

## Physique-chimie 2

### Présentation du sujet

Cette année, l'épreuve de physique-chimie 2 prend pour support la guitare électrique. Cette contextualisation des questions permet d'aborder bien des domaines étudiés en CPGE :

- l'électromagnétisme grâce au transducteur électromagnétique que constitue le micro ;
- l'électrocinétique au travers des notions de filtrage particulièrement utiles à la restitution d'un son de qualité ;
- la propagation des ondes le long d'un câble coaxial ;
- les notions de traitement du signal par lesquelles cette épreuve s'achève.

En conséquence, ces quatre parties indépendantes offrent la possibilité aux candidats de s'exprimer sur un large spectre des notions et compétences acquises au cours de ses années en classes préparatoires.

Outre les connaissances scientifiques auxquelles il faut faire appel, les candidats sont également appelés, tout au long de cette épreuve, à mobiliser leurs compétences à :

- mettre en œuvre un raisonnement scientifique ;
- savoir prendre des initiatives lorsque celles-ci s'avèrent nécessaires ;
- montrer qu'ils ont des bases de technicité expérimentale ;
- faire appel au langage de programmation Python afin de résoudre des problématiques classiques.

### Analyse globale des résultats

Le jury constate que ce sujet a permis de classer efficacement les candidats, avec quelques copies de très belle facture. Il note que la progressivité des questions a offert la possibilité aux candidats sérieux mais modestes de s'exprimer de façon tout à fait honorable.

Il est toutefois important qu'il reconnaisse, avec beaucoup d'humilité, que certaines erreurs, imprécisions ou dérives à l'extérieur du programme auraient dû être évitées. S'il détaillera dans la partie « Commentaire sur les réponses apportées » ces soucis, il tient à souligner qu'il a fait preuve, à l'égard du candidat, d'une grande mansuétude lors de ces passages. La ligne de conduite du jury est toujours celle de la bienveillance à l'égard de celle ou celui qui a travaillé de façon souvent acharnée durant deux, voire trois années.

Ceci étant, le jury est humain : dès lors qu'il perçoit chez les candidats la volonté de faire croire qu'ils arrivent, quoi qu'il en coûte, au résultat demandé, il change d'attitude et tient à dire avec force que cette stratégie est totalement contre-productive. Un ingénieur ne saurait se compromettre, au prix de contorsions malhonnêtes, à des raisonnements faux pour arriver à un résultat pré-établi. La probité de la science est essentielle.

Ce sujet a permis de montrer que l'immense majorité des candidats maîtrise les connaissances de base. En revanche, le jury déplore que bon nombre de candidats ne s'approprient pas les bases des réflexes expérimentaux que l'on est en droit d'attendre. Citons pour cela, par exemple, la façon d'établir expérimentalement un diagramme de Bode en amplitude.

Le jury tient également à préciser que, les codes Python ayant été demandés sans documentation Python associée, il ne s'est pas tant attaché à la capacité du code à tourner tel quel qu'à la logique algorithmique associée.

Enfin, comme l'an passé, le jury insiste avec force sur la forme : près de la moitié des copies s'est vue attribuer un malus, ce qui est déraisonnable. Pourtant, à la lumière des six critères évalués lisibilité de

l'écriture / respect de la langue / clarté de l'expression / propreté de la copie / identification des questions / mise en évidence des résultats, force est de constater que bon nombre de candidats ne remplissent pas les conditions pour ne pas voir des points s'envoler. Pire, nombreux sont ceux qui ne parviennent pas à suivre leur propre raisonnement faute de clarté.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### I - Microphone

**Q1.** et **Q2.** Ces questions se sont vues, dans la très grande majorité des cas, récompensées par le maximum de points. Notons toutefois quelques confusions entre « loi de Faraday » et « équation de Maxwell Faraday » ou « loi de Lenz ».

#### I.A – Mouvement vertical

**Q3.** Si la majorité des candidats connaît la définition du flux, une partie non négligeable ne pense pas à définir la surface ou bien l'imagine fermée et la majorité n'évoque aucun lien d'orientation entre spire et surface.

**Q4.** Le jury reconnaît bien humblement que cette définition de la surface élémentaire  $d\vec{S}$  constitue une fâcheuse erreur. Il est évident que la mention de l'utilisation de la calotte sphérique aurait permis aux candidats modestes d'aller beaucoup plus loin. Si le barème a permis aux candidats besogneux d'être récompensés, il n'a cependant pas permis à beaucoup d'avoir tous les points possibles. Évidemment, dans un tel cas, le jury est reconnaissant des candidats qui, sagement, admettent l'expression donnée en l'écrivant de façon totalement explicite. Au contraire, il n'apprécie guère les candidats faisant semblant d'arriver au résultat.

