

## Partie IV

### IVA1a

Il suffit d'évoquer les lois de Descartes sous incidence normale. Quelques très rares candidats ont par ailleurs précisé qu'il se produisait des réflexions multiples sur les différentes couches et que la somme d'ondes planes progressives monochromatiques (OPPM) de même fréquence et de même direction est bien encore une OPPM. Cette affirmation, bien que nécessaire, ne fut pas exigée.

### IVA1b

Il convient d'évoquer l'isotropie des milieux qui conserve la polarisation de l'onde.

### IVB2

L'expression de « r » n'est souvent obtenue que ... par lecture de la mémoire de la calculatrice. A noter que certains candidats ont essayé par tous les moyens de retrouver la bonne formule avec son lot d'erreurs de signes qui se compensent.

### IVB3

Beaucoup de candidats savent que l'on peut parfois se voir dans une vitre mais sans toujours bien décrire les circonstances qui permettent à une vitre de jouer le rôle de miroir.

### IVC et IVD

n'ont quasiment jamais été traitées.

### Directives générales concernant les applications numériques.

Il **faut** adapter le nombre de chiffres significatifs de la réponse à ceux des données : il doit être égal à celui de la donnée la moins précise (+1 toléré).

Exemple :  $y = a \cdot b$  avec  $a = 1,0$  et  $b = 2,124$

Il **faut** annoncer  $y = 2,1$  ( $y = 2,12$  toléré)

Les réponses  $y = 2$  ou  $y = 2,124$  sont considérées comme mauvaises et ne se voient pas attribuer de points.

## Physique-Chimie

### Le sujet :

Le sujet abordait les thèmes suivants:

- Écoulement d'une colonne de fumée dans une cheminée, convection et diffusion de cette fumée dans l'atmosphère.
- Thermodynamique de l'oxydation du cuivre.
- Cinétique de la corrosion du zinc et du fer en milieu acide.

La partie Physique et la partie Chimie du sujet étaient d'importance comparable. Le barème conçu par le Jury respectait cet équilibre.

### Remarques et conseils du Jury pour les futurs candidats

Les meilleures notes ont récompensé les candidats qui, sans avoir fait l'intégralité du sujet, se sont employés à répondre aux questions avec précision, rigueur et clarté.

Les candidats qui n'ont cherché que les questions « faciles » n'ont reçu que peu de points. En revanche, ceux qui ont fait une bonne utilisation de leurs résultats (calcul de l'affinité et conséquence pour le sens des réactions chimiques, bonne explication de la cinétique de corrosion à partir des densités de courants, discussion sur la stabilité d'équilibres mécaniques, utilisation judicieuse et précise des phénomènes de diffusion, convection et dissipation...) se sont vu attribuer de bonnes, voire de très bonnes notes.

Il faut rappeler aussi que beaucoup de candidats ont perdu des points précieux dans les questions réclamant des **applications numériques**. Le Jury sanctionne toujours un résultat numérique sans unité ou dont le nombre de chiffres significatifs est aberrant ( il ne faut pas recopier le résultat de sa calculatrice mais arrondir le résultat en fonction de la précision des données). En revanche, un résultat numérique complet est généreusement noté.

La présentation d'un nombre non négligeable de copies laissait beaucoup à désirer. Si les calculs doivent être présentés de façon lisible et aérée, ils doivent être suivis de la conclusion de la question avec le résultat et les éventuels commentaires bien mis en évidence. Le Jury a sanctionné les copies les plus mal présentées par des points de minoration.

**Voici les remarques détaillées sur certaines questions du sujet :**

**I.B ...** En supposant l'air en équilibre hydrostatique et la température extérieure uniforme, relier la pression extérieure à l'altitude  $z$ . On écrira cette relation en fonction de la pression au sol  $P_{\text{sol}}$ , de la masse molaire de l'air  $M_{\text{air}}$ , de la constante des gaz parfaits  $R$ , de la température extérieure  $T_0$  et de  $g$ . Un faible nombre de candidats retrouvent le résultat de l'atmosphère isotherme. La question pouvait aussi être traitée en considérant la masse volumique de l'air constante, vu la faible variation d'altitude, mais dans ce cas l'approximation devait être signalée.

**I.C.2)** Des mesures effectuées montrent que cette vitesse est en réalité inférieure. Quelles raisons peuvent être envisagées pour l'expliquer ? Que de confusion entre les termes de diffusion, dispersion, dissipation ! Il fallait évoquer ici la viscosité du gaz.

