

# Physique-chimie

## Présentation du sujet

La partie physique traite de l'atome, de sa modélisation mécanique, son rayonnement dipolaire, son interaction avec une onde électromagnétique pour aboutir sur son ralentissement Doppler en vue d'obtenir des atomes « froids ».

La partie chimie, totalement indépendante, s'intéresse à la cinétique de synthèse du glycol par hydrolyse d'un oxyde d'éthylène. Le mélange eau-glycol est ensuite abordé d'un point de vue thermodynamique en vue d'une utilisation d'antigel, qui est ensuite étudié par un dosage rédox.

Le sujet faisait appel à de nombreuses compétences techniques que le jury a évaluées indépendamment les unes des autres. Les candidats ont dû s'approprier successivement de nombreux systèmes physiques à partir de descriptions très diverses. Les analyses demandées ne nécessitaient pas de longs développements mathématiques mais s'appuyaient sur la mise en application de nombreuses lois au programme, la compréhension de lois proposées dans le sujet, ainsi que des courbes et un protocole expérimental.

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 vocabulaire technique qui fait référence à des notions scientifiques) par le candidat sont naturellement valorisées.

## Analyse globale des résultats

Les résultats des candidats s'étendent de 1% de réussite totale des réponses à 95% environ. Le barème donnait un poids plus fort à la première partie (60%), mais le fort écart-type obtenu en chimie a rendu cette partie très discriminante. 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.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Le jury rappelle que toute application numérique qui ne précise pas l'unité et que toute faute d'homogénéité conduisent systématiquement à l'attribution de zéro à la question.

### Remarques par question

**I-A** Les propriétés *géométriques* liées aux *invariances* et *symétries* sont bien comprises et utilisées. Mais elles ne permettent pas d'effectuer un calcul direct du champ par intégration de champs élémentaires dus aux points sources de la boule chargée.

Le *principe des actions réciproques* n'est pas toujours connu.

**I-B** Les équations s'appuyant sur le *principe fondamental de la dynamique* doivent être écrites en fonction du paramétrage de l'énoncé que les candidats doivent s'approprier, ce qui facilite la

démarche de la réduction du *problème à deux corps* au programme de la filière. La *gravité* n'a pas sa place ici.

Une expression de la *masse réduite* inhomogène démontre ici une inaptitude plus générale à la vérification d'un résultat par l'homogénéité, et conduit nécessairement à une valeur numérique extrêmement fautive et dépourvue de sens physique.

Une confusion entre les dimensions caractéristiques d'un atome et de son noyau correspond à une erreur d'un facteur d'environ 100 000. Les ordres de grandeur des fréquences ou plutôt de la longueur d'onde des UV sont généralement connus.

**I-C** «  $p$  » ne décrit pas automatiquement une *quantité de mouvement*, et un *moment* peut être de nature très diverse. Il n'est pas utile de citer les unités pour vérifier l'*homogénéité* d'une relation, et la comparer à un *champ magnétique* ou *électrique* au programme est efficace.

La relation de structure d'une *onde plane électromagnétique* est généralement connue, mais invoquer celle d'une *OPE harmonique* en faisant apparaître sa *pulsation* constitue un hors sujet.

Le cadre des trois *approximations* du *dipôle rayonnant* doit être connu de manière précise ; « l'AR-QS » à quelle échelle ? celle du dipôle ou de la distance au point d'étude ? de même « une approximation à grande distance » ... par rapport à laquelle ?

La définition et le sens du *vecteur de Poynting* sont généralement connus. Il est à noter que sa *moyenne dans le temps* ne fait pas disparaître son caractère vectoriel. Un *flux* a également une expression sur une base vectorielle.

**I-D** De nombreux candidats ne maîtrisent pas une approximation par un *développement à l'ordre 1* pour l'estimation de  $\delta\omega$  ; ce petit calcul nécessitait également l'utilisation de la *notation complexe* et l'emploi de l'approximation donnée.

