

Physique – Chimie

Présentation du sujet

Le sujet s'articule autour du cuivre, de sa structure cristalline et les moyens de son étude, à son obtention chimique et ses propriétés thermodynamiques dans un alliage Ni – Cu, en passant par une application de ses propriétés conductrices.

Il s'agit donc de mettre en œuvre en autonomie, des méthodes d'analyses simples, en répondant aux différentes problématiques posées par le sujet. Seule une bonne maîtrise de la vaste culture scientifique demandée à un futur ingénieur — cadrée à ce niveau par le programme — permettra d'abord de comprendre chaque thématique. Chaque partie ou question définit implicitement un cahier des charges d'hypothèses ou/et d'approximations à respecter. Compte-tenu de la diversité des domaines abordés, les solutions efficaces et communiquées précisément par le candidat sont naturellement valorisées.

Analyse globale des résultats

Les résultats des candidats s'étendent de 1% de réussite totale des réponses à 75% environ. La réussite moyenne globale se situe au voisinage de 25%, avec ce même taux en physique, comme en chimie ; cela note un travail équilibré de la part des candidats dans ces deux matières. Le barème établi ne permet pas le « grappillage » ni le « bachotage », et ce, en n'attribuant les points des commentaires que si les applications numériques sont correctes et cohérentes en termes de chiffres significatifs — en lien avec les données — elles-mêmes validées uniquement si le protocole de résolution est satisfaisant. Le format long du sujet laisse la possibilité aux candidats de mettre en œuvre les démarches scientifiques, parfois communes, dans différents cadres d'hypothèses et de lois. En conséquence la liberté d'initiative laissée aux candidats conduit à une grande diversité de réussite locale (par partie) pour des notes globales parfois voisines.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

I. Du minerai au métal

I.A.1 Le cadre d'hypothèse exclut une réponse qualitative. Il a été toléré une réponse à 3 chiffres significatifs bien que la cohérence avec les masses molaires de l'énoncé était de 4.

I.A.2 La communication schématique doit être précise.

I.A.3 Une bonne compréhension impose de donner la proportion de chacun par maille.

I.A.4 La cohérence entre la structure électronique et la nature des ions est importante et donne les moyens à l'étudiant de se corriger lui-même.

I.B.1 La formule de Gibbs souvent invoquée est hors programme. L'essentiel est de remarquer que la pression n'a pas d'influence sur l'équilibre permettant ainsi de bien discuter le diagramme du I.B.2. La majorité des candidats ne fait pas le lien entre la pression en dioxygène et celle de l'air.

I.B.2 Il s'agissait de transférer ses connaissances des diagrammes d'Ellingham vers une présentation atypique en s'adaptant aux nouvelles variables descriptives. Les intermédiaires nécessaires ont été valorisés. La discussion du diagramme obtenu nécessite une communication sur ces variables.

I.B.3 Le domaine de pression obtenu n'est pas surprenant compte-tenu des ordres de grandeurs. Dans les conditions industrielles, l'équilibre chimique n'est pas réalisé : il est rompu en faveur du cuivre.

I.C.1 Le signe de U lors de l'électrolyse peut se déduire simplement du sens de transfert des charges et de l'analyse des demi-réactions.

I.C.2 Ce calcul est indépendant et est une application concrète simple valorisée.

I.C.3 L'initiative pouvait être prise d'estimer le potentiel d'une électrode $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}_{(s)}$ et de discuter les propriétés rédox du fer, du zinc et de l'or.

II. Le cuivre, conducteur de l'électricité

II.A.1-4 Il est à distinguer, dans le contexte, une moyenne sur le temps d'une moyenne sur un ensemble d'électrons. La mise en œuvre des outils simples a été bien réussie. Si l'unité de masse n'est pas cohérente pour la masse molaire et la masse volumique, alors cela conduit à une erreur dans l'application numérique.

II.A.5 Un commentaire faisant référence à la réflexion des ondes électromagnétiques sur les conducteurs rentre dans le cadre du programme.

II.A.6 Il fallait simplement discuter l'expression de γ_{Cu} trouvée.

II.B.1 Dans ce cadre, il s'agit d'établir des liens entre déphasage, effets capacitif/inductif, perte de puissance dans la ligne et facteur de puissance. Encore faut-il connaître ce dernier.

II.B.2 L'initiative de proposer un modèle électrique suivi d'une mise en équation permet de résoudre la question. La résistance électrique d'un fil est connue. Le raisonnement permettant de trouver la surface minimale était indépendant.

II.B.3 Un argument simple liant le poids du cuivre au nombre de poteaux, et donc au coût était attendu.

II.B.4 Question souvent bien comprise, mais peu de candidats ont abouti.

II.B.5 De rares élèves ont calculé la valeur moyenne entre les abscisses $x = 0$ et $x = \ell$.

II.B.6 Un bilan de puissance thermique (sur la surface latérale et non la section) et électrique n'est possible que si les deux sont bien comprises.

III. La structure du cristal de cuivre

III.A.1 Il est important de connaître les domaines des rayonnements électromagnétiques.

III.A.2 L'électron-Volt est l'unité adaptée. Beaucoup confondent nm et pm.

III.A.3 Une simple mise en relation entre la longueur d'onde et le paramètre de maille était attendue.

III.B.1 Bon nombre de candidats ont déterminé le sens du champ magnétique en considérant que les électrons en orbite circulaire en constituaient la source. L'unité du champ magnétique semble poser problème, ainsi que ses ordres de grandeur. Le mouvement circulaire dans ce cas est souvent maîtrisé.

III.B.2 Beaucoup de calculs lourds sont évités en tenant compte du cadre d'approximation imposé. De nombreuses erreurs d'intégration en omettant le fait que x dépend de t ; ou encore, certains introduisent une pulsation dépendant du champ magnétique sans tenir compte du fait que ce champ dépend de x et donc de t en suivant la particule.

III.B.3 Une poignée de candidats arrive à mener un raisonnement basé sur l'émission en phase aux extrema de la trajectoire.

IV. Étude thermodynamique d'un alliage

IV.A.1-3 Le potentiel chimique en fonction de la fraction molaire est connu ; et le passage à la fraction massique est souvent réussi.

IV.B.1 L'égalité des potentiels chimiques pour Ni est souvent omise.

IV.B.3 La lecture et l'application de la règle des moments ne sont pas maîtrisées.

IV.C.1 Curieusement le passage aux Kelvin semble poser problème.

IV.C.2 Les démonstrations n'ont pas à être faites dans l'approximation d'Ellingham.

IV.C.3 Le résultat étant donné, le jury est particulièrement attentif à la démarche de la démonstration.

IV.C.4 Peu abordée, les $\Delta_r H_{\text{fus}}^\circ$ sont toujours positifs.

Conclusions

Ce type de sujet est particulièrement sélectif compte-tenu des différentes compétences auxquelles il fait appel. La capacité à trouver des solutions à différentes problématiques successives dans des domaines aussi variés en un temps limité, la précision des explications et la capacité à les communiquer ne peut se faire que si les connaissances inscrites au programme sont acquises. Chaque candidat doit bien comprendre que le préliminaire à ce type d'épreuve est la maîtrise des lois et techniques de base que le programme définit, car jugées essentielles pour l'apprenti scientifique, ses autres qualités peuvent alors s'exprimer.