REPUBLIQUE DU SENEGAL
Un Peuple – Un But – Une Foi

Ministère de l'Education nationale
INSPECTION D'ACADEMIE DE SAINT-LOUIS

Composition Standardisée de Sciences Physiques

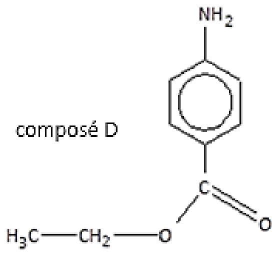
1^er Semestre 2025 **TS2** *Durée : 04 heures*

Exercice 1 : (4 points)

Données : Masse molaire : M(D) = 165,0 $g.mol^{-1}$; Masse molaire M(A) = 137,0 $g.mol^{-1}$.

Afin d'atténuer la douleur de la piqûre engendrée par la pose de la perfusion d'un patient, une infirmière utilise préalablement une pommade à base de benzocaïne. La benzocaïne est un composé de synthèse utilisé comme anesthésique local d'usage externe.

La benzocaine ou ***4-aminobenzoate d'éthyle*** sera notée **D** ; sa formule semi-développée est représentée ci-contre :



1.1.

1.1.1. Recopier sa formule semi-développée de **D** en entourant les groupes fonctionnels présents. On précisera le nom de chacun. **(0,5 pt)**

1.1.2. Représenter les formules semi-développées de l'acide **A** et de l'alcool **B** dont est issue la benzocaine. Donner les noms des composés **A** et **B** dans la nomenclature systématique. **(0,75 pt)**

1.2. Dans un ballon de ***100 mL***, on introduit **m_A = 3,0 g** du composé **A** solide puis on ajoute ***20,0 mL*** du composé **B** (en excès) puis on agite doucement. Le ballon est ensuite placé dans un bain de glace et on ajoute à goutte à goutte ***1 mL*** d'une solution concentrée d'acide sulfurique. Après chauffage à reflux pendant une heure, le produit formé est récupéré après avoir effectué plusieurs étapes de séparation. Séché et pesé le produit obtenu a une masse **1,7 g**.

1.2.1. Écrire l'équation bilan de la réaction entre **A** et **B** en utilisant les formules semi-développées. **(0,5 pt)**

1.2.2. Donner le nom de cette réaction et préciser ses caractéristiques. **(0,75 pt)**

1.2.3. Déterminer du rendement de la synthèse de **D**. **(0,5 pt)**

1.3. Proposer deux composés **E** et **F** dérivés de **A** pour obtenir le composé **D** par une réaction ***rapide*** et ***totale***. Ecrire les équations bilans des réactions de ces dérivés avec **B** pour donner **D**. **(1 pt)**

Exercice 2 : (4 points)

Données : ***Les couples redox mis en jeu sont : H_2O_2 /H_2O (E_2^0 = 1,78 V) et I_2/I^- $\left(E_2^0 = 0,54\ V\right)$***

On mélange, à la date ***t = 0 s***, une solution S_1 d'iodure de potassium (KI) de volume $V_1 = 50\,mL$ et de concentration molaire ***C_1*** avec une solution S_2 d'eau oxygénée (H_2O_2) de volume $V_2 = 25\,mL$ et de concentration ***C_2***. La réaction qui se produit entre les ions iodures (I^-) et l'eau oxygénée est **lente** et **totale**.

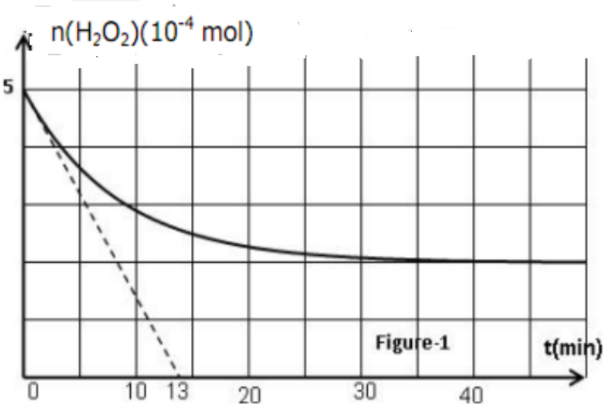
2.1. A partir des demi-équations électroniques de chaque couple, montrer que l'équation bilan de la réaction s'écrit : **(0,5 pt)**

$$\mathbf{H_2O_2 + 2\,I^- + 2\,H_3O^+ \longrightarrow I_2 + 4\,H_2O \qquad (1)}$$

