

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

Le sujet de physique-chimie 2 comporte cinq parties indépendantes, de tailles relativement différentes. La première partie traite de quelques propriétés chimiques de l'hydrazine, combustible utilisé pour la propulsion spatiale. La seconde partie décrit la structure et les réactions d'une pile à hydrazine et compare ses propriétés à celles d'une pile à combustibles (O_2 , H_2). Les parties suivantes décrivent la propulsion chimique puis électromagnétique d'un projectile.

Les questions posées présentent des complexités diverses et mettent en œuvre des compétences variées, allant de questions proches du cours à des tâches complexes et une mise en œuvre d'un raisonnement à plusieurs étapes : schématisation, algébrisation, calculs, lectures de courbes, discussions, applications numériques, commentaires. Les méthodes ne sont pas toutes imposées, une certaine liberté de moyen est laissée à l'appréciation du candidat.

Analyse globale des résultats

Les candidats ont exploré l'ensemble du sujet, même les toutes dernières questions ont été étudiées. L'exploitation des courbes est malheureusement trop souvent maltraitée : mauvaise lecture, mauvaises estimations, non prise en compte des unités... Les valeurs numériques calculées sont parfois fantaisistes, surtout celles concernant les grandeurs électriques ou énergétiques. En revanche, un certain nombre de comportements physiques ont été compris : augmentation de la capacité de condensateurs associés en parallèles, bilans d'enthalpie ou d'enthalpies libres, déplacement de charges dans une pile...

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

La présentation de la grande majorité des copies est satisfaisante mais il subsiste encore, comme les années précédentes, quelques copies de piètre qualité (orthographe aléatoire, non mise en évidence des réponses, présentation bâclée voire proche d'un brouillon, non respect de la hiérarchie des questions, écriture en biais dans la marge...). Dans de très rares cas, le jury a sanctionné des copies mal présentées. Sans exiger une trop forte contribution à la forme, le jury attend simplement qu'une copie soit agréable à lire, que les réponses soient mises en évidence, que le candidat montre, outre ses qualités de raisonnement, ses compétences de communication.

Le jury s'étonne qu'il puisse trouver des copies au contenu rare et dilué, qui montrent le peu de savoirs et de mise en œuvre de compétences acquis en physique et chimie au bout de deux voire trois années de classe préparatoire. Il se félicite en revanche d'avoir lu quelques excellentes copies dont la qualité l'a pleinement satisfait.

Le langage employé doit être scientifique et précis, chaque mot a un sens : « le solide disparaît », « le solide est grignoté » ; pour imaginer qu'ils soient, ces verbes n'expliquent en rien la nature de la transformation chimique en jeu.

L'hydrazine

I.A) Une structure de Lewis complète comprend les éventuels doublets libres, ici portés par les atomes d'azote. La présence de ces doublets libres influence l'angle entre les liaisons.

I.B) La vaporisation d'un liquide ne rompt pas les liaisons covalentes. Il y a confusion entre la liaison covalente N—H et la liaison hydrogène formée entre un doublet libre de l'azote et un hydrogène d'une autre molécule.

I.C) L'autoprotolyse désigne un échange de proton entre deux molécules de l'hydrazine et non une décomposition de cette molécule. Elle correspond à l'équilibre entre deux molécules d'hydrazine pour former ses ions et non l'inverse. Une constante d'équilibre n'est pas une constante de vitesse d'une réaction !

Pile à hydrazine

II.A) Le schéma à reproduire doit être complété par une liste exhaustive de données. Les réactions aux électrodes se doivent d'être thermodynamiquement favorisées (spontanées) pour qu'une pile fonctionne. Les électrons ne circulent pas dans l'électrolyte ; les candidats ayant fait cette erreur n'ont pas compris les rôles complémentaires mais distincts de l'électrolyte et du circuit électrique.

Une constante d'équilibre élevée ne permet de conclure ni à une réaction rapide ni à un grand dégagement d'énergie !

On peut noter la sensibilité des candidats au caractère polluant des moteurs thermiques.

II.B) Les domaines d'immunité, de corrosion et de passivation sont identifiés mais la signification précise de ces termes reste souvent floue ! La réponse « le solide est corrodé, passivé ou immunisé » n'est, au mieux, qu'une paraphrase de la question. De plus, les réactions redox ne se réduisent pas à l'action de l'eau !