**Q5.** et **Q6.** Dans ces questions, les difficultés majeures consistent d'une part à maîtriser les dérivées de fonctions composées, d'autre part à ne pas oublier d'additionner le flux de chacune des  $N$  spires de la bobine. De toute évidence, bon nombre de candidats ont utilisé les données de **Q6.** pour corriger le tir, ce qui est tout à fait légitime. Notons que, lorsque des erreurs filées sont constatées, le jury sanctionne l'erreur initiale mais pas la totalité du raisonnement. Trop de candidats ont malheureusement des difficultés à trouver la bonne unité de la force électromotrice.

**Q7.** Une réponse très simple suffisait ici.

#### I.B – Étude du mouvement horizontal

**Q8.** Si la majorité des candidats trouve la bonne réponse, le jury tient à souligner qu'une analyse dimensionnelle rapide aurait pu éviter bien des erreurs.

**Q9.** Évidemment, face à une question si simple, le jury s'attache à l'exactitude du propos : la totalité des points ne peut être accordée si les bornes ne sont pas mentionnées.

**Q10.** Voici une question où, typiquement, un bon dessin vaut mieux qu'un long discours et permet de gagner un temps non négligeable.

**Q11.** et **Q12.** Si le jury ne s'attend pas à un programme qui tournerait à coup sûr, il souhaite vérifier la logique du candidat. Par exemple, ici, il s'attache en particulier à voir une double boucle et à vérifier qu'une courbe est dessinée en fonction de son abscisse et son ordonnée.

**Q13.** Le jury reconnaît que, cette question dépassant largement le cadre du programme, il lui a accordé peu de points.

### I.C – Positionnement du micro

**Q14.** Cette question ouverte admet évidemment plusieurs niveaux de réponse. Reconnaître que, par linéarité, les raies en sortie sont à la même fréquence que celles en entrée est déjà un premier pas fort apprécié.

### II - Aspect électrique

**Q15., Q16. et Q17.** Ces questions sont bien traitées par la majorité des candidats. Il est toutefois à noter quelques contradictions entre la première et les deux suivantes.

**Q18.** De nombreuses confusions sont relevées ici entre le caractère oscillatoire de la réponse indicielle d'un filtre du second ordre et la condition de résonance de ce dernier. Le jury rappelle que la recherche d'un extremum d'une fonction est associée à la recherche de l'annulation de sa dérivée.

**Q19.** Peu de courbes sont demandées dans cette épreuve. Comme toute courbe, il est indispensable de commencer par nommer les axes. Les candidats ne doivent pas oublier que pour un diagramme de Bode en gain, le gain en décibels est porté en ordonnées. Rappelons aussi qu'il est important de ne pas confondre asymptotes et courbe.

**Q20. et Q21.** Ces questions offrent aux candidats les plus habiles sur le champ expérimental de s'exprimer : si certains le font de fort belle manière, d'autres se perdent dans des développements hors sujet.

**Q22.** La notion de « gain statique » perd bien des candidats, alors que la sémantique de l'expression suffit à répondre rapidement et efficacement. Raisonner sur le schéma équivalent du circuit dans la limite des très basses fréquences est suffisant et surtout très efficace.

**Q23.** Cette question ne présente aucune difficulté. Toutefois, le jury tient à rappeler que lorsque  $Z$  est demandé, les candidats ne doivent pas s'arrêter à l'expression de  $1/Z$ .

**Q24.** Le résultat est intégralement donné et il s'agit donc de le justifier et non simplement de le recopier.

**Q25., Q26. et Q27.** Ces questions, qui mêlent approximations puis applications numériques nécessitent tout d'abord une bonne analyse des expressions, puis une exploitation claire des données. Il va sans dire que toute application numérique s'accompagne d'une unité, et que se contenter de l'unité « S.I. » ne suffit pas !

**Q28.** Si cette question peut paraître déstabilisante, il convient de ne pas y passer trop de temps, mais le jury apprécie que les candidats sachent distinguer d'eux-même les sons audibles et les ultrasons : il a rarement l'occasion de le lire.

### III - Transmission dans un câble coaxial

**Q29. et Q30.** Ces questions sont traitées convenablement par la plupart des candidats. Le jury invite à être davantage vigilant à l'énoncé : il parle de  $(\vec{E}, \vec{B})$ , pas de  $\vec{D}$  ou  $\vec{H}$ . Certaines confusions ont aussi été constatées entre «  $\frac{dy}{dx}$  » et «  $\frac{\partial y}{\partial x}$  » : le jury le déplore.

**Q31.** Si de nombreux candidats répondent correctement à la première partie de la question, ils oublient qu'il y a une seconde partie qui, avec les équations de Maxwell, trouve une réponse immédiate.

**Q32.** Ici, aucun développement compliqué n'est attendu. Une simple mention de la conductivité ou de l'épaisseur de peau est appréciée.

**Q33. et Q34.** Ces questions, très classiques, ne nécessitent aucune grande technicité. Le jury relève cependant régulièrement des confusions entre le théorème d'Ampère en régime stationnaire et le théorème d'Ampère généralisé. Il souligne que les théorèmes d'analyse vectorielle, ici le théorème de Stokes, doivent être clairement cités lorsqu'ils sont utilisés.

