

Mécanique, structure des atomes et tableau périodique, cinétique chimique**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.

CONSIGNES :

- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à bille à encre foncée : bleue ou noire.
- L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est interdit.

Exercice 1 : Autour du Baryum (extrait banque PT)**Autour du baryum**

Le baryum de symbole ${}_{56}\text{Ba}$ ($M = 137 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) est utilisé pour piéger les gaz résiduels dans les tubes à vide, lors de la désoxydation de la fonte ou encore pour former des alliages. Les composés ioniques du baryum sont utilisés dans diverses fabrications industrielles : céramiques, peinture, verres, caoutchouc... En médecine, le sulfate de baryum est également une substance de marquage en radiographie.

Partie A. Propriétés du baryum

- Q1.** Donner la configuration électronique du baryum dans son état fondamental.
- Q2.** En déduire l'ion ou les ions le(s) plus courant(s) de cet élément.
- Q3.** Dans quelle période et quelle colonne du tableau périodique se situe le baryum (justifier)?
- Q4.** A quelle famille appartient les éléments de cette colonne ?
- Q5.** Le baryum est-il un métal ou un non métal ? En déduire au moins deux propriétés générales de ces éléments.

Exercice 2 : Le cuivre (extrait banque PT)

Le cuivre est un des rares métaux qui existent à l'état natif (nombre d'oxydation zéro).

C'est pour cette raison qu'il fut avec l'or l'un des premiers utilisés par l'homme.

Document n°1 : Unité de masse atomique unifiée

L'unité de masse atomique unifiée de symbole « u » est une unité de mesure standard, utilisée pour exprimer la masse des atomes et des molécules. Elle est définie comme un douzième de la masse d'un atome du nucléide ${}^{12}\text{C}$ (carbone), non lié, au repos et dans son état fondamental. Un atome de ${}^{12}\text{C}$ a une masse d'exactly 12 u.

Une mole d'atomes de ${}^{12}\text{C}$ (N_A atomes, où N_A désigne le nombre d'Avogadro) a une masse d'exactly 12 g. 1 u vaut approximativement $1,660538921 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

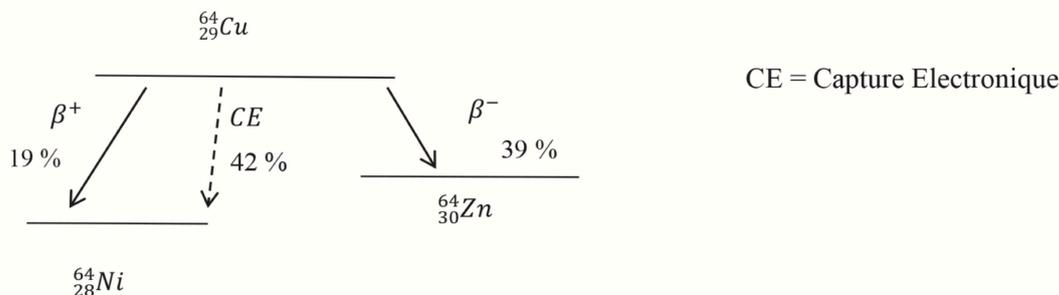
La masse moyenne d'un nucléon dépend du nombre total de nucléons dans le noyau atomique, en raison du défaut de masse. C'est pourquoi la masse d'un proton ou d'un neutron pris séparément est strictement supérieure à 1 u.

