Devoir n°3 de Sciences Physiques (3 heures)

Exercice 1: Oxydation des ions iodure par les ions peroxodisulfate (3,5 points)

On étudie la vitesse de la réaction d'équation-bilan: $S_2O_8^{2-} + 2I^- \longrightarrow 2SO_4^{2-} + I_2$

Pour cela, on réalise l'expérience suivante : on introduit dans un erlenmeyer 20 mL d'une solution d'iodure de potassium à $5{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1} et 1 mL d'empois d'amidon. On remplit une burette graduée d'une solution contenant un mélange d'iodure de potassium à $\frac{1}{31}$ mol.L^{-1} et de thiosulfate de sodium à $5{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}. On verse alors, à l'aide de la burette, 1 mL de cette solution dans l'erlenmeyer. En déclenchant le chronomètre à l'instant de date $t_0 = 0$ s, on ajoute rapidement 10 mL de peroxodisulfate de potassium à $5{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1} dans l'erlenmeyer. À l'instant de date $t_1 = 142$ s que l'on note sans arrêter le chronomètre, on voit apparaître une couleur bleue dans l'erlenmeyer. On ajoute alors 1 mL de la solution contenue dans la burette, ce qui fait disparaître la teinte bleue. Celle-ci réapparaît à une date t_2 que l'on note. Et ainsi de suite on réalise une série de 6 mesures qui sont reportées dans le tableau ci-dessous :

n	1	2	3	4	5	6
t_n (en s)	142	381	625	876	1136	1406

Dans le milieu réactionnel, les ions thiosulfates réagissent avec le diiode au fur et à mesure de sa formation selon la réaction d'équation-bilan : $2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$. Cette réaction est totale et instantanée.

1) Citer les différents facteurs cinétiques d'une réaction chimique.
2)
   a) Montrer que la concentration des ions peroxodisulfate à l'instant de date t_0 est $[S_2O_8^{2-}]_0 = 1{,}56.10^{-2}$ mol.L^{-1}.
   b) Montrer qu'aux instants de dates t_n d'apparition de la couleur bleue (avec $n \geqslant 1$), on a :
   $$[S_2O_8^{2-}] = \frac{20-n}{40\times(31+n)}$$
   c) Tracer le graphe $[S_2O_8^{2-}] = f(t)$ pour $0 \leqslant t \leqslant 1406$ s.
   d) Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition de l'ion $S_2O_8^{2-}$ (on considèrera le système comme fermé). Comment varie cette vitesse au cours de la réaction.
   e) La déterminer à l'instant t_3.
3) L'expérience montre que la vitesse volumique v de la réaction peut s'écrire : $v = k\times[S_2O_8^{2-}]$ où k est une constante.
   a) Etablir l'expression mathématique donnant la concentration en ions peroxodisulfate $[S_2O_8^{2-}]$ en fonction du temps t, $[S_2O_8^{2-}]_0$ et de k.
   b) En déduire la valeur de la constante apparente de vitesse k
   c) Monter que le temps de demi-réaction, temps dont on donnera la définition peut s'écrire sous la forme $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$. Calculer sa valeur.
   d) Calculer la vitesse à t_3. Le résultat obtenu est-il conforme à celui obtenu précédemment?

