

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

L'épreuve de physique-chimie 2 proposée pour cette nouvelle filière est particulièrement bien contextualisée. À partir d'un sujet devenu universel, elle nous permet d'observer les téléphones portables sous le prisme de la physique et même de la chimie. Le spectre de la physique étant particulièrement large, il nous est proposé, au cours des quatre parties du sujet, de nous pencher sur de l'optique géométrique, de l'optique ondulatoire, de l'oxydoréduction au travers de la chimie des batteries, et enfin de la thermodynamique, permettant au passage de nous alerter sur les limites d'usage de ces appareils. Naturellement, les candidats sont amenés à faire appel à leurs compétences dans le domaine numérique, à partir de quelques questions. On comprend aisément que cette épreuve, de par la décomposition qu'elle offre, permettait de faire appel aux compétences acquises tant en première qu'en deuxième année, sans négliger par ailleurs l'aspect expérimental, bien présent, en particulier en optique.

À noter également le judicieux équilibre entre accompagnement du candidat et prise d'initiative, favorisé par la présence, à plusieurs reprises, de questions ouvertes. Notons également que la présence d'annexes à compléter reflète le souci d'aider le candidat à illustrer son propos à partir de schémas en grande partie réalisés, sans l'exonérer toutefois de proposer, de sa propre initiative, d'autres schémas permettant de répondre judicieusement à diverses questions.

Analyse globale des résultats

Si le jury part d'un page vierge pour analyser cette première édition du concours dans la filière MPI, il s'appuie toutefois sur des membres dont l'expérience du concours leur permet de tirer quelques conclusions.

La première, c'est que toutes les questions de ce sujet ont été traitées et que de nombreux candidats sont arrivés, avec plus ou moins de réussite, au terme de cette épreuve. C'est un indicateur important permettant de confirmer notre ressenti initial : cette épreuve était de taille raisonnable et a permis aux étudiants de s'exprimer.

La seconde, c'est que le jury est particulièrement heureux de voir que les candidats n'ont pas hésité à aborder les questions ouvertes, du moins les premières : près de la moitié pour la première (Q8), mais seulement 7% pour la dernière (Q39). En revanche, il est surpris que les questions relatives à Python aient été régulièrement passées sous silence ou mettent en avant un manque de maîtrise d'algorithmique simple : il s'attendait à ce que, pour des candidats de cette filière, elles soient traitées en priorité. De plus, il déplore un manque de rigueur certain au niveau du traitement des incertitudes : c'est de toute évidence un point d'achoppement fort.

La troisième est une mention spéciale tant elle paraît fondamentale : le jury souhaite tout spécialement mettre en garde tous les préparateurs sur le caractère fondamental, pour un futur ingénieur, de faire preuve d'honnêteté intellectuelle ! En effet, comment un candidat peut-il partir d'une expression de départ fautive et arriver à l'expression demandée juste, sans souligner sa pirouette, souvent bien mal cachée, qui l'a amené à cette conclusion ? Une remarque de style : « j'ai conscience de ne pas arriver au résultat demandé » paraîtrait bien plus judicieuse au jury et serait bien mieux perçue !

Enfin, la dernière conclusion que le jury tient à partager, c'est l'importance que revêt la forme. Or, il déplore que de nombreuses copies aient été accompagnées d'un malus à cause d'une restitution déplorable. Lisibilité de l'écriture, respect de la langue, clarté de l'expression, propreté de la copie, identification des questions, mise en évidence des résultats sont les critères que chaque correcteur est amené à tester à la fin

de chaque copie. Il sait très bien que la numérisation a imposé au candidat de ne pas utiliser de fluide ou de ruban correcteur, mais, il déplore toutefois que de nombreux candidats semblent ignorer l'importance de se faire comprendre. Pourtant, n'est-ce pas là une qualité première de l'ingénieur ? Le bilan chiffré est alarmant : 23 % des copies ont été handicapées par un malus !