II.C) L'explication du rendement nécessite une réponse claire sur la nature des termes énergétiques utilisés. Un travail n'est pas un transfert thermique, il s'agit d'une distinction essentielle de la thermodynamique. Les conditions aboutissant aux expressions du travail utile et du transfert thermique doivent être citées et utilisées au bon moment.

Il n'est pas étonnant, contrairement à la remarque de nombreux candidats, que le rendement de la pile soit supérieur au rendement maximal d'un moteur ditherme, d'autant plus que l'on a *choisi* les températures ! Ce moteur fonctionnant à des températures élevées pour la source chaude, le choix de -5°C et 30°C n'est certainement pas satisfaisant. Il est apparemment nécessaire de rappeler que l'échelle kelvin s'impose dans l'expression $1 - T_f/T_c$!

Propulsion chimique du projectile

Un bilan énergétique est donné, il fallait le justifier. Le jury a remarqué de nombreuses tentatives frauduleuses de démonstration ! Une réponse correcte nécessite d'identifier tous les termes et d'expliquer leur expression et leur intervention dans l'expression proposée. Beaucoup de candidats ont négligé de parler des approximations qui étaient nécessaires, alors que cela rapportait de nombreux points.

Les applications numériques sont toujours valorisées, à condition qu'elles comportent l'unité correcte et que le nombre de chiffres significatifs soit respecté.

L'exploitation d'une donnée graphique, si elle comporte quelques tâches complexes (moyenne, aire sous une courbe, approximation affine...), doit être détaillée et expliquée clairement.

Dériver une relation, ici celle décrivant la conservation de l'énergie, ne fournit pas une nouvelle relation indépendante !

Balistique

La toute première question demande de trouver la portée d'un tir balistique sans frottement. Elle n'a pas été souvent réussie. Beaucoup trop de calculs sans but affiché tournent en rond et finissent par être abandonnés, parfois après trois pages, quand ils n'aboutissent pas à un résultat non homogène ! De nombreuses erreurs ont été faites dans l'application numérique ; il était impératif de donner l'expression littérale de la vitesse initiale avant de passer au calcul.

La justification du rôle prépondérant de la quantité de mouvement sur l'effet de la viscosité du fluide nécessite une évaluation du nombre de Reynolds de l'écoulement. La comparaison d'une quantité de mouvement à une force n'a pas de sens, les deux grandeurs étant différentes. Que de fois a-t-on lu « la force de frottement est petite devant la quantité de mouvement donc... ». Trop peu de candidats ont pensé à utiliser et moins encore à évaluer le nombre de Reynolds de l'écoulement.

Une explication de l'augmentation de la portée avec la taille du projectile doit comporter une évaluation quantitative, même approchée, de cette portée.

Propulsion électromagnétique : un prototype de laboratoire

V.A) Un condensateur (source de tension) et une bobine (source de courant) peuvent être reliée l'un à l'autre. Des candidats nous ont soutenu le contraire, arguant que l'interrupteur simple allait court-circuiter un circuit LC !

V.B) L'association de condensateurs pouvait être démontrée en régime temporel ou fréquentiel.

V.D) Le très faible rendement énergétique du dispositif ne devait pas surprendre. Un raisonnement énergétique permettait d'estimer l'épaisseur de la plaque de polystyrène nécessaire à l'arrêt du projectile.

V.E) Il y a eu beaucoup de confusion entre régime apériodique et régime transitoire d'un circuit RLC . L'analyse et l'exploitation des courbes temporelles n'a pas souvent été faite correctement, le calcul des valeurs des composants L et R encore moins. En revanche, les candidats ayant abordé la toute dernière question l'ont assez souvent bien traitée, l'erreur récurrente étant l'oubli du facteur N^2 .

Conclusion

Rappelons, même si cela paraît évident, qu'il faut lire l'énoncé pour en retenir les diverses hypothèses (domaine acido-basique de travail, conditions isobare et adiabatique...) et prendre le temps pour faire appel à ses savoirs et pour les associer au modèle étudié. Un schéma propre, un tracé précis et clair, forment une base solide et convaincante pour appuyer et démontrer les relations algébriques demandées. Le vocabulaire scientifique utilisé doit être précis et sans ambiguïté.

La qualité de la présentation des copies, souvent bonne voire excellente, constitue un gage de respect envers le lecteur. Les quelques copies ressemblant à des brouillons ou à des pensées brutes étalées sur la copie sans aucune mise en forme ont été sanctionnés.

Rappelons que les correcteurs ne sont pas dupes des circonvolutions qui partent des hypothèses de l'énoncé pour aboutir faussement aux conclusions données elles aussi.