**II.A.1)** Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur une particule de gaz. La poussée d'Archimède et la résultante des forces de pression sont une seule et même force.

**II.B.4)** La gouttelette est déplacée de l'altitude  $z$  à l'altitude  $z + 8z$ . Établir l'équation du mouvement. Discuter de la possibilité d'un retour à l'altitude  $z$  ; montrer en particulier que l'altitude de la gouttelette n'est stable que si la valeur de la constante  $A$  est inférieure à une valeur  $A_{\text{seuil}}$  que l'on exprimera en fonction de  $M_{\text{air}}$ ,  $g$  et  $R$ .

Il faut développer l'expression de la poussée d'Archimède des questions précédentes. La discussion sur la stabilité demandait une étude du **signe du facteur** de  $\delta z$ .

**II.B.5)** ... Justifier que les transformations de la vapeur d'eau puissent être considérées comme isentropiques. Beaucoup de fautes graves ont été commises, comme par exemple la justification par la nature parfaite du gaz ou par le fait qu'une transformation isotherme soit adiabatique !

**II.B.7)** ... Justifier les formes des panaches observés dans les trois conditions atmosphériques ci-dessous (profils de température et panaches correspondants). Très peu de candidat ont vu que l'étude de la stabilité mécanique du panache fournissait l'explication des trois phénomènes.

**II.C ...** En présence de vent de vitesse  $U$  dans la direction  $Ox$ , justifier que l'équation aux dérivées partielles vérifiée par  $c(x, y, z, t)$  s'écrit : ... Les bonnes démonstrations s'appuyaient sur la dérivée particulaire ou sur le vecteur densité de flux de particules.

**IV.A.3)** Dans l'approximation d'Ellingham, exprimer l'enthalpie libre standard en fonction de la température pour les réactions chimiques. Une étude du signe de l'affinité était ici nécessaire.

**IV.A.4) a)** Écrire l'équation de la réaction (3) de dismutation de l'oxyde de cuivre I en oxyde de cuivre II et en cuivre métal. Le chiffre romain désigne le nombre d'oxydation du cuivre dans l'oxyde !

**IV.A.4) c)** Que peut-on conclure sur la dismutation de  $\text{Cu}_2\text{O}$  ? L'affinité de la réaction était égale à l'affinité standard car les phases concernées étaient toutes des solides purs.

**IV.A.5) b)** Que va-t-il se passer si du cuivre métal est soumis à un courant d'air porté à  $800\text{K}$  ? Il fallait calculer l'affinité non standard, où la pression de dioxygène était prise égale à  $0,2$  bar.

**IV.B.6)** On peut remarquer, dans la courbe des variations de  $x(t)$  deux zones correspondant à des formes simples. Quelles sont ces zones ? A quelles situations limites correspondent-elles ? Au début de la réaction, la cinétique est imposée par la réaction chimique :  $x$  est proportionnel au temps. En revanche, pour des temps élevés, la cinétique est imposée par la diffusion de l'oxygène :  $x$  est proportionnel à  $\sqrt{t}$ .

**V.A.3)** On envisage l'oxydation du zinc par les ions  $\text{H}^+$  aq. Écrire l'équation de la réaction. Que peut-on dire de cette oxydation par des considérations thermodynamiques ? La différence des potentiels standards des deux couples permettait de conclure à une réaction quantitative mais certainement pas « rapide » comme l'ont affirmé certains candidats. Les questions suivantes allaient justement le montrer.

## Sciences industrielles

L'épreuve de Sciences Industrielles contribue à l'identification des candidats qui sont retenus pour poursuivre le concours. Elle se positionne sur le champ des compétences associées à l'analyse des systèmes complexes, développées dans la formation de classes préparatoires.

**Le support de l'étude :**

Pour les avions civils, les ailes sont optimisées pour le vol de croisière et pendant les phases d'atterrissage et de décollage, réalisées à faible vitesse, il faut en modifier le profil pour assurer la sustentation de l'avion. Cette modification, pour les AIRBUS (A319-320), consiste à déplacer les volets internes et externes du prolongement de l'aile vers une position dite « sortis ». Le support du sujet cette année est le système permettant de réaliser cette transformation. Ce système, constitué de 8 mécanismes identiques est actionné par deux moteurs hydrauliques, commandés par ordinateur.