Document n°2 : Isotopes du cuivre

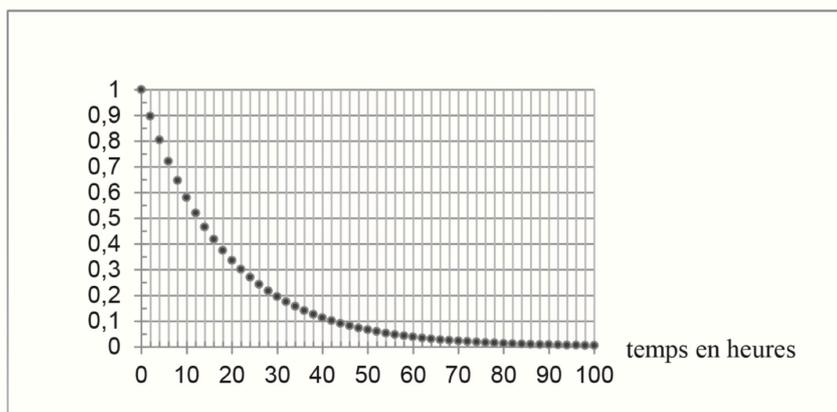
Le cuivre, de numéro atomique 29, possède 29 isotopes connus, de nombre de masse variant de 52 à 80. Parmi ces isotopes, deux sont stables, ^{63}Cu et ^{65}Cu . Ces deux isotopes constituent l'ensemble du cuivre naturel dans une proportion d'environ 70/30.

Les 27 autres isotopes sont radioactifs et ne sont produits qu'artificiellement. Parmi eux, le plus stable est ^{67}Cu avec une demi-vie de 61,83 heures. Le moins stable est ^{54}Cu avec une demi-vie d'environ 75 ns. La plupart des autres isotopes ont une demi-vie inférieure à une minute

Document n°3 : Schéma de désintégration du cuivre



Document n°4 : Relevé expérimental de la fraction de cuivre 64 restant



A-1 L'élément cuivre :

- Quel est le numéro atomique du cuivre ? Quels sont les nombres de neutrons et protons du noyau de cuivre de l'isotope majoritairement présent dans le cuivre naturel ?
- Donner la configuration électronique fondamentale du zinc, situé à droite du cuivre dans la même période. Expliciter les règles appliquées.
- Estimer une valeur du nombre d'Avogadro à partir des données.

A-2 Isotopes naturels :

- Quels sont les isotopes naturels du cuivre ?
- Estimer leur masse atomique en fonction de l'unité de masse atomique.
- Estimer la masse molaire du cuivre naturel.

A-3 Isotopes radioactifs :

Donnée : $\ln(2)=0.69$

On utilise en médecine des isotopes radioactifs du cuivre :

On propose d'étudier la désintégration du cuivre 64 à l'aide de la courbe de désintégration donnant la fraction de cuivre 64 restant par rapport à sa valeur initiale.

- Quel est la valeur du temps de demi réaction ($t_{\frac{1}{2}}$) ?
- Quelle est la fraction de cuivre 64 restant pour $t_1 = 2 \times t_{\frac{1}{2}}$ et $t_2 = 3 \times t_{\frac{1}{2}}$?
- Montrer que la désintégration est d'ordre 1.
- Déterminer la valeur (un chiffre significatif) de la constante de désintégration (ou constante radioactive).

Exercice 3 : Le pendule simple

Un pendule simple est constitué d'un objet ponctuel M de masse m , suspendu à un fil **inextensible** de longueur ℓ .

A la date $t = 0$ s, on le lâche de la position $\theta(t=0) = 0^\circ$ avec une vitesse initiale $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_\theta$. On néglige tous les frottements. L'oscillation s'effectue dans le plan xOy ; la position du mobile, à l'instant t , est repérée par l'angle θ qu'il fait avec la verticale (axe Oy dirigé vers le bas). Soit \vec{g} le champ de pesanteur terrestre considéré constant.

a) Faire un schéma précis du dispositif avec le système de coordonnées utilisé et faire l'inventaire des forces agissant sur P (les représenter).

b) Ecrire l'expression du vecteur position \vec{OP} dans la base des coordonnées polaires, établir l'expression du vecteur vitesse \vec{v} et du vecteur accélération de P .

c) A l'aide du principe fondamental de la dynamique, déterminer l'équation différentielle vérifiée par θ dans l'approximation des petits angles θ (c'est-à-dire qu'on fera l'approximation $\sin\theta \approx \theta$).