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

I Étude du module photographique d'un smartphone

I.A – Étude du capteur de l'appareil photographique

Q1. Si le jury accepte ici plusieurs méthodes, il tient à ce que ladite méthode soit rapidement exposée et déplore d'avoir parfois des résultats numériques sans aucune explication. Il souligne ici, comme pour l'immense majorité des questions, qu'il y a plusieurs items auxquels le candidat est invité à répondre : chacun est évalué. S'il fait preuve, comme sur chaque question, de beaucoup de bienveillance quant au nombre de chiffres significatifs, il apprécie que le candidat se réfère aux données pour ne retenir comme chiffres que ceux qui ont une signification. Un nombre conséquent de candidats confond taille d'un pixel et surface d'un pixel.

Q2. Si la majorité des candidats connaît les longueurs d'onde du visible, ce n'est pas la totalité. Le jury accepte ici plusieurs réponses pour la largeur de la tâche de diffraction. Il est toutefois interpellé par de fréquentes erreurs d'unité.

Q3. À l'occasion d'une telle question, le jury s'attache prioritairement au bon sens de la réponse apportée par le candidat. Certains confondent parfois cause et conséquence dans leur explication.

I.B– Étude des aberrations géométriques dues à la lentille de l'appareil photographique

Q4. Si le jury n'est pas très regardant sur le tracé d'une normale sur un dioptre sphérique, il apprécie toutefois les dessins clairs. Bon nombre de candidats ont éprouvé des difficultés à tracer la poursuite du rayon au sein de la lentille alors que celui-ci arrivait initialement en incidence normale à la surface du dioptre.

Q5. Toute question de la forme « montrer que » requiert, de la part du candidat, une vigilance particulière : il n'est pas tolérable que certains candidats se contentent de recopier le résultat donné en s'imaginant obtenir les points associés à la question.

Q6, Q7. Ces questions, qui découlent de la précédente, ne font appel à aucune technicité, mais plutôt à une clarté où il est indispensable de voir apparaître certains mots clés comme « petits angles », « conditions de Gauss » ou « rayons paraxiaux ».

Q8. Cette question, clairement identifiée comme question ouverte, demande un peu plus de prise d'initiative que les autres. Il semble important, dans une telle situation, de commencer par dessiner un schéma proprement légendé afin de s'en servir pour calculer la distance recherchée.

Q9, Q10. Si l'égalité des chemins optiques est le plus souvent mentionnée, les modalités pour aboutir à l'égalité donnée ne sont pas toujours claires et la simplification demandée ensuite pose souvent problème.

II Étude des pixels de l'écran d'un smartphone

II.A– Estimation de la taille d'un pixel

Q11. Si cette question est identifiée comme question ouverte, c'est qu'elle nécessite une petite prise d'initiative, mais ne présente en revanche aucune difficulté. Parmi les initiatives attendues, l'une des premières serait celle d'introduire des grandeurs littérales, ce qui faciliterait grandement le propos.

Q12. Pour l'immense majorité des candidats, cette question a représenté une difficulté insurmontable. En effet, si 85 % des candidats ont choisi de la traiter, moins de 1 % savent exprimer correctement un résultat accompagné de son incertitude. Surpris par la difficulté qu'elle a représentée, le jury s'attache à rappeler simplement ici que la mesure de plusieurs pixels (et non un seul) permet de minimiser l'incertitude, qu'il nous est demandé de présenter l'incertitude avec deux chiffres significatifs, que l'écriture du résultat et celle de l'incertitude doivent être cohérentes...

II.B– Dispositif expérimental de mesure d'un pixel

Q13, Q14, Q15. Ces questions, très proches du cours, ne présentent pas de difficulté particulière. Il n'est toutefois pas opportun d'y répondre sans un minimum de soin : un rayon lumineux doit être orienté, le principe du retour inverse de la lumière ne peut être ignoré, ni la forme des franges d'interférence. Il est important également de ne pas confondre la définition de l'ordre d'interférence, non nécessairement entier, avec la condition d'interférences constructives.

Q16. Question de cours par excellence, la formule de Fresnel, dont la démonstration n'est pas requise ici, a posé des difficultés à un nombre significatif de candidats, plusieurs ayant imaginé une intensité lumineuse négative à l'occasion du tracé du graphe.

