

Physique-chimie

Présentation du sujet

Le sujet de physique-chimie 2013 abordait la physique et la chimie d'un instrument de musique à cordes, le piano. Il comprenait quatre parties indépendantes. Les parties physique et chimie étaient sensiblement de même longueur.

Le problème débutait par l'établissement de l'équation de d'Alembert régissant l'amplitude de vibration d'une corde tendue, en tenant compte ou non de la raideur de la corde. On étudiait ensuite l'harmonicité de cette corde, l'influence de sa longueur (piano droit ou à queue) et de sa masse linéique.

Dans une deuxième partie, le sujet décrivait le transfert des vibrations entre la corde de piano et l'air par l'intermédiaire de la table d'harmonie.

La partie chimie commençait par étudier l'acier des cordes de piano sous l'aspect cristallographique (une structure cristalline cubique centrée, dont la maille conventionnelle était donnée), se poursuivait par l'étude d'une méthode d'élaboration électrochimique du cuivre puis par la corrosion du fer par l'eau aérée ou désaérée. Enfin, une description stéréochimique de certaines étapes de la synthèse du néoprène servant de colle achevait le problème.

Analyse globale des résultats

L'étendue des thèmes abordés par le sujet a permis aux candidats de montrer leurs qualités scientifiques à travers diverses compétences, telles la connaissance de processus de synthèse, l'analyse de courbes, l'influence de paramètres physiques, l'application de lois fondamentales, la maîtrise des calculs.

Les différentes parties étaient indépendantes les unes des autres. Il était tout à fait possible d'avoir une très bonne note sans avoir traité l'intégralité du sujet.

Ainsi, avec un barème qui répartissait les points de façon égale entre la physique et la chimie, 63% des points ont été obtenus en physique, contre 37% en chimie. La principale raison de ce fait est la longueur de sujet, la quatrième et dernière partie étant abordée par seulement un candidat sur quatre. La bonne présentation de la grande majorité des copies est très satisfaisante mais il subsiste quelques copies mal présentées (orthographe aléatoire, non mise en évidence des réponses, présentation bâclée, non respect de la hiérarchie des questions). Celles-ci ont été pénalisées.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

I - Vibrations d'une corde de piano fixée à ses deux extrémités

La notion de raideur d'une corde est très souvent confondue avec le coefficient de raideur d'un ressort.

L'établissement de l'équation des ondes était guidée et la méthode imposée. Beaucoup de candidats ont préféré utiliser leur propre méthode, mathématiquement correcte, mais ils ne répondraient pas à la question posée. D'autres ont confondu, dans les exemples demandés, la notion de propagation

avec celle de diffusion. Les domaines de la physique où cette équation apparaît sont souvent bien connus, même si certains candidats distinguent encore les ondes lumineuses des ondes électromagnétiques.

Lorsqu'une question demande de *montrer* un résultat, il ne suffit pas de *vérifier* ce résultat.

Souvent, un schéma clair et bien légendé peut constituer un grand gain de temps et de points ! Par exemple, une représentation légendée du fil d'acier recouvert de cuivre permettait d'appuyer le raisonnement géométrique et d'éviter bien des erreurs.

Les applications numériques doivent respecter la précision des données, ce que nous rappelons année après année.

II - Couplage entre une corde de piano et la table d'harmonie : le rôle du chevalet

La notion de fuseau d'une onde stationnaire est bien connue mais l'explication des modes propres est très souvent vague quand elle n'est pas esquivée. Certains candidats croient donner à un terme confus une précision scientifique ou lui donner valeur d'explication en l'encadrant de guillemets (« vibration en phase » au lieu de sinusoïdal).

Peu de candidats ont vu le rôle de filtrage du terme sinus-cardinal dans l'amplitude des oscillations.

L'intérêt d'enrouler les cordes avec du fil de cuivre demandait quelques mots d'explication. Ici, il s'agissait de considérer l'influence du fil à longueur de corde **constante**. Le rôle d'un paramètre est à étudier dans le sens de sa variation et non sur le seul fait qu'il influence une grandeur : il faut dire par exemple dans quel sens varie la grandeur si le paramètre augmente.

Le jury n'est pas dupe des malhonnêtetés — le mot n'est pas trop fort — algébriques de certains candidats, quand ils doivent démontrer une équation donnée dans une question et qui leur est peu familière. Dans ce cas, seules les réponses claires et détaillées, sans erreur ou omission, reçoivent les nombreux points qu'elles méritent.

Les notions de dimensions et d'unités sont souvent confondues.

Un graphe tracé sur la copie doit être commenté. Une explication du type « la courbe monte » est insuffisante.

Le résultat de l'impédance à trouver était donné, au moins dans un cas d'onde progressive. La démonstration attendue devait convaincre le correcteur de la maîtrise des calculs et des raisonnements.

La célérité d'une onde est distincte de la vitesse d'un point de la corde. C'est là toute la différence entre l'onde et le mouvement de son support, subtilité que certains candidats ne connaissent pas encore, malgré de nombreuses heures de physique sur ce sujet.

III - Corrosion des cordes de piano

Si le décompte des atomes d'une maille est souvent bien fait, l'étude des sites interstitiels est maltraitée. Cette étude demande un peu de vision dans l'espace pour déterminer les atomes aux sommets des sites.

Une valeur numérique manifestement aberrante, telle une masse volumique du fer égale à $10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ou $10^{36} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ doit conduire à une correction immédiate.

La faible solubilité du carbone dans le fer, de l'ordre de 0,035% en masse, laissait présager une masse volumique égale à celle du fer pur (à une précision de trois chiffres). Cette constatation évitait un nouveau calcul mais quasiment aucun candidat ne l'a remarquée.

La règle de Klechkovski est souvent bien explicitée mais il reste quelques confusions entre les règles de Hund et de Pauli.

Les étapes de cémentation et de lixiviation dans le processus d'élaboration du cuivre sont souvent inconnues. Le montage destiné à l'établissement des courbes intensité-potentiel nécessite un générateur. Le palier de diffusion est trop souvent placé sur la courbe d'oxydation de l'électrode alors que l'on trouvait souvent écrit dans la copie que le métal de l'électrode n'était pas soumis à cette saturation !

La place des espèces rédox dans un diagramme potentiel-pH est souvent bien faite, alors que la justification des frontières acido-basiques n'est que très rarement établie.

IV - Polymères synthétiques dans le piano

Les quelques questions de chimie organique n'ont été abordées que par une faible proportion de candidats. Ceux-ci ont en général correctement donné les couples de molécules énantiomères mais beaucoup de candidats se sont trompés dans les structures des molécules réactives ou dans le mécanisme d'addition du dichlore, quand ce n'est pas un mécanisme de substitution qui est écrit !

Conclusions

Ce problème, riche en thèmes abordés, assurait une équirépartition des points en physique et en chimie et permettait aux candidats ayant travaillé sérieusement durant les deux années d'obtenir une excellente note. Quelques rares copies en revanche révélaient une absence de contenu scientifique cohérent quel que soit le domaine étudié, ce qui est regrettable à ce niveau d'enseignement et d'exigence.