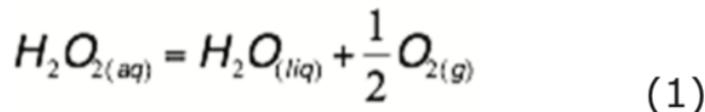
d) Donner la pulsation propre du mouvement du pendule simple.

e) Résoudre cette équation différentielle, c'est-à-dire donner l'expression de $\theta(t)$ compte tenu des conditions initiales et tracer l'évolution de $\theta(t)$

f) L'énergie potentielle de pesanteur du pendule est donnée par $E_p = mg\ell \frac{\theta^2}{2}$. Cette expression est valable uniquement dans l'approximation des petits angles. Montrez que l'énergie mécanique $E_m \equiv E_p + E_c$ est constante au cours du temps et donnez sa valeur. $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ est l'énergie cinétique du pendule.

Problème : Aspect cinétique du peroxyde d'hydrogène (extrait de la banque PT)

Le percarbonate de sodium de formule $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$ est un agent blanchissant oxygéné. Il se décompose dans l'eau pour donner de l'eau oxygénée et du carbonate de sodium. Le carbonate de sodium augmente le pH, ce qui améliore l'efficacité des agents détergents. L'eau oxygénée est un agent blanchissant efficace grâce à ses propriétés oxydantes. Contrairement à l'eau de Javel, le percarbonate de sodium n'est pas nocif pour l'environnement et il possède également des propriétés désinfectantes et désodorisantes.



A température ordinaire, la réaction 1 est une réaction lente. Elle peut cependant être accélérée en utilisant par exemple des ions ferriques, un fil de platine ou de la catalase, enzyme se trouvant dans le sang.

Q31. Donner la définition d'un catalyseur.

Q32. Sur quelle grandeur caractéristique de la réaction un catalyseur agit-il ? Réaliser un schéma illustrant le rôle d'un catalyseur.

Q33. A quel type de catalyse correspond celle réalisée avec le fil de platine ? Justifier votre réponse.

La transformation étudiée dans ce qui suit est catalysée par les ions ferriques. On mélange 10,0 mL de la solution commerciale d'eau oxygénée avec 85 mL d'eau. A l'instant $t = 0$ s, on introduit dans le système 5 mL d'une solution de chlorure de fer III.

Au bout d'un temps déterminé, on prélève 10,0 mL du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher d'eau glacée. On titre alors le contenu du bécher par une solution de permanganate de potassium afin de déterminer la concentration en eau oxygénée se trouvant dans le milieu réactionnel. La température est maintenue constante

On obtient les résultats suivants :

| t(min) | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 35 |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| $[H_2O_2]$ mol.L ⁻¹ | $7,30 \times 10^{-2}$ | $5,3 \times 10^{-2}$ | $4,20 \times 10^{-2}$ | $2,4 \times 10^{-2}$ | $1,2 \times 10^{-2}$ | $0,90 \times 10^{-2}$ |
| $\ln([H_2O_2])$ | -2,6 | -2,9 | -3,2 | -3,7 | -4,4 | -4,7 |
| $1/[H_2O_2]$ mol ⁻¹ L | 13,7 | 18,9 | 23,8 | 41,6 | 83,3 | 111,1 |

Q34. On suppose que la réaction admet un ordre et que la concentration de peroxyde d'hydrogène est la seule qui intervienne dans la loi de vitesse. Donner l'expression de la vitesse de la réaction en fonction de la concentration en eau oxygénée.

Q35. Dans l'hypothèse où l'ordre global de la réaction est égal à 1, écrire l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la concentration en eau oxygénée et donner sa solution.

Q36. Dans l'hypothèse où l'ordre global de la réaction est égal à 2, écrire l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la concentration en eau oxygénée et donner sa solution.

Q37. Expliciter la méthode utilisée pour établir l'ordre de la réaction. La mettre en œuvre et en déduire une valeur approchée de la constante de vitesse. Vous pourrez utiliser le papier millimétré fourni en annexe 3.

Q38. Donner la définition du temps de demi-réaction. Quelle est son expression en fonction de k ? Faire l'application numérique

Q39. Expliciter une méthode permettant de déterminer graphiquement ce temps de demi-réaction.

Q40. Si la réaction avait été réalisée à une température plus élevée, comment auraient évolué la constante de vitesse et le temps de demi réaction ?