soin.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Communiquer est une compétence indispensable pour valoriser un raisonnement. Le jury rappelle quelques capacités associées¹ :

- présenter les étapes de sa démarche de manière synthétique, organisée et cohérente ;
- rédiger une synthèse, une analyse, une argumentation ;
- utiliser un vocabulaire scientifique précis et choisir des modes de représentation adaptés (schémas, graphes, cartes mentales, etc.).

Le jury recommande aux futurs candidats d'attacher une importance particulière aux points suivants.

- **Définir toute notation** nécessaire à la rédaction, non introduite par l'énoncé. Très souvent, un *grand* schéma suffit pour définir la majorité des grandeurs utiles.
- **Soigner les schémas et les graphes**. Des schémas atrophiés, des représentations graphiques négligées ne sont pas valorisés. Un graphe doit souvent être accompagné des coordonnées de quelques points remarquables.
- **Choisir un vocabulaire précis** ne laissant aucun doute sur la compréhension des phénomènes et sur la validité de la réponse et **soigner la syntaxe et l'orthographe**.
- **Écrire correctement** les expressions mathématiques, les grandeurs physiques, les noms des lois ou théorèmes. Les correcteurs constatent l'absence fréquente du point du produit scalaire et sanctionnent les égalités entre une grandeur vectorielle et une grandeur scalaire. Les noms propres sont trop souvent écrits avec une minuscule. Ajoutons qu'il ne faut pas barrer les facteurs qu'on simplifie dans une expression littérale mais récrire l'expression simplifiée.
- **Argumenter**. Les suites d'équations ou de formules non expliquées sont sanctionnées. Une réponse n'est complète que si les grandeurs utilisées sont définies, si les lois ou théorèmes utilisés sont cités et si les détails du raisonnement sont rédigés. Les candidats doivent privilégier l'établissement d'expressions littérales avant d'effectuer une application numérique. Il convient d'éviter l'écriture de relations semi-numériques, semi-littérales.
- **Commenter** un résultat ou une hypothèse de façon pertinente. Énoncer qu'une grandeur est « très grande » ou « trop petite », « aberrante » ou « cohérente » est sans intérêt si ces affirmations ne sont pas étayées par des références chiffrées.

Soulignons enfin des points plus spécifiques à quelques questions du sujet. Il s'agit ici de sensibiliser les futurs candidats à des pratiques préjudiciables.

- **Q2**. L'estimation de la longueur du conducteur doit être expliquée.
- **Q3**. Les candidats qui obtiennent la totalité des points sont ceux qui définissent les grandeurs électriques utilisées – souvent sur un schéma du montage – et rappellent les propriétés de l'ALI avant de mettre en place une loi des mailles et une loi des nœuds.
- **Q4**. La lecture graphique d'une valeur numérique ne doit pas être effectuée à la va-vite. Le temps qu'on espère gagner ne vaut pas ce que coûte ce manque de précision dans la suite. Dans cette question, les relevés des amplitudes des signaux et de l'avance de phase φ de $u_s(t)$ par rapport à $u_e(t)$ doivent être réalisés avec soin. Le signe de φ doit notamment être noté. Rappelons enfin que l'argument d'un

¹ Programme de physique-chimie des CPGE scientifiques

nombre complexe $\underline{Z} = a + ib$ n'est pas toujours $\arctan(b/a)$. Les candidats rigoureux et rédigeant de manière organisée ont obtenu la note maximale. Il ne faut pas oublier de commenter les résultats obtenus.

- **Q5.** et **Q6.** Deux limites de fonctionnement de l'ALI doivent être citées et justifiées *quantitativement*.
- **Q7.** Toute stratégie pertinente accompagnée d'une mise en œuvre argumentée et détaillée a été récompensée. Le jury invite les futurs candidats à bien lire les questions. Il ne s'agit pas ici d'établir l'expression de la capacité d'un condensateur plan.
- **Q10., Q11.** et **Q12.** Il est préférable d'exprimer un moment magnétique en $A \cdot m^2$ plutôt qu'en $C \cdot J \cdot s \cdot kg^{-1}$ et l'aimantation en $A \cdot m^{-1}$ plutôt qu'en $C \cdot J \cdot s \cdot kg^{-1} \cdot m^{-3}$.
- **Q15.** et **Q16.** Le sens d'enroulement du bobinage torique n'est pas imposé par le sujet, pas plus que le sens de l'axe Oz . L'énoncé guide les candidats par un générique « préciser les orientations choisies ». Malgré cela, la moitié des candidats ne représente aucun contour d'Ampère **orienté**, rendant l'application du théorème d'Ampère totalement vaine. Les correcteurs ont également sanctionné les déterminations de flux de champ magnétique en **Q16.** à travers des surfaces non orientées.

D'autres situations sont l'occasion de distinguer les candidats rigoureux de ceux qui pensent que l'à peu-près suffit :

- un plan de symétrie ou d'antisymétrie qualifie une distribution d'une grandeur dont il faut préciser la nature ;
- la représentation d'une base cylindrique non associée à un point situé hors de l'axe (Oz) n'a aucun sens ;
- lorsque le théorème de Gauss est mis en œuvre, la surface de Gauss doit être représentée. Une surface rectangulaire ne constitue pas une surface de Gauss ;
- en **Q32.**, la plupart des candidats déterminent la tension u_s en la reliant à la force électromotrice induite dans l'enroulement de mesure et en utilisant la loi de Faraday. Seuls ceux qui orientent cet enroulement aboutissent avec succès. Pour les autres, la réponse, juste par hasard ou fausse, n'est pas valorisée.
- **Q25.** Cette question n'a pas eu le succès attendu à cause de conditions aux limites mal écrites. La confusion entre le déplacement en $x = 0$ et sa grandeur complexe associée amène certains candidats à écrire $(\underline{A} + \underline{B})e^{j\omega t} = \xi_0 \cos(\omega t)$. Ensuite, seuls 12 % des candidats traduisent bien le fait que l'extrémité en $x = L$ du barreau est libre.
- **Q31.** Même constat qu'en **Q15.** concernant la mise en œuvre du théorème d'Ampère.
- **Q33.** à **Q36.** Le barème a bien doté ces questions pour récompenser les candidats qui ont pris le temps de réfléchir à la saturation périodique du noyau magnétique du fluxgate.

Conclusion

Lire le sujet en début d'épreuve en identifiant les différentes parties, parfois indépendantes, permet de mieux gérer les quatre heures d'épreuve. De nombreux candidats obtiennent de bonnes voire de très bonnes notes en privilégiant la qualité de la rédaction, en représentant des schémas de taille suffisante, complets et légendés et en ne bâclant pas les questions de cours et autres questions simples.

Le jury encourage les futurs candidats à travailler ces compétences pendant les années de classes préparatoires. Associées à une solide connaissance du cours et à un contrôle fréquent des résultats, elles permettront de bien mettre en valeur les capacités de réflexion sur les questions scientifiques proposées.