2.2. Pour étudier la cinétique de cette réaction, on prélève dans le mélange réactionnel des volumes identiques $V_p = 5\,mL$ puis on dose la quantité d'eau oxygénée (H_2O_2) restante dans chaque prélèvement par une solution de permanganate de potassium $KMnO_4$ en milieu acide de concentration molaire $C = 0,5\,mol.L^{-1}$. Soit ***V_O*** le volume de la solution de $KMnO_4$ nécessaire pour obtenir l'équivalence. L'équation bilan de la réaction qui se produit est :

$$\mathbf{2\,MnO_4^- + 3\,H_2O_2 + 6\,H_3O^+ \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + O_2 + 12\,H_2O \quad (2)}$$

Les résultats du dosage ont permis de tracer le graphe de l'évolution de la quantité de matière d'eau oxygénée restante en fonction du temps (***graphe ci-contre***)



2.2.1. En utilisant le graphe, préciser le réactif limitant. Calculer la quantité de matière initiale $\boldsymbol{n_0^p(I^-)}$ d'ion iodure dans chaque prélèvement. **(0,5 pt)**

2.2.2. En déduire les valeurs des concentrations ***C₁*** et ***C₂***. **(0,5 pt)**

2.2.3. En utilisant la réaction (2) de dosage, déterminer le volume **V** de permanganate de potassium versé quand la réaction (1) est terminée. **(0,5 pt)**

2.2.4. Définir la vitesse de disparition de l'eau oxygénée puis calculer sa valeur maximale. **(0,75 pt)**

2.2.5. Calculer la vitesse de disparition de l'eau oxygénée à la date ***t = 15 min***. En déduire la vitesse de disparition des ions $\boldsymbol{I^-}$ à la même date. **(0,5 pt)**

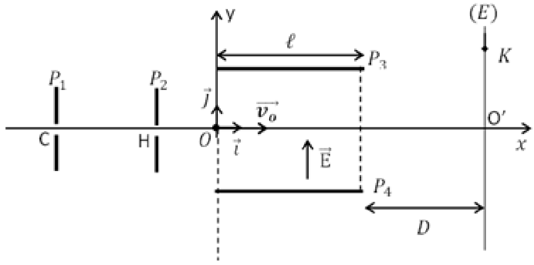
2.2.6. Comment évolue cette vitesse de disparition ? Quel est le facteur cinétique mis en jeu ? **(0,75 pt)**

Exercice 3 : $(4\ \boldsymbol{points})$

$\boldsymbol{D = 50\ cm\ ;\ d = 10\ cm\ ;\ U_0 = 2000V\ ;\ e = 1,6.10^{-19}C\ ;\ m({}^{24}_{12}Mg^{2+}) = 24\ m_p\ \ avec\ m_p 1,67.10^{-27}kg}$

Dans tout l'exercice, on supposera que le mouvement des ions a lieu dans le vide et que leur poids est négligeable devant les autres forces

On considère le dispositif de la figure ci – contre.



Des ions ${}^{24}_{12}\boldsymbol{Mg^{2+}}$ sortant d'une chambre d'ionisation, pénètrent avec une **vitesse nulle**, par un trou C, dans l'espace compris entre deux plaques $P_1\ et\ P_2$ verticales où ils sont accélérés par une différence de potentiel.

3.1. Quelle plaque $P_1\ ou\ P_2$ doit-on porter au potentiel le plus élevé ? Justifier. **(0,75 pt)**

3.2. On posera par la suite que $\left|\boldsymbol{U_{P_1P_2}}\right| = \boldsymbol{U_o}$. Exprimer la vitesse de sortie d'un ion $\boldsymbol{Mg^{2+}}$ en H en fonction de $\boldsymbol{U_o, e\ et\ m_p}$. Calculer cette vitesse. **(0,5pt)**

3.3. A la sortie de la plaque P_2 en H, les ions traversent un espace vide avant d'entrer en un point O équidistant des deux autres plaques $P_3\ et\ P_4$ parallèles, horizontales, distantes de $\boldsymbol{d = 10\ cm}$ et de longueur $\boldsymbol{\ell = 25\ cm}$. La tension $\boldsymbol{U}$ appliquée entre ces plaques crée un champ électrostatique $\vec{E}$ uniforme.