**II-A** Ce sont les deux approximations (ARQS du champ extérieur à l'échelle de l'atome, et force magnétique négligeable) nécessaires à l'écriture de la relation donnée qui étaient naturellement attendues.

Le passage correct en *notation complexe* (dans le cas d'une *équation différentielle linéaire*, certes vectorielle) pour trouver  $\alpha(\omega)$  n'est pas devenu un réflexe pour tous les candidats.

**II-B** La force de *pression* de radiation a ici pour origine deux *charges électriques*, susceptibles de subir chacune deux forces. Le calcul de sa moyenne peut être direct en *notation réelle* à condition de maîtriser les *relations trigonométriques*, mais peut aussi se faire par analogie avec un calcul de puissance vu en première année, ou/et en utilisant la notation complexe et complexe conjugué.

**III-A** La mise en œuvre du ralentissement consiste en une discussion précise des relations données qu'il faut donc s'approprier.

L'utilisation d'emblée du *théorème de la puissance cinétique* évite de projeter la *deuxième loi de Newton* sur la vitesse, et peut-être d'oublier un facteur 2. La notion de *constante de temps* est maîtrisée.

**III-B** L'expression de l'énergie cinétique microscopique moyenne en fonction de la température n'est pas souvent connue ou comprise. Aucun candidat n'a pensé à discuter la notion de *température* pour un seul atome.

**IV-A** Une même espèce ne peut avoir deux *concentrations* différentes selon la réaction chimique.

**IV-B** Bon nombre de candidats confondent *vitesse de réaction* (variation de son avancement volumique) et *vitesse d'apparition d'une espèce chimique*. La notion d'*ordre* pour un *acte élémentaire* est connue.

**IV-C** Trop de discours sont approximatifs ou décrivant uniquement la courbure des simulations données ; l'identification des espèces ne peut se faire que par un raisonnement explicite qui met en relation les données (*mécanisme*) ou/et résultats précédents (**IV-A**) avec les courbes fournies.

**IV-D** Le vocabulaire décrivant *l'équilibre chimique* ou son *déplacement* n'est pas adapté à la *cinétique chimique*.

**V-A** L'utilisation de la relation de *Kirchhoff* pour une *enthalpie de réaction* ( $\Delta_r H^\circ$ ) est parfaitement adaptable à un *changement d'état*. Elle évite la lourde description d'un cycle thermochimique ou l'introduction de la seule *capacité calorifique* de la glace.

La description et l'utilisation des *potentiels chimiques* sont mal connues.

**V-B** Une erreur sur une *demi-réaction rédox* a un impact très négatif sur l'écriture des *réactions chimiques* qui interviennent dans le *dosage*. Rares sont les candidats qui ont compris que la deuxième étape du *protocole* permettait de déterminer un excès d'ion chromate. Il s'agit ici de bien comprendre le protocole décrit en relation avec les couples de réactifs possibles, et ceux sur la base des données fournies.

## 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 peuvent s'exprimer que si les connaissances au programme sont acquises.

Par nature, la matière et l'épreuve présentent certainement la spécificité d'aborder de nombreux domaines avec une description et des méthodes mathématiques très diverses, codées par des mots clés que les programmes décrivent. Ce rapport en utilise quelques-uns (indiqués en italique), les candidats — futurs scientifiques — ont deux années (voire trois) de préparation pour s'approprier toutes ces notions ainsi que les compétences nécessaires à leur mise en œuvre.

En effet, pour de nombreux candidats, la première compétence, certes longue à acquérir, consiste à s'approprier la définition mathématique et le sens des grandeurs. Ceci constitue le premier point d'arrêt sur ce type d'épreuve et peut-être en physique/chimie de manière générale. Les tentatives de réponses en utilisant des théorèmes et des approximations mal maîtrisés s'avèrent alors très superficielles aux yeux du jury.