

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

L'épreuve comprend trois blocs nettement indépendants : le premier (rassemblant les parties I et II) interroge sur le principe d'un traitement anti-reflet (présentation interférentielle en I puis électromagnétique en II), le second sur la démodulation d'amplitude par détection de crête (partie III) et le troisième (partie IV) étudie des réactions mettant en œuvre le magnésium, ses oxyde et hydroxyde (maille cristalline de MgO, thermochimie, oxydoréductions...).

Ce sujet permet aux étudiants sérieux de réinvestir leurs connaissances dans des situations proches des modèles usuels du cours de physique : conditions d'interférences destructives, équations de Maxwell, puissance électromagnétique d'ondes planes progressives harmoniques, calcul du champ électrostatique dans la zone de jonction d'une diode, décharge d'un condensateur, relations entre constantes d'équilibre et grandeurs thermodynamiques de réaction standard, calculs autour d'une maille cristalline, lois qualitatives de chimie, équation du potentiel de Nernst, interprétations d'un diagramme tension-pH...

Analyse globale des résultats

Globalement, les candidats traitent — au moins partiellement — toutes les parties de l'épreuve.

Comme souvent les questions de chimie (1/3 du barème de l'épreuve) ne recelaient aucune surprise et la répétition d'exercices types de thermochimie, de cristallographie et d'oxydoréduction — dans l'année et lors des révisions — permet d'assurer une note convenable au candidat entraîné.

Le jury a été davantage déçu par les réponses à certaines questions de physique dans lesquelles le candidat jette sur le papier une « explication » qui ne le convainc certainement pas lui-même (conditions d'interférences, symétries des champs...). Que les futurs candidats soient assurés de l'inanité de ces « remplissages » (non ça ne peut pas passer « sur un malentendu ») et qu'ils réfléchissent au risque de mettre à mal la bienveillance du correcteur pour la suite de la copie.

On attend également de l'apprenti physicien qu'il analyse et maîtrise les ordres de grandeur des résultats numériques (exemples parmi d'autres : une masse volumique du cristal d'oxyde de magnésium de $1 \times 10^{-16} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, une température de $1 \times 10^{14} \text{ K}$, un pourcentage d'intensité réfléchie de 300,3%). Il ne sert à rien d'attribuer le qualificatif « bizarre » à ces réponses : le calcul (ou le raisonnement) est à revoir.

Nous conseillons aux candidats de consacrer plus de temps aux questions relatives à des situations très proches du cours et de proposer alors une rédaction justificative solide — et donc complète — pour espérer obtenir la totalité des points dédiés. Beaucoup seraient sans doute surpris du faible ratio obtenu à des items qu'ils sont persuadés d'avoir validés.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Partie I

I.A) Une quantité très importante des copies a attribué 4% au ratio de l'intensité réfléchie (se limitant de facto au premier rayon réfléchi !). Il faut être attentif dès la première question ! Par

ailleurs une « comparaison » en physique entre deux grandeurs quantifiées ne se limite pas à une relation d'ordre : transmission environ 12 fois supérieure à la réflexion.

I.B) Les conditions d'interférence sont absolument exigibles conformément au programme de TSI : l'existence d'une zone de superposition est une condition nécessaire mais non suffisante. Cohérence !

La longueur d'onde *de* l'air n'a pas de sens : longueur d'onde *dans* l'air.

Certains ont situé les longueurs d'onde citées dans les rayons X ou UV ! On attendrait même des candidats qu'ils sachent attribuer les couleurs aux longueurs d'onde non réfléchies (violet et rouge).

La quasi indépendance du coefficient de réflexion avec la longueur d'onde du verre non traité a été qualifiée de « linéarité », terme qui n'a jamais eu la « constance » pour synonyme à notre connaissance mais plutôt « proportionnalité ». Le vocabulaire scientifique doit être utilisé à bon escient.

Les questions « ouvertes » **I.B.3** et **I.B.4** ont produit un florilège inavouable qui montre la difficulté des candidats à se focaliser sur les paramètres pertinents et à garder leur rigueur scientifique dans la rédaction.

Partie II

II.A) Si les équations de Maxwell ont globalement bien été rappelées dans la situation étudiée (absence de charges et de courants), un certain nombre de copies ont omis la permittivité relative dans l'équation de Maxwell-Ampère. Nous rappelons par ailleurs que les initiales MA, MG, MF... ne constituent pas une dénomination explicite. Signalons également l'absence très fréquente de flèche vectorielle sur les opérateurs rotationnel et le vecteur nul. Plus important encore, la définition de l'indice optique d'un milieu n'a pas toujours été rappelée pour l'obtention de sa relation à la permittivité relative.

Encore beaucoup trop de confusions entre direction de propagation et de polarisation.

La relation de dispersion était à démontrer et il était bienvenu de donner l'origine de la relation de structure (Maxwell-Faraday pour une OPPH). Hélas, l'indice n a souvent disparu de l'expression finale de la composante magnétique de l'onde : $1/c$ au lieu de $n/c = k/w$.

II.B) Les évocations des signes devant le produit kx dans la phase locale et instantanée n'ont pas empêché une proportion considérable de candidats de proposer des relations signées entre les nombres d'onde qui par définition étaient tous positifs ($k_2 = -k_1$ par exemple). D'autres ont cru bon de faire intervenir étrangement les coefficients de réflexion et de transmission dans ces relations.