3.3.1. Montrer que l'énergie cinétique se conserve entre $H\ et\ O$. En déduire la vitesse en O. **(0,5pt)**

3.3.2. Établir dans le repère $(\boldsymbol{O};\ \vec{\boldsymbol{i}}, \vec{\boldsymbol{j}})$ les équations horaires du mouvement d'un ion $\boldsymbol{Mg^{2+}}$ dans la région limitée par les plaques $P_3\ et\ P_4$. **(0,50pt)**

3.3.3. Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sou la forme : $\boldsymbol{y = \frac{U}{4dU_o}x^2}$. **(0,5pt)**

3.3.4. Déterminer U pour que les ions sortent du champ au point S de coordonnée $\boldsymbol{y_s = \frac{d}{4}}$. **(0,25pt)**

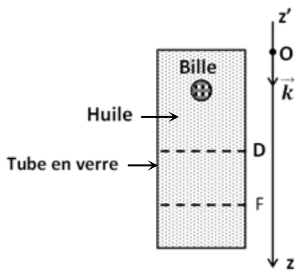
3.4. À la sortie du champ électrostatique par le point S, les ions sont reçus en un point K sur un écran (E) placé perpendiculairement à l'axe (Ox).

3.4.1. Représenter la trajectoire d'un ion ${}^{24}_{12}Mg^{2+}$ entre O et K. **(0,25pt)**

3.4.2. Établir l'expression littérale de la déflexion électrique $Y = O'K$ en fonction de $\boldsymbol{\ell\ , d\ , D\ , U\ et\ U_o}$ puis calculer sa valeur. **(0,75pt)**

Exercice 4 : (4 points)

Les huiles moteur sont des lubrifiants dans les mécaniques automobiles. On distingue plusieurs gammes d'huiles moteur dont l'utilisation dépend des types de moteurs (essence ou diésel) et des conditions climatiques. La caractéristique principale d'une huile moteur est sa viscosité



On se propose de déterminer la ***viscosité*** par la chute d'une bille dans un tube contenant une huile moteur.

A la date t = 0 s, on lâche sans vitesse initiale la bille dans l'huile à la position du point O se trouvant en haut du tube (voir figure ci-dessous)

L'étude est effectuée dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen. L'axe d'étude (z'z) vertical est orienté vers le bas et de vecteur unitaire $\vec{k}$.

Au cours de sa chute, la bille, est soumise à trois forces :

- Son poids $\vec{P}$;
- La poussée d'Archimède $\vec{F_A}$; force verticale, dirigée vers le haut, sa valeur est égale poids du liquide déplacé : $\boldsymbol{F_A = \rho_h V g}, avec\ \boldsymbol{V = \frac{4}{3}\pi r^3}$ volume de la bille et **r = 2,059 cm** son rayon ; $\boldsymbol{\rho_h = 911\ kg.m^{-3}}$ la masse volumique de l'huile et $\boldsymbol{\rho_B = 1026\ kg.m^{-3}}$ la masse volumique de la bille (B).
- La force de frottement $\vec{f}$, verticale et de sens opposé à la vitesse. Sa valeur a pour expression $\boldsymbol{f = 6\pi\eta r v}$, où v est la valeur de la vitesse de la bille à l'instant t quelconque et $\boldsymbol{\eta}$ est le coefficient de viscosité

Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa **vitesse est constante** : cette vitesse est appelée vitesse limite et est notée $\boldsymbol{v_l}$. La durée de chute entre les deux traits D et F qui sont distants de L est Δt **= 300 ms**.

4.1. <u>Méthode expérimentale</u>

4.1.1. Quelle est la nature du mouvement de chute de la bille à partir de D ? Exprimer la vitesse limite $\boldsymbol{v_l}$ en fonction **L** et $\boldsymbol{\Delta t}$. **(0,5pt)**

4.1.2. Représenter les forces extérieures appliquées sur la bille. **(0,5pt)**

4.1.3. En considérant que le mouvement de la bille est **uniforme** entre D et F établir la relation : **(0,5pt)**
$\boldsymbol{\eta = C(\rho_B - \rho_h)\Delta t}$ avec **C** une constante qu'on exprimera en fonction **g, V, r et L**.

