Devoir n°3 de Sciences Physiques (2 heures)

Exercice 1 : (8 points)

On donne les demi-réactions électroniques ci-dessous:

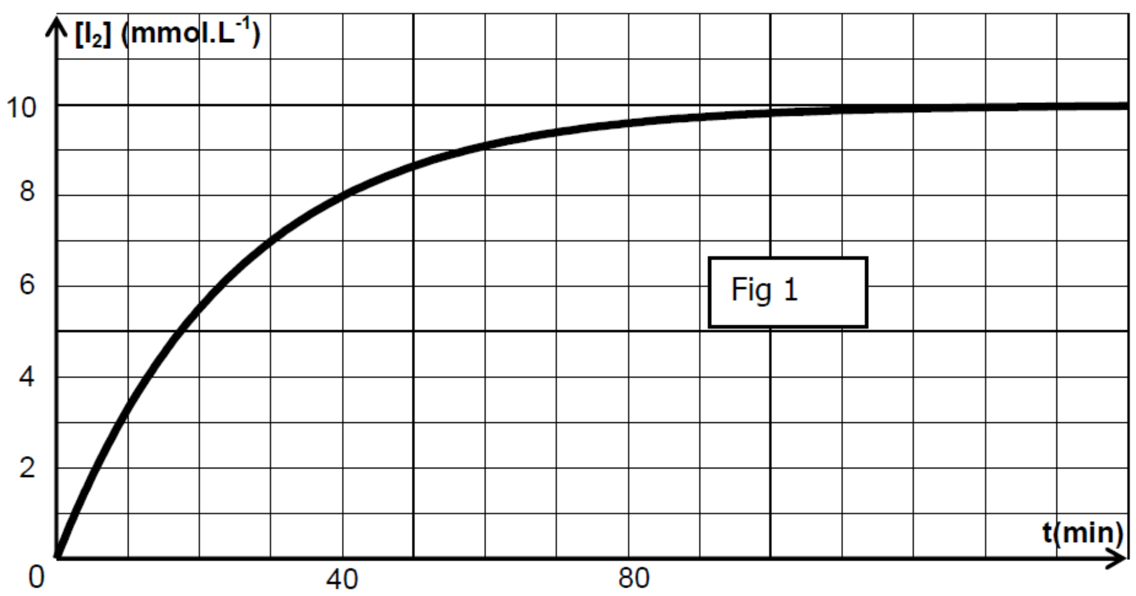
$$S_2O_8^{2-} + 2\,e^- = 2\,SO_4^{2-} \qquad E° = 2{,}00\ V$$

$$I_2 + 2\,e^- = 2\,I^- \qquad E° = 0{,}536\ V$$

$$S_4O_6^{2-} + 2\,e^- = 2\,S_2O_3^{2-} \qquad E° = 0{,}09\ V$$

A t=0 s et à une température constante θ, On mélange un volume $\mathbf{V_1}$ d'une solution **(S_1)** de péroxodisulfate de potassium $\mathbf{K_2S_2O_8}$ de concentration molaire $\mathbf{C_1}$ et un volume $\mathbf{V_2}$ d'une solution **(S_2)** d'iodure de potassium **KI** de concentration molaire $\mathbf{C_2}$, avec $\mathbf{C_2=2\ C_1}$.

1. Ecrire les équations des deux demi-réactions, déduire l'équation bilan.
2. A l'instant t = 0, le mélange des deux solutions, de volume total **V= 1 L**, contient $\mathbf{n_{01}=10}$ **mmol** d'ions peroxodisulfate et $\mathbf{n_{02}=20}$ **mmol** d'ions iodures.
   2.1. Dresser le tableau d'évolution du système chimique.
   2.2. Déterminer $[S_2O_8^{2-}]_0$ et $[I^-]_0$, concentrations molaires initiales respectives des ions peroxodisulfates et les ions iodures dans le mélange. Déduire C_1 et C_2.
3. A la date t = 0, on divise le mélange précédent en 10 prélèvements identiques. Pour déterminer la quantité de matière de diiode formé à une date t > 0, on refroidit l'un des prélèvements en y versant de l'eau glacée puis on dose le diiode formé par une solution de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$) de concentration molaire $\mathbf{C_3=4.10^{-2}\ mol.L^{-1}}$.
   3.1. Ecrire l'équation de la réaction de dosage.
   3.2. Cette réaction du dosage, rapide et totale, a permis de tracer la courbe de variation de la concentration molaire de diiode en fonction du temps **(voir fig 1).**
      3.2.1. Pourquoi refroidit-on chaque prélèvement ? Quel(s) facteur(s) cinétique(s) met on en évidence ?
      3.2.2. Calculer le volume V_3 de la solution de thiosulfate de sodium nécessaire pour doser la quantité de diiode I_2 formé dans un prélèvement à la date $t_2 = 40$ min.
   3.3. Calculer la concentration molaire théorique de diiode à la fin de la réaction. Ce résultat est-il en accord avec le résultat expérimental ?
   3.4. Calculer en $mmol.L^{-1}.min^{-1}$:
      3.4.1. La vitesse volumique moyenne de la réaction entre les dates $t_1 = 0$ et $t_2 = 40$ min.
      3.4.2. La vitesse volumique à la date $t_2 = 40$ min.