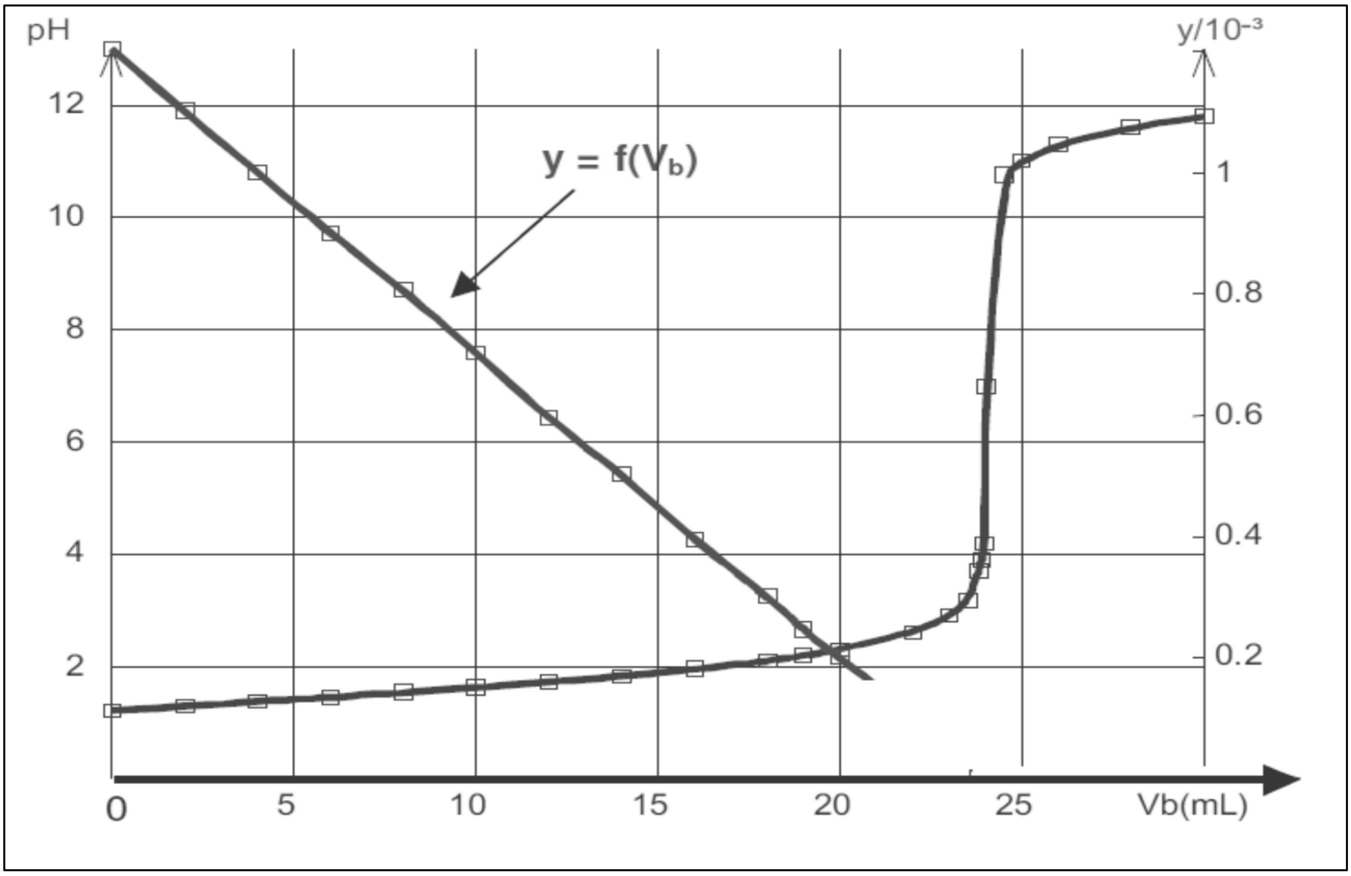
Couple	Potentiel standard
$S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$	2,01 V
I_2/I^-	0,54 V
Fe^{3+}/Fe^{2+}	0,77 V

Exercice 2: Dosage pH-métrique et par méthode de Cran (3,5 points)

L'acide chlorhydrique est couramment employé comme détartrant, est vendu dans le commerce en solutions très concentrées. On trouve sur l'étiquette de la solution commerciale les informations suivantes: *minimum 30% en masse de HCl ; masse volumique* 1,18 *g.cm*$^{-3}$

I- Détermination de la concentration de la solution commerciale

1) A partir des données de l'étiquette, calculer la concentration C_0 de la solution commerciale.
2) On souhaite doser précisément cette solution d'acide par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 5{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1} afin de vérifier son pourcentage massique.
   Préalablement, on dilue 200 fois la solution commerciale.
   a) Pourquoi faut-il procéder à une dilution de la solution commerciale avant le dosage ?
   b) Quelle précaution élémentaire faut-il observer au moment de la dilution ?
3) Par pH-métrie, on dose un volume $V_A = 20{,}0$ mL de la solution d'acide diluée de concentration C_A par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B. La courbe obtenue est représentée ci-dessous.
   a) Ecrivez l'équation-bilan de la réaction de dosage.
   b) Déterminez graphiquement les coordonnées V_E et pH_E du point d'équivalence.
   c) Déterminez la concentration C_A de la solution diluée d'acide. En déduire la concentration C_0 de la solution commerciale.
   d) Calculez le pourcentage massique $\mathscr{P}$ réel en chlorure d'hydrogène dissous dans la solution commerciale. L'information sur l'étiquette est-elle correcte?



II- Détermination du point d'équivalence par la méthode de Cran

On se propose de déterminer d'une autre façon le volume équivalent V_E. Pour cela, on exploite les résultats expérimentaux avant l'équivalence acido-basique.

1) Exprimez, lorsque le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé est V_B ($V_B < V_E$), la quantité de matière $n(H_3O^+)_r$ restant dans le mélange en fonction de C_A, V_A, C_B et V_B.
2) En déduire la concentration $[H_3O^+]_r$ en ions hydronium restant dans le mélange en fonction de C_A, V_A, C_B et V_B.

3) En tenant compte de la relation à l'équivalence, montrez que : $[H_3O^+]_r.(V_A+V_B) = C_B.(V_E - V_B)$

4) A partir des résultats expérimentaux, on représente le graphe de la fonction $V_B \rightarrow y(V_B)$ telle que : $y = [H_3O^+]_r.(V_A+V_B)$

   a) Comment peut-on retrouver le volume équivalent V_E à partir de ce graphe ?

   b) Quel est l'avantage de cette méthode ?