4.1.4. Calculer la valeur de la viscosité $\boldsymbol{\eta}$, sachant que **C = 3,78.10⁻²** **S.I.** **(0,5pt)**

4.2. <u>Méthode théorique</u>

4.2.1. Enoncer le théorème du centre d'inertie. **(0,5pt)**

4.2.2. En appliquant le théorème du centre d'inertie entre O et D, montrer que : **(0,5pt)**

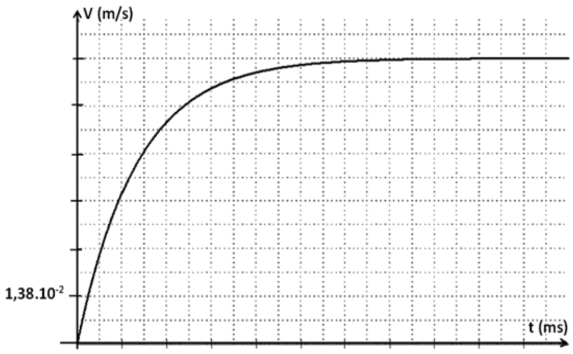
$$\boldsymbol{\frac{dv}{dt} + \alpha v = \beta}$$

On exprimera $\boldsymbol{\alpha}$ et $\boldsymbol{\beta}$ en fonction des données.

4.2.3. A partir du point D, la vitesse atteint sa valeur limite $\boldsymbol{v_l}$**.** Montrer que la viscosité de l'huile peut être donnée par la relation : **(0,5pt)**

$$\boldsymbol{\eta = \frac{2r^2 g(\rho_B - \rho_h)}{9v_l}}$$

4.2.4. Une étude expérimentale de la vitesse de la bille dans l'huile au cours du temps a permis de tracer le graphe ci-contre. Calculer la valeur de la viscosité puis la comparer à celle de première méthode. **(0,5pt)**



<u>Exercice 5 :</u> **(4 points)**

<u>On donne :</u> $\boldsymbol{m = 1020\ kg}$; $\boldsymbol{R_T = 6400km}$; $\boldsymbol{h = 400km}$; $\boldsymbol{g_o = 9,8\ m.s^{-2}}$

Un satellite supposé ponctuel, de masse m, décrit une orbite circulaire d'altitude hauteur de la terre assimilée à une sphère de rayon $\boldsymbol{R_T}$. On fera l'étude dans le référentiel géocentrique considéré comme galiléen.

5.1. Enoncer la loi de gravitation universelle. **(0,5pt)**

5.2. Établir l'expression de la valeur g du vecteur champ de gravitation terrestre à l'altitude h en fonction de $\boldsymbol{g_o}$, $\boldsymbol{R_T}$ et $\boldsymbol{h}$. **(0,5pt)**

5.3. Déterminer l'expression de la vitesse **V** du satellite, celle de sa période et celle de son énergie cinétique. Calculer leurs valeurs. **(0,75pt)**

5.4. L'énergie potentielle du satellite dans le champ de pesanteur à l'altitude **h** est donnée par la relation : $\boldsymbol{E_p = -\frac{KmM}{R_T+h}}$ avec $\boldsymbol{K}$ constante de gravitation et $\boldsymbol{M}$ masse de la terre et en considérant la référence de l'énergie potentielle à l'infini.

5.4.1. Justifier le signe négatif et exprimer $\boldsymbol{E_p}$ en fonction de $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{R_T}$, $\boldsymbol{g_o}$ et $\boldsymbol{h}$. **(0,5pt)**

5.4.2. Déterminer l'expression de l'énergie mécanique E du satellite et comparer $\boldsymbol{E}$ à $\boldsymbol{E_c}$ et $\boldsymbol{E_p}$ à $\boldsymbol{E_c}$. **(0,75pt)**

5.5. On fournit au satellite un supplément d'énergie : $\Delta\boldsymbol{E} = +\boldsymbol{5.10^8 J}$. Il prend alors une nouvelle orbite circulaire. En utilisant les résultats de la question 3, déterminer :

5.5.1. Sa nouvelle énergie cinétique et sa vitesse. **(0,5pt)**

5.5.2. Sa nouvelle énergie potentielle et son altitude. **(0,5pt)**

<u>FIN DU SUJET</u>