Q17, Q18. Là encore, si ces questions sont très proches du cours, elles nécessitent un minimum de soin. L'énoncé précisant « en s'appuyant sur un schéma », le jury attend que le candidat fasse un schéma clair, à la règle, comportant le rayon issu de (S), passant par le centre de la lentille.

Q19, Q20. À la grande surprise du jury, nombreux sont les candidats ayant passé ces questions qui devraient être des questions très simples à l'adresse de candidats de MPI pour lesquels on peut attendre une appétence pour l'algorithmique. Seulement un peu moins de 50 % des candidats ont choisi de répondre à ces questions alors que les programmes à construire étaient volontairement simples.

Q21. Le jury n'attend pas ici de commentaire très élaboré : il cherche avant tout à vérifier que le candidat perçoit la cohérence du problème qu'il est en train de résoudre !

Q22, Q23. Là encore, le jury ne peut accepter de résultats sans justification, ce qui a régulièrement été le cas, mais n'attend pas non plus de longs développements stériles. Un schéma permet de limiter avantageusement les explications.

Q24, Q25. Bien peu de candidats pensent à faire appel à la somme des amplitudes lorsque les ondes interfèrent constructivement : le jury ne peut que le déplorer. Dès lors, le résultat de la question 25 est apparu comme miraculeux pour beaucoup !

Q26. Cette question ouverte n'a été que trop rarement abordée et les copies dans lesquelles la réponse est juste sont anecdotiques. Il semblerait que peu de candidats aient vu que l'estimation d'une incertitude composée était fournie dans le document annexe et que la notion d'écart normalisé soit étrangère au plus grand nombre : seule une quinzaine d'étudiants évoque cet aspect et deux proposent une expression correcte.

III Étude de la batterie lithium-ion

Q27, Q28. Très proches du cours, ces questions ne présentent pas de difficulté particulière, mais révèlent régulièrement un manque d'attention de la part de candidats qui, n'ayant pas pris le soin de bien lire l'énoncé, ne trouvent pas les bons couples ou utilisent des coefficients stœchiométriques incohérents.

Q29, Q30. Ici, le sujet permet au candidat une résolution littérale ou numérique, à sa convenance. Si cette liberté convient à certains, le jury déplore pour d'autres un raisonnement incompréhensible et s'étonne que, lorsqu'il s'agit de retrouver une valeur, le candidat n'ait pas le réflexe de comparer explicitement la valeur obtenue à la valeur attendue.

Q31. Bien que dénuée de difficulté particulière, le jury a découvert à l'occasion de cette question de nombreux dégagements gazeux très surprenants !

Q32. Si cette question ouverte nécessite un peu de lecture, elle ne présente aucune difficulté et le jury est heureux quand il sent que le candidat perçoit l'intérêt du suivi physique et chimique des objets technologiques qui l'entourent ! Les 37 % de candidats l'ayant abordé se retrouvent très largement récompensés.

IV Étude d'un congélateur

IV.A– Congélateur à compresseur

Q33, Q34. Ces questions, purement de cours, sont bien abordées par beaucoup de candidats. Cependant, le jury relève régulièrement des erreurs symptomatiques d'un manque de clairvoyance. En effet, comment un candidat qui se fourvoie sur le signe dans la définition de l'efficacité peut-il, sciemment, tomber sur le résultat final à retrouver, si ce n'est en faisant une double erreur qu'il tente, plus ou moins maladroitement, de maquiller ? Cette démarche est sévèrement réprimandée par le jury qui y voit une malhonnêteté intellectuelle manifeste. Il préfère amplement le candidat qui reconnaît ne pas trouver la bonne expression, mais il s'interroge aussi quant à la lucidité de celui qui aboutit à une efficacité négative sans se poser plus de questions !

Q35, Q36. La difficulté de ces questions réside davantage dans la retranscription des diverses valeurs numériques que dans les expressions littérales, régulièrement données.

Q37, Q38. Une certaine liberté de modélisation étant accordée ici, le jury est attentif à ne sanctionner aucun raisonnement et accepte tout raisonnement cohérent aboutissant à une expression linéaire respectant les conditions aux limites.

