

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 : Le cuivre (extrait Banque PT, 2017)

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.

On donne quelques documents relatifs à l'élément cuivre :

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}C (carbone), non lié, au repos et dans son état fondamental. Un atome de ^{12}C a une masse d'exactement 12 u.

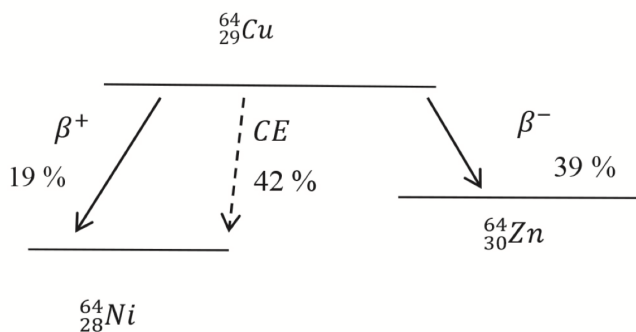
Une mole d'atomes de ^{12}C (N_A atomes, où N_A désigne le nombre d'Avogadro) a une masse d'exactement 12 g. 1 u vaut approximativement $1,660538921 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

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

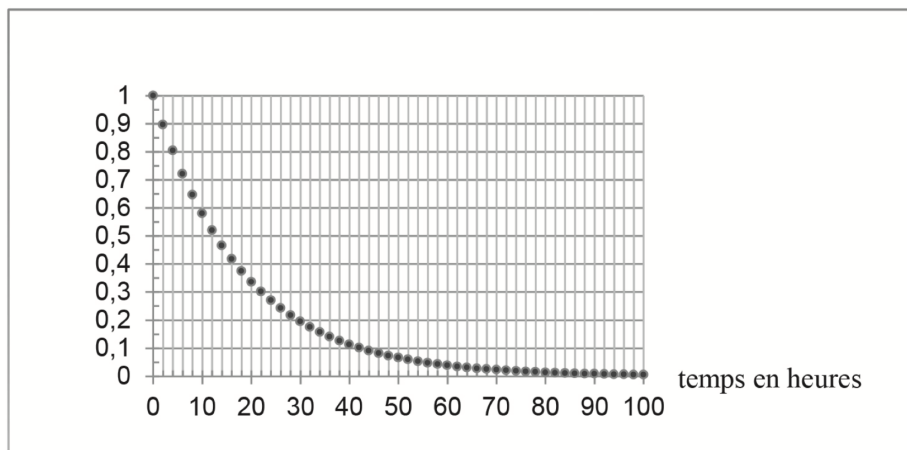
Le cuivre, de numéro atomique 29, possède 29 isotopes connus, de nombre de masse variant de 52 à 80. Parmi ces isotopes, deux sont stables, ^{63}Cu et ^{65}Cu . Ces deux isotopes constituent l'ensemble du cuivre naturel dans une proportion d'environ 70/30.

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

CE = Capture Electronique

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



A : Propriétés atomiques :

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).

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

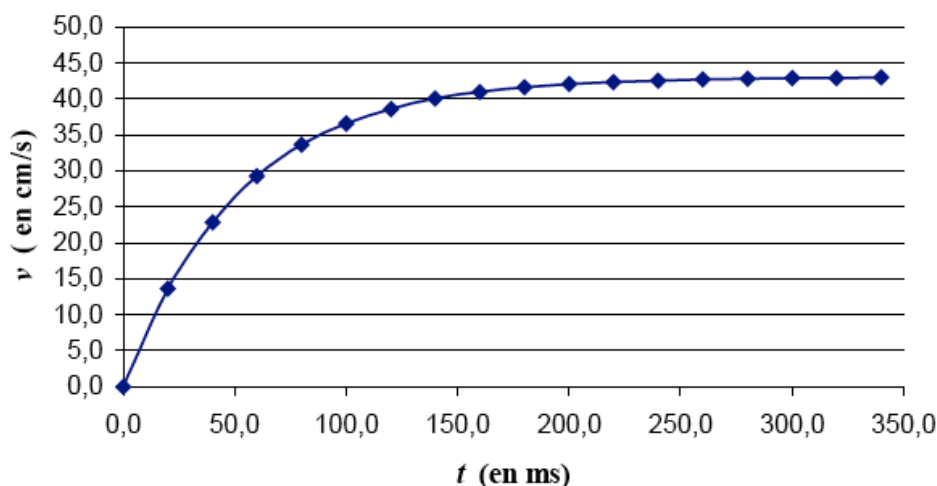
- 1.1. Qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ?
- 1.2. Retrouver, par analyse dimensionnelle, l'unité SI de la viscosité du fluide.
- 1.3. Faire le bilan des trois forces qui s'appliquent sur la bille.
- 1.4. Donner l'expression vectorielle de chacune de ces forces en utilisant les notations de l'énoncé.
- 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: Virage

Le virage circulaire d'une route est conçu pour assurer un trafic de voiture à une vitesse de 60 km.h^{-1} .

a) Si le rayon de courbure de la route est de 150 m, quel angle d'inclinaison doit avoir la route pour que les voitures ne glissent pas (sans la nécessité de coefficient de frottement statique entre les pneus et le bitume) ? Il faudra faire un schéma de la situation avec en particulier le système de coordonnées utilisé et les forces en présence.

b) Si la route n'est pas incurvée, quelle doit être la valeur minimale du coefficient de frottement statique entre les pneus et le bitume pour assurer la sécurité du trafic à la vitesse précédente ?