3.5. Déterminer le temps de demi-réaction.

4. Calculer la concentration de toutes les espèces présentes à la date t = 30 min.

Exercice 2 : (6 points)

Dans tout l'exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, centré sur Saturne et dont les trois axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines supposées fixes. On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leur taille.

Données : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ S.I. : constante de gravitation universelle.

Concernant Titan : $R_T = 1{,}22\times10^{6}$ km (rayon de l'orbite de Titan).

Concernant Saturne : $R_S = 6{,}0\times10^{4}$ km (rayon de la planète Saturne).

$T_s = 10$ h 39 min (période de rotation de Saturne sur elle-même).

$M_S = 5{,}69\times10^{26}$ kg (masse de Saturne).

1. Quelques caractéristiques de Titan :

1.1. Représenter qualitativement sur un schéma, Saturne, Titan, et la (les) force(s) extérieure(s) appliquée(s) sur Titan.

1.2. Donner l'expression vectorielle de cette (ces) force(s).

1.3. On étudie le mouvement du centre d'inertie T de Titan. S est le centre d'inertie de Saturne. Soit $\vec{u}$ le vecteur unitaire porté par la droite ST dirigé de S vers T.

1.3.1. Exprimer son accélération vectorielle $\vec{a}$ en précisant la loi utilisée.

1.3.2. On se place dans la base orthonormée $(\vec{t}, \vec{n})$ centrée en T dans laquelle $\vec{t}$ est un vecteur unitaire porté par la tangente à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement et $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à $\vec{t}$ et dirigé vers l'intérieur de la trajectoire ($\vec{n} = -\vec{u}$).

1.3.3. Montrer que le mouvement de Titan est uniforme.

1.4. Retrouver l'expression de la vitesse de Titan sur son orbite autour de Saturne : $v = \sqrt{\dfrac{GM_S}{R_T}}$

2. **D'autres satellites de Saturne :**

Après le survol de Titan, la sonde Cassini a survolé le satellite Encelade en février 2005. On peut considérer que dans le référentiel saturno-centrique, Encelade à un mouvement de révolution circulaire uniforme, dont la période (en jour terrestre), est $T_E = 1{,}37$ et le rayon est R_E.

2.1. Retrouver la troisième loi de Kepler $\dfrac{T^2}{R^3} = \dfrac{4\pi^2}{GM_S}$.

2.2. En déduire la valeur du rayon R_E de l'orbite d'Encelade.

3. **Sonde saturno-stationnaire :**

On cherche dans cette partie à déterminer l'altitude h à laquelle devrait se trouver la sonde Cassini pour être saturno-stationnaire (immobile au-dessus d'un point de l'équateur de Saturne).

3.1. Quelle condition doit-on avoir sur les périodes Ts (rotation de Saturne sur elle-même) et Tc (révolution de Cassini autour de Saturne) pour que la sonde soit " saturno-stationnaire "?

3.2. Montrer que l'altitude h de la sonde peut se calculer avec la relation: $h = \sqrt[3]{\dfrac{T_C^2 GM_S}{4\pi^2}} - R_S$

3.3. Calculer la valeur de h.

Exercice 3 : (6 points)

On considère le dispositif schématisé par la figure :

Le solide S de masse m, peut se déplacer le long de l'axe 0x horizontal, sans frottement. Il est soumis à l'action d'un ressort à spires non jointives de raideur K. L'extrémité A du ressort est fixe. Lorsque S est en équilibre, la projection, sur 0x, de son centre d'inertie G coïncide avec l'origine 0 des abscisses.

1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur S lorsqu'il est en mouvement et établir l'équation différentielle qui régit ce mouvement.
2. Pour la mise en mouvement de S, on l'a amené au point d'abscisse $x_0 = +4$ cm puis on l'abandonne sans vitesse initiale. A la date t = 0, S passe, pour la première fois, par sa position d'équilibre. Déterminer l'équation horaire du mouvement : m = 0,30 Kg et K = 20 N.m^{-1}.
3. Exprimer à la date t, son énergie mécanique totale en fonction de K, m, x et $\frac{dx}{dt}$. L'énergie potentielle du système (ressort, masse) est nulle lorsque le ressort est détendu.
4. Montrer, par le calcul, que cette énergie mécanique totale peut s'exprimer uniquement en fonction de K et de x_0. Interpréter physiquement ce dernier résultat.
5. Calculer, à la date t = 0, la valeur algébrique de la vitesse de S.