Q39. Cette dernière question ouverte du problème est la moins abordée. Le jury rappelle aux candidats que, dès lors que le régime permanent est admis, l'utilisation des résistances thermiques constitue une simplification salutaire. Évidemment, il apprécie que le candidat prenne du recul face aux valeurs obtenues.

IV.B– Résolution approchée de l'équation de la diffusion thermique dans le congélateur

Le jury tient à faire remarquer que le candidat trouvait dans l'introduction de cette dernière partie le début de la solution à la question 38 : il souligne par-là l'importance de bien lire l'énoncé.

Q40. Cette question, souvent bien traitée, ne présentait aucune difficulté, mais malgré tout bon nombre d'étudiants confondent conduction et conducto-convection.

Q41, Q42. Ces questions, faisant appel à l'ordre 3, posent des difficultés à bon nombre de candidats. Cependant, notons que le jury a fait preuve d'une grande mansuétude face à des expressions incomplètes lorsqu'elles étaient correctes.

Q43. Ici, la tournure « montrer que » doit inviter le candidat à ne pas se contenter de recopier le résultat donné ! Bien que ce ne soit pas l'attitude idoine, bien des candidats, légitimement fatigués en cette fin de problème, ne font pas l'effort d'un minimum d'explication : c'est regrettable.

Q44, Q45. Pour un candidat de MPI, ces deux questions relèvent de questions de cours. Lorsque la première de ces questions a été abordée, elle l'a toujours été de manière correcte. Le jury tient à rappeler la nécessité d'un compteur dans cette boucle.

Conclusion

Si de nombreux écueils ont été mentionnés ici, il est essentiel pour le jury de se réjouir des nombreuses copies de bonne facture rencontrées ! Elles sont autant d'occasions de remercier collègues comme candidats

d'avoir été des défricheurs de cette nouvelle filière à l'avenir prometteur. Cette épreuve a tout particulièrement été l'occasion d'illustrer la nécessité, pour tout ingénieur dans le domaine des « nouvelles technologies », de maîtriser les bases de la physique et de la chimie.

Le jury a également à cœur de rappeler aux candidats que le résultat d'une épreuve, s'il peut s'avérer déterminant pour l'obtention ou non d'un concours, ne constitue jamais une mesure de la valeur d'une personne qui ne se limite pas, fort heureusement, à ses capacités scientifiques à un instant donné.

Enfin, le jury souhaite que ce rapport puisse être utile aux préparateurs des années ultérieures. À cette fin, il rappelle les quelques principes fondamentaux illustrés au fil des questions.

- Si un ingénieur se doit de résoudre des problèmes, il se doit aussi d'exposer clairement sa solution : il en va de même d'un élève ingénieur.
- Si un ingénieur a des bases scientifiques lui permettant de relever les défis qui s'offrent à lui, il n'a pas toujours les solutions : il se doit de faire preuve d'humilité et peut reconnaître qu'il ne sait pas. Cette attitude, preuve d'une grande honnêteté intellectuelle, sera toujours valorisée, contrairement à celle qui consiste à imaginer un chemin factice pour aboutir coûte que coûte au résultat souhaité.
- Si un étudiant de CPGE est souvent appelé à se pencher sur des questions théoriques, il doit toujours se souvenir qu'elles sont en lien avec des questions concrètes : sa prise de recul sur ses résultats lui permettra bien souvent de limiter ses erreurs.
- Si un préparateur est évalué sur des sujets bien précis au bout de deux années, c'est après deux, voire trois années d'intenses efforts : cette période de préparation peut paraître longue, mais elle est nécessaire et, utilisée à bon escient, salutaire pour toute la suite de sa carrière. Le jury l'engage à s'y investir pleinement, dès les premiers instants, et l'assure qu'il pourra y découvrir un plaisir intellectuel à travers lequel il trouvera réellement une source d'épanouissement salutaire pour les générations à venir qui comptent beaucoup sur ces capacités à apporter des réponses aux défis que se doit de relever notre humanité.

Sachant qu'il est toujours important d'illustrer ses propos en prenant un peu de recul, nous lui confions les paroles d'Aristote : « Le plaisir dans le travail met la perfection dans le travail ».