La suite de cette partie a été extrêmement décevante : oubli des indices ou des coefficients de réflexion et transmission dans les expressions des \vec{B} , erreurs sur l'expression de définition du vecteur de Poynting, raisonnements fantasques sur la conservation de l'énergie...

Au sujet des « relations de passage », rappelons qu'il est parfaitement inutile de mémoriser et donc de rappeler des expressions dont les conséquences étaient explicitement interprétées dans l'énoncé comme de simples continuités.

II.C) Partie essentiellement calculatoire.

Les candidats ont bien profité des points de la question **II.C.1** qui n'était qu'une application littérale d'expressions fournies en amont. La suite a été beaucoup moins efficace. Certains ont remarqué que la question **II.C.2d** pouvait être traitée indépendamment des précédentes mais quasiment aucun n'a réussi à utiliser $\varphi = \pi$, l'expression de \underline{A} et des coefficients de réflexion pour trouver $N = \sqrt{n}$.

Partie III

III.A) La première question nécessitait une réflexion sur la barrière de potentiel qui se crée au fur et à mesure des transferts d'électrons et de trous d'une zone dopée à l'autre. En absence de raisonnement logique, il est inutile de répondre une lapalissade qui n'a aucune chance d'apporter des points.

Ensuite, plus de la moitié (!) des copies expriment mal la neutralité électrique de la zone car les grandeurs relatives négatives (densité de charge ρ_2 négative) ne sont pas maîtrisées.

Les questions **III.A.2** ont été rarement proprement rédigées : les symétries spatiales dans lesquelles beaucoup utilisent la charge volumique ρ comme troisième direction de l'espace (!) ; l'application du théorème de Gauss en précisant la surface fermée d'intégration du flux de E (dessin) et l'application de la superposition des champs avec décalage des abscisses.

Ce constat est inquiétant et nous invitons les prochaines promotions à travailler davantage l'étude des champs statiques.

III.B) Le premier item (**III.B.1a**) nécessite un minimum de justification (diode passante assimilée ici à un fil conducteur) qui ne paraît pas dans beaucoup de copies. Les schémas des circuits électriques équivalents sont attendus car explicites dans les deux situations. Pourquoi s'en priver au risque de proposer une rédaction insuffisante ?

L'allure complète de l'évolution de $U(t)$ a très rarement été devinée et jamais démontrée.

La détermination de la fréquence modulante a donné lieu à des expressions mathématiques rocambolesques alors qu'un simple comptage donnait le résultat (donné juste dans une proportion trop faible de copies).

Comme l'allure de $U(t)$ n'avait pas été trouvée, beaucoup se sont rabattus sur des considérations de fréquence de coupure de filtre assortis d'« évidences » peu convaincantes.

Partie IV

IV.A) La loi de Hess est à nommer clairement (à défaut de la justifier).

La relation de Van't Hoff a donné lieu à des intégrations incorrectes induisant des valeurs de températures totalement loufoques. Un minimum de compétences en calcul mathématique est attendu.

L'accord entre la maille élémentaire et la formule brute a posé parfois des problèmes de décompte mais a été généralement bien démontré. Pourtant la multiplicité de 4 entités MgO par maille a perturbé un certain nombre de candidats qui se sont trompés d'un facteur 4 dans la masse volumique.

IV.B) Le jury a été très surpris par le faible taux de réponses justes à la question **IV.B.1** dans laquelle il suffisait de repérer les températures de changement d'état.

Dans de trop nombreuses copies, les constantes d'équilibre ont été additionnées ou soustraites !

Les lois qualitatives de modération ne sont pas toujours comprises.

IV.C) La justification d'une configuration électronique passe nécessairement par le rappel des règles et principe utilisées (Klechkowski, Pauli) et sa stabilité par le rappel de la règle de l'octet (ou du duet).

L'identification des trois espèces sur le diagramme E-pH a été globalement satisfaisante même si la justification acide/base a parfois péché.

La détermination du potentiel standard du couple Mg^{2+}/Mg nécessitait une écriture correcte de la « formule » de NERNST or celle-ci n'était manifestement pas toujours bien mémorisée.

La question **IV.C.2c** a été apparemment insurmontable pour l'ensemble des candidats. Plus que l'expression de la constante de solubilité, il semble que le principe de comparaison d'un quotient de réaction avec une constante d'équilibre ne soit pas évident.

Malgré ces écueils, la partie chimie (IV) a permis d'assurer un minimum de points à la majorité des candidats (1/3 de la note en moyenne).

Conclusion

Ce sujet éclaté en trois blocs indépendants abordait un spectre suffisamment large de notions au programme pour permettre aux candidats de traiter prioritairement les questions leur paraissant les plus accessibles.

Nous conseillons aux futurs étudiants de prendre le temps de la réflexion et de la rédaction sur les questions qu'ils pensent maîtriser pour en tirer le maximum et de ne pas perdre leur temps à l'invention quand ils n'ont pas de cheminement logique à proposer.

Comme chaque année, nous souhaitons que les étudiants prennent en compte toutes les remarques précédentes pour la session ultérieure. Même si ces remarques peuvent paraître spécifiques au sujet de l'année, elles sont aisément transposables et généralisables.