

# Physique-chimie

## Présentation du sujet

Le sujet traite de l'atmosphère à travers l'étude de sa composition par le principe physique du LIDAR, de l'influence de  $\text{SO}_2$  et  $\text{CO}_2$  (et de sa production par un moteur à explosion) sur son acidité, ainsi que de sa stabilité au regard de la convection.

La partie physique aborde de nombreux domaines s'étendant de l'absorption, du rayonnement dipolaire (champs et bilan énergétique), des transformations d'un gaz parfait et de la statique des fluides à la mécanique et aux interférences électromagnétiques.

La partie chimie, totalement indépendante, aborde des domaines aussi variés que structure moléculaire, cristallographie, équilibre chimique, changement d'état et diagramme potentiel-pH.

Le sujet faisait appel à des données regroupées en fin de sujet que le candidat doit exploiter pour ses applications numériques en fonction des besoins.

Les candidats doivent avoir une bonne maîtrise des lois afin d'être capables de basculer rapidement d'un domaine à un autre.

## Analyse globale des résultats

Le barème établi évite le « grappillage » 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.

Les copies se répartissent comme suit : un quart sont d'un niveau faible ou émanent de candidats ne croyant pas à leurs chances de réussite (ce sont souvent des copies qui traitent très peu de questions) ; la moitié sont d'un niveau moyen, des connaissances sont bien assimilées sur certains domaines du programme, quelques questions ou problèmes peuvent être très bien abordés ; le quart restant est constitué de bonnes copies à travers lesquelles on reconnaît les étudiants fortement investis dans leur préparation et des étudiants brillants.

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 réponse.

## Commentaires sur les réponses apportées

**I.A** Il faut naturellement tenir compte du retour du signal. Des confusions entre la fréquence du signal et sa période d'émission.

La *loi de Beer-Lambert* est suggérée par l'énoncé ; le jury est dès lors attentif au moyen utilisé pour y parvenir ; pourtant, il est rare qu'un bilan énergétique sur une tranche d'épaisseur  $dz$  soit correctement présenté dans les copies ; il s'en suit souvent une faute de signe dans l'intégration.

Concernant la puissance rétrodiffusée, on assiste encore à toutes sortes de bricolages pour tenter de tromper le correcteur en simulant une démonstration du facteur  $1/2$ . La discussion de la puissance reçue qui est donnée ne doit pas être une paraphrase de la loi mais une discussion au regard des lois physiques : rôle de la surface, terme sphérique et facteur 2 dans l'argument de l'exponentielle justifié par l'absorption aller et retour.

**I.B** Certains candidats ne connaissent pas la relation entre  $\lambda$  et  $\omega$ . D'autres proposent une relation faisant intervenir en plus le vecteur d'onde ou/et la période.

Trop de paraphrase des inégalités à commenter : certes  $\ell_0 \ll \lambda$  veut dire que «  $\ell_0$  est très petit devant la longueur » mais cela ne constitue pas un commentaire pertinent.

Les approximations nécessaires (approximation dipolaire, approximation non-relativiste, zone de rayonnement) à l'étude du dipôle rayonnant sont explicitement au programme et doivent donc être connues.

Il faut préciser si les plans de symétrie ou d'antisymétrie évoqués le sont pour le champ ou les sources. L'ambiguïté n'est pas favorable au candidat.

L'identification du retard est caduque si  $p''(t - \frac{r}{c})$  a été compris comme  $p'' \times (t - \frac{r}{c})$  retrouvé dans l'analyse dimensionnelle qui suit.

Dans cette analyse dimensionnelle, là encore, les tentatives d'escroqueries sont nombreuses et sont très facilement détectables par un professionnel ; elles ne mettent pas en confiance le correcteur qui redoublera donc de vigilance...

**I.C** Les propriétés énergétiques du champ électromagnétique sont bien connues.

La démonstration de la puissance émise fournie ne peut être correcte que si le champ électrique est correct.

Une lecture attentive du sujet permet de remarquer que l'intégration de  $\sin^3 \theta$  est fournie, la recalculer est une perte de temps.

L'indépendance de  $r$  est à lier à la conservation de la puissance transférée à travers toute sphère et non à paraphraser.

Le lien entre l'éclairement et le vecteur de Poynting d'une OPPH est rarement fait.

**I.D** La notation en exposant du « 1 » dans  $3s^1$  n'est pas celle d'une puissance d'un réel et ne peut être substituée par  $3s$  qui lui veut donc dire  $3s^0$ .

La proportion de sites occupés et la masse volumique du corindon ne peuvent être obtenues qu'avec la maîtrise de la multiplicité de  $O^{2-}$ .

Un grand nombre de candidats n'ont pas compris qu'on envisageait la substitution d'un ion  $Al^{3+}$  par l'un des ions du Titane.

**II.A, B, C** Le jury a accepté les tracés  $p(V)$  et  $V(p)$ . Il est surprenant de voir dans la même question des applications numériques à 2 chiffres pour la pression et à 5 pour la température.

**II.D** L'enthalpie d'ébullition est définie hors toute combustion, le volume du liquide à négliger ne correspond pas au volume de carburant injecté : il s'agit de comparer des volumes molaires qui sont des paramètres intensifs.

Des fautes d'intégration, mais l'expression de  $P_{\text{sat}}(T)$  est souvent trouvée ; en revanche, les bonnes applications numériques sont rares.

**II.E** Les zones solide, liquide et gaz sont généralement connues. Le jury a validé divers qualificatifs pour le fluide supercritique. Cependant, l'adjectif superfluide ne convient pas.

C'est la valeur de l'abscisse du point B qui était attendue.

