

Mécanique du point, chimie

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1 : Chimie, extrait épreuve C, Banque PT, 2014

AUTOUR DE L'OXYGENE ET DU SOUFRE

L'oxygène et le soufre sont deux éléments de la famille des chalcogènes : ils présentent donc des propriétés physico-chimiques comparables, en particulier un caractère non métallique et une forte électronégativité.

A l'état de corps simples, on trouve couramment l'oxygène sous forme de dioxygène O_2 ou d'ozone O_3 et le soufre sous forme de cyclo-octasoufre S_8 ; les deux éléments s'assemblent pour former du dioxyde de soufre SO_2 et du trioxyde de soufre SO_3 .

1. APPROCHE STRUCTURALE

- Q1.** Ecrire la configuration électronique à l'état fondamental de l'oxygène O ($Z = 8$) et celle du soufre S ($Z = 16$). En déduire la position de chacun de ces éléments dans la classification périodique (numéro de ligne ; numéro de colonne).

Les énergies de première ionisation des éléments de la deuxième période de la classification périodique sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Elément	<i>Li</i>	<i>Be</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>F</i>	<i>Ne</i>
<i>Z</i>	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>E_i</i>	5,32	9,32	8,29	11,26	14,53	13,62	17,42	21,56

- Q3.** Définir l'énergie de première ionisation.
- Q4.** Justifier l'évolution générale sur la période, puis interpréter la singularité observée pour l'oxygène.
- Q5.** Proposer une représentation de Lewis pour les molécules et ions suivants :
- Dioxygène O_2
 - Radical anion superoxyde O_2^-
 - Ozone O_3
 - Dioxyde de soufre SO_2
 - Trioxyde de soufre SO_3

3. ETUDE CINETIQUE DE LA DECOMPOSITION DE L'OZONE EN SOLUTION AQUEUSE

Lors de la préparation d'eau potable, l'ozone O_3 joue le rôle de désinfectant et dégrade les substances organiques, ce qui leur confère une meilleure biodégradabilité. D'un point de vue microscopique, ce processus est permis par la dégradation de l'ozone en radical hydroxyle $HO \cdot$ dont le pouvoir oxydant assure la dégradation d'un grand nombre de polluants.

La cinétique de la dégradation de l'ozone selon l'équation $O_{3(aq)} = \frac{3}{2}O_{2(aq)}$ est très sensible aux conditions opératoires et l'ordre par rapport à la réaction fait encore l'objet d'études ; il dépend en particulier du mode d'initiation.

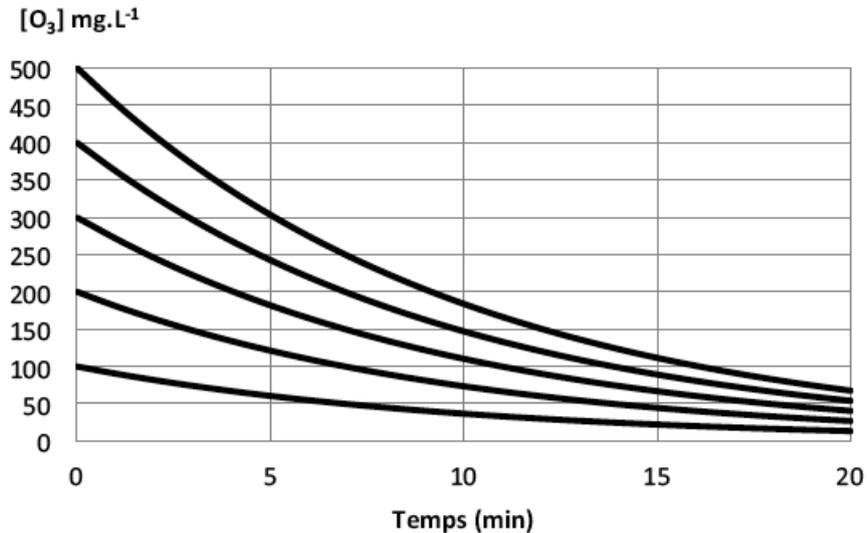
3.1. Initiation par voie thermique

On suppose que la réaction admet un ordre α par rapport à l'ozone ; tous les autres ordres partiels sont nuls. On note k la constante de vitesse.

A

- Q20.** Ecrire et résoudre l'équation différentielle régissant l'évolution de la concentration d'ozone dans l'hypothèse où $\alpha = 1$. En déduire l'expression du temps de demi-réaction.
- Q21.** Ecrire et résoudre l'équation différentielle régissant l'évolution de la concentration d'ozone dans l'hypothèse où $\alpha = 2$. En déduire l'expression du temps de demi-réaction.

Les résultats suivants sont obtenus (à $T_1 = 20^\circ\text{C}$ et à pH 7,0) pour diverses concentrations initiales en ozone dissous en présence de charbon actif :



- Q22.** A partir des temps de demi-réaction, indiquer la valeur probable de α . En déduire la valeur de la constante de vitesse $k(T_1)$ ($\ln(2) \approx 0,69$).

A $T_1 = 20^\circ\text{C}$ et pH 7,0, en l'absence de charbon actif, le temps de demi-réaction vaut 13,1 min.

- Q23.** Indiquer le rôle du charbon actif. Justifier.

A $T_2 = 30^\circ\text{C}$ et pH 7,0, en présence de charbon actif, la constante de vitesse vaut $k(T_2) = 0,18 \text{ min}^{-1}$.