**Q35.** La difficulté majeure de cette question est de ne pas se laisser déstabiliser par l'erreur d'énoncé : le jury tient à présenter ses excuses aux candidats qui, déjà bien éprouvés par plusieurs heures de travail, mettent en doute leur résultat. Face à cette confusion, le jury fait preuve d'une grande mansuétude, acceptant des formes fausses à partir du moment où la cohérence des propos est vérifiée.

**Q36.** et **Q37.** Ces questions ne requièrent aucune technicité particulière, mais reconnaissons que la notion d'onde plane n'est pas toujours maîtrisée. Le jury tient à préciser que, lorsqu'il voit au cours de ces questions des réponses pouvant correspondre à la fin de la **Q31.**, il sait en tenir compte.

**Q38.** et **Q39.** Ces questions, toujours classiques, font apparaître des faiblesses chez bien des candidats. En effet, il convient d'être particulièrement vigilant dans l'usage du formalisme complexe lorsque l'on aborde ces notions énergétiques ; or bon nombre de candidats ne le sont pas suffisamment.

**Q40.** Cette question, identifiée comme question ouverte, l'est non parce qu'elle est longue ou technique, mais parce qu'il est attendu une prise d'initiative de la part des candidats qui doivent quantifier l'épaisseur de peau afin de discuter la pertinence du modèle de courant surfacique.

#### IV - Numérisation et traitement du signal

**Q41.** Dans cette question les entrées des circuits logiques (ici des ALI) fonctionnent en haute impédance. En conséquence les courants d'entrée peuvent être considérés comme négligeables. Le jury est conscient que l'ALI n'est pas explicitement au programme, mais il est à noter que cette question, majoritairement bien traitée par les candidats qui l'ont abordée et dont la solution était donnée, ne pouvait pas être bloquante.

**Q42.** La confusion dans le sujet sur les sorties  $b_1$  et  $b_2$  (qui étaient notées  $b_0$  et  $b_1$  dans le document réponse) n'a pas gêné les candidats qui ont su s'adapter à cette situation. Le jury a tenu compte de cette coquille dans le sujet et présente une nouvelle fois ses excuses aux candidats. Si une majorité de candidats n'aborde pas cette question, il est à noter que la majorité de ceux qui l'abordent récolte le maximum de points.

**Q43.** Peu de candidats parviennent à généraliser le fonctionnement d'un CAN flash à 24 bits à partir de l'exemple du CAN flash à 2 bits traité dans la question précédente.

**Q44.** Question classique : l'établissement de la durée  $t_{99}$  est généralement bien traitée. Cependant la contrainte portant sur la constante de temps  $RC$  est rarement explicitée convenablement et souvent écrite dans le mauvais sens.

**Q45.** Cette question ne comporte aucun piège : elle ne fait appel qu'au bon sens du candidat.

**Q46.** Question exigeante qui demande de bonnes capacités pour analyser le fonctionnement séquentiel d'un circuit à portes logiques et notamment de bien maîtriser le fonctionnement de la bascule RS. Le jury se réjouit que quelques brillants candidats parviennent à mener à bien leur analyse.

**Q47.** Cette question, qui nécessite également une bonne réflexion, se fait en deux temps. Si l'inégalité entre les résistances se trouve sans peine et est régulièrement citée, la suite peut être déterminée par plusieurs réponses mais demande de l'initiative personnelle.

**Q48.** Une boucle, avec une liste bien gérée, permet de répondre à cette question.

À l'issue d'un tel développement question après question, les candidats comme leurs professeurs peuvent se dire que le jury ne retient que les erreurs qu'il a vues. Il n'en est évidemment rien, et il est essentiel pour le jury de remercier chaleureusement les enseignants pour le magnifique travail accompli avec les étudiants afin de parvenir à mettre en musique le programme de ces deux années permettant d'affronter un sujet d'une telle profondeur.

Le jury tient également à remercier tous les étudiants qui ont su suivre leurs enseignants, tels des chefs d'orchestre, tout en apportant leurs accords bien personnels, donnant vie à ces partitions. Il ne doute pas que c'est grâce à leurs accords que la physique de demain continuera à s'écrire harmonieusement.

## Conclusion

Le jury a à cœur de rappeler que cette épreuve ne constitue qu'un moyen d'évaluer des compétences en physique à un instant  $t$  : il reconnaît bien humblement que cela ne constitue en rien une échelle de valeur, encore moins une vue exhaustive de la personne qui a relevé le défi d'y répondre. Il ne doute pas que chacun saura, avec son charisme, mettre en musique les défis auxquels sa carrière d'ingénieur le confrontera. Puisse chacune et chacun dire un jour, en parlant de son travail, à l'instar du récent prix Nobel Français de physique 2023, Pierre Agostini : « *je me suis bien amusé en transmettant ma passion, je continue à m'amuser* » !