**II.F** Quelques pseudo-réactions chimiques sans coefficient stœchiométrique qui ne permettent donc pas d'avoir les valeurs des grandeurs thermodynamiques (II-G).

**II.H** Question liée à la précédente rarement menée jusqu'au bout ; il s'agit là d'une détermination très classique d'une constante d'équilibre. La question était bien valorisée dans le barème pour ceux qui sont allés jusqu'au résultat final.

**II.I** L'étude de l'entropie de réaction ne permet pas directement de conclure sur l'influence de la pression, bien que liée à la variation du nombre de moles de gaz qu'il fallait donc invoquer.

Le caractère endo- ou exo-thermique et ses conséquences sont confuses.

Les conditions réelles dans le cylindre ne permettent pas de conclure.

Les arguments cinétiques sont hors sujet.

**II.J** L'octane ne respecte pas la loi des gaz parfaits et sa masse volumique est donnée dans l'énoncé. Les nombres de moles des réactifs doivent être pondérés par l'inverse des coefficients stœchiométriques pour la détermination du réactif limitant.

**II.K** Généralement bien fait, le commentaire doit faire un lien avec les données-constructeur.

**III.A** Cette partie n'est pas compliquée mais a été très discriminante dès la première question.

Il n'est pas utile de combiner les quotients réactionnels pour déterminer une constante de réaction d'une combinaison de réaction chimique. La définition des constantes d'acidité doit être connue.

Le simple calcul de l'avancement d'un équilibre hétérogène permet de conclure vite en observant bien la stœchiométrie.

Un calcul qui conclut par un pH supérieur à 7 ou négatif pour une pluie acide ne mérite pas d'être présenté.

**III.B** Les structures de Lewis doivent faire apparaître tous les électrons de valence (qu'il est préférable de commencer par comptabiliser), avec les doublets non-liants et les charges formelles (ou fictives).

Une réaction de dissolution ne s'accompagne pas de rupture de liaison chimique, il s'agissait d'invoquer la polarisation, ou, pourquoi pas, la liaison hydrogène.

Savoir déterminer un état d'équilibre est ici encore très rentable.

Seul un tiers des candidats est capable d'énoncer correctement la loi de Van t'Hoff.

**III.C** Après une bonne lecture de l'énoncé, comment  $\text{SO}_2$  et  $\text{H}_2\text{SO}_3$  peuvent-ils se trouver deux fois dans deux zones différentes du diagramme potentiel-pH ?

**IV.A** L'établissement de l'équation de la statique des fluides doit être fait selon les consignes de l'énoncé.

L'unité de  $H$  peut être obtenue rapidement à partir de l'expression fournie.

Une erreur de masse molaire (ou une confusion entre gramme et kilogramme) a un impact sur la valeur de  $H$ , son commentaire ne peut donc pas être validé.

Il s'agissait simplement de reconnaître le poids et la poussée d'Archimède dans l'équation mécanique de la convection.

Le calcul de  $\kappa$  demandait une certaine technicité que peu de candidats ont su développer.

**IV.B** La propagation de l'onde réfléchie se caractérise par un terme en  $t + \frac{x}{c}$ .

Il faut donner les propriétés du champ électrique dans un conducteur parfait, la continuité du champ tangent et tenir compte du déplacement du miroir pour prouver les relations fournies.

Le développement limité au premier ordre est souvent maîtrisé, en tout cas beaucoup mieux que la définition d'une variation relative.

Le calcul du signal s'appuie sur la méthode du calcul de l'éclairement en optique en justifiant bien le résultat de chaque moyenne en comparant les temps caractéristiques.

### Conseils aux candidats

La représentation quantitative de phénomènes réels par des valeurs chiffrées constitue l'un des piliers des sciences physiques. La maîtrise de cet art requiert de l'attention quant aux unités de mesure et aux pré-facteurs multiplicatifs ainsi que du sens critique quant aux résultats obtenus. Les candidats qui traitent les applications numériques à la légère, comme un sous-produit d'intérêt mineur à l'issue d'un calcul, se pénalisent sérieusement. Que penser, pour la sélection à l'entrée d'une école d'ingénieur, de ceux qui affirment que la pression de l'atmosphère est divisée par 3 lorsqu'on s'élève de 8 mètres, que la température y décroît de 10 degrés par mètre, qu'une automobile rejette 5 tonnes de  $\text{CO}_2$  par kilomètre ou que la masse volumique de l'alumine est de  $1 \times 10^{20} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ? Lorsque l'énoncé demande de justifier un résultat qu'il fournit, seule la manière dont le candidat l'établit est évidemment récompensée.

Par ailleurs, le jury rappelle qu'une épreuve écrite constitue également un acte de communication dont le correcteur est la cible ; il doit se faire dans un français correct sans faute de grammaire ou d'orthographe, avec une présentation soignée.

Toujours dans un souci de bonne communication, lorsque le résultat est donné ou qu'une demande de vérification d'homogénéité est formulée, toute tentative « d'escroquerie » dans la démarche est immédiatement détectée et ne met pas du tout en confiance le correcteur qui ne peut éviter de devenir suspicieux et plus critique. Le futur ingénieur ne doit pas prendre l'habitude de cette démarche « anti-scientifique » qui peut coûter cher si elle concerne l'étude d'un pont ou d'un avion.

### 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 au programme sont acquises.

Les deux années de formation en CPGE ne consistent donc pas à s'entraîner à fournir des réponses à des questions ou à les paraphraser. Il s'agit véritablement d'apprendre le plus simplement et honnêtement possible les connaissances utiles à un futur ingénieur, définies par le programme, tout en développant des compétences nécessaires à la résolution d'un problème scientifique qui doit d'abord être bien compris. Répondre sans savoir est une habitude à ne surtout pas développer.