- Q24.** Donner l'expression de l'énergie d'activation E_a en fonction de R , T_1 , T_2 , $k(T_1)$ et $k(T_2)$.

Faire l'application numérique.

Donnée : Constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Problème 2 : Viscosimètre à chute libre (Extrait du CAPES Externe de Sciences Physiques, 2017)

Données (à pression atmosphérique et température normales) :

- masse volumique de l'acier : $\rho_1 = 7,86 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- masse volumique de la glycérine : $\rho_2 = 1,26 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- rayon de la bille : $r = 5,0 \text{ mm}$

Une bille en acier, sphérique, de rayon r , est maintenue immergée dans une solution de glycérine à l'aide d'un électroaimant. A l'instant $t = 0 \text{ s}$, on lâche la bille qui tombe ensuite verticalement. On étudie le mouvement dans le référentiel terrestre, supposé galiléen sur la durée de la chute. Les positions du centre d'inertie de la bille seront repérées sur un axe Ox , orienté vers le bas, muni d'un vecteur unitaire \vec{i} et ayant pour origine O , position initiale du centre d'inertie de la bille.

Pour cette expérience, l'expression de la valeur de la force de frottement est donnée par la formule de Stokes : $f = 6\pi\eta.r.v$ avec η : viscosité du fluide
 r : rayon de la bille (en m)
 v : vitesse de la bille dans le fluide à l'instant t (en m.s^{-1})

1. Bilan des forces

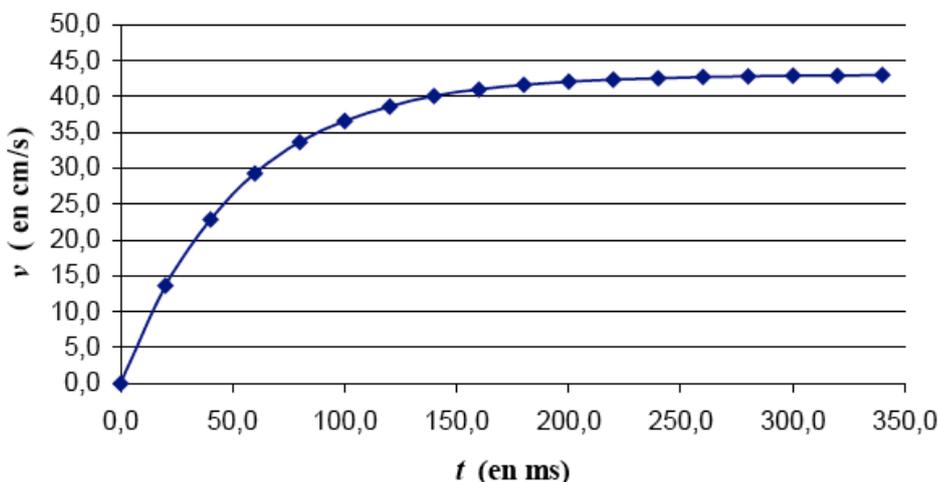
- 1.1. Qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ?
- 1.2. Retrouver, par analyse dimensionnelle, l'unité SI de la viscosité du fluide.
- 1.3. Faire le bilan des trois forces qui s'appliquent sur la bille.
- 1.4. Donner l'expression vectorielle de chacune de ces forces en utilisant les notations de l'énoncé.
- 1.5. Représenter ces forces sur un schéma (sans échelle mais en respectant la direction et le sens de leur somme vectorielle).

2. Equation différentielle du mouvement

- 2.1. Montrer que l'équation différentielle régissant le mouvement est du type : $\frac{dv}{dt} = A + Bv$ où A et B sont des constantes. Donner les expressions littérales de ces constantes en fonction des données de l'énoncé.
- 2.2. Vérifier que $A = 8,24 \text{ m.s}^{-2}$.

3. Exploitation d'une chronophotographie

Une chronophotographie du mouvement de chute de la bille a permis de tracer l'évolution de la vitesse en fonction du temps (document 1).



document 1

Une modélisation ultérieure donne l'évolution de la vitesse de la forme : $v(t) = v_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$

- 3.1. Décrire la méthode qui permet, à partir d'une chronophotographie, de mesurer la vitesse instantanée d'un mobile.
- 3.2. Définir v_1 et τ . Donner leurs unités. Déterminer graphiquement les valeurs de ces deux grandeurs.
- 3.3. Exprimer v_1 et τ en fonction de A et B, constantes définies au 2.1.
- 3.4. A partir de la mesure de v_1 et des données de l'énoncé, calculer la viscosité η de la glycérine. Des tables donnent la viscosité de la glycérine égale à : $\eta_{\text{théorique}} = 0,83 \text{ Pa.s}$. Comparer les valeurs expérimentale et théorique de cette viscosité (on calculera l'écart relatif). L'unité proposée correspond-elle à l'unité SI déterminée précédemment ?
- 3.5. Déterminer graphiquement la date t_1 à partir de laquelle la vitesse devient constante. Quelle est alors la position $x(t_1)$ de la bille ? Le régime transitoire est-il facilement observable à l'œil nu ?
- 3.6. Proposer un protocole pour mesurer la viscosité d'un liquide à partir d'une seule mesure de vitesse.

Exercice: Coefficient de frottement

On place une petite pièce de monnaie sur le bord de la platine d'un tourne disque de rayon 15 cm qui tourne à 30 tours par minute.

Trouver le coefficient minimal de frottement pour que la pièce reste sur la platine.

Il faudra faire un schéma de la situation avec en particulier le système de coordonnées utilisé et les forces en présences.