Exercice 4: oscillations mécaniques libres amorties et non amorties (8 points)

Partie A :

Un pendule élastique horizontal est constitué par un solide (S) de masse m = 500 g, attaché à l'une des extrémités d'un ressort horizontal, parfaitement élastique, de raideur K et de masse négligeable par rapport à celle du solide, l'autre extrémité du ressort étant fixe (fig1). On néglige tout type de frottement et on étudie le mouvement du solide (S) relativement à un repère galiléen $(o,\vec{i})$ horizontal, d'origine O coïncidant avec la position d'équilibre du centre d'inertie du solide.

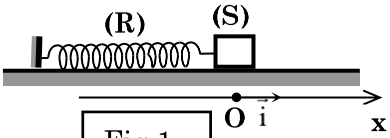


Fig 1

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre d'une distance X_m puis on le lâche sans vitesse. Lorsque le solide passe par sa position d'abscisse x_0 ($x_0 \neq 0$) avec une vitesse initiale v_0 ($v_0 \neq 0$), on déclenche le chronomètre (c'est l'instant t = 0 s) pour commencer l'étude du mouvement.

1-

   a- En appliquant la relation fondamentale de la dynamique au solide (S), établir l'équation différentielle de son mouvement. Quelle est la nature de ce mouvement ?

   b- Montrer que $\mathbf{x(t)=X_m\sin(\omega_0 t + \varphi_x)}$ est une solution de l'équation différentielle précédente à condition que la pulsation ω_0 vérifie une expression qu'on donnera en fonction de K et m. Donner l'expression de la période propre T_0 des oscillations du solide (S).

   c- Déduire l'expression de la vitesse du solide en fonction de X_m , ω_0 , t et φ_x.

2- Montrer que x_0 et v_0 vérifient la relation $\mathbf{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2} = X_m^2}$

3- Un ordinateur muni d'une interface et d'un capteur a enregistré les variations de l'énergie cinétique du solide (S) au cours du temps t, le graphe obtenu sur l'écran de l'ordinateur est donné par la figure 2.

   a- Donner l'expression de l'énergie mécanique E du système $S_0 = \{(S)+\text{ressort}\}$ en fonction de x, v, K et m avec x élongation du solide (S) et v sa vitesse à un instant t quelconque.

   b- Montrer que l'énergie E est constante puis donner son expression en fonction de m et V_m ; V_m amplitude de la vitesse v du solide.

   c- Etablir l'expression de l'énergie cinétique du solide (S) en fonction m, V_m, ω_0, t et φ.

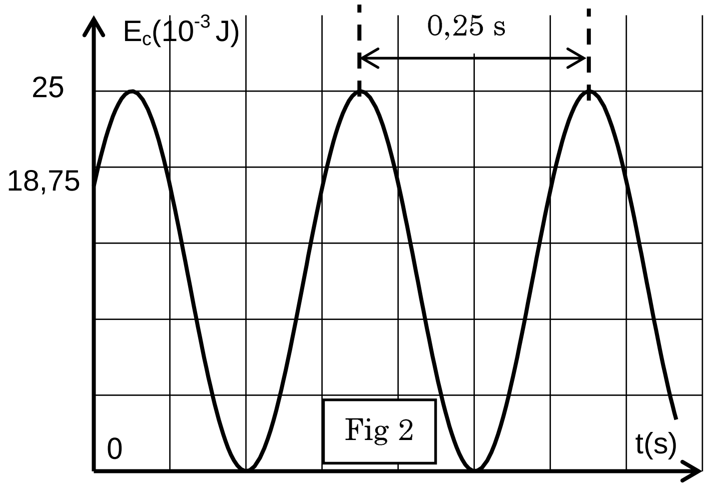


Fig 2

   Montrer qu'on peut l'écrire sous la forme : $\mathbf{E_c = \frac{E_{cmax}}{2}(1+\cos(2\omega_0 t + 2\varphi_x))}$

d- En utilisant le graphe, trouver :
- L'amplitude de la vitesse V_m.
- La période propre T_0. En déduire X_m.
- La phase initiale φ_x de l'élongation x(t).

e- Ecrire la loi horaire du mouvement.

f- Calculer l'abscisse initiale x_0 $(x(t=0))$ du solide(S) dans le repère $(O,\vec{i})$, déduire sa vitesse initiale v_0. Dans quel sens débute le mouvement du solide (S) ?

g- Calculer la raideur K du ressort.

Partie B :

Dans cette partie, le solide (S) est soumis à une force de frottement visqueux $\vec{f} = -h\vec{v}$ où h est une constante positive h.

1- Donner le nom et l'unité de h.

2- Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide (S) régissant les variations de son élongation x(t) en appliquant la RFD.

3- Retrouver l'équation différentielle du mouvement par une méthode énergétique.

4- Les frottements sont suffisamment faibles pour que le régime soit pseudo-périodique. Donner la condition sur *h* pour qu'il en soit ainsi. Pour la suite (h = 0,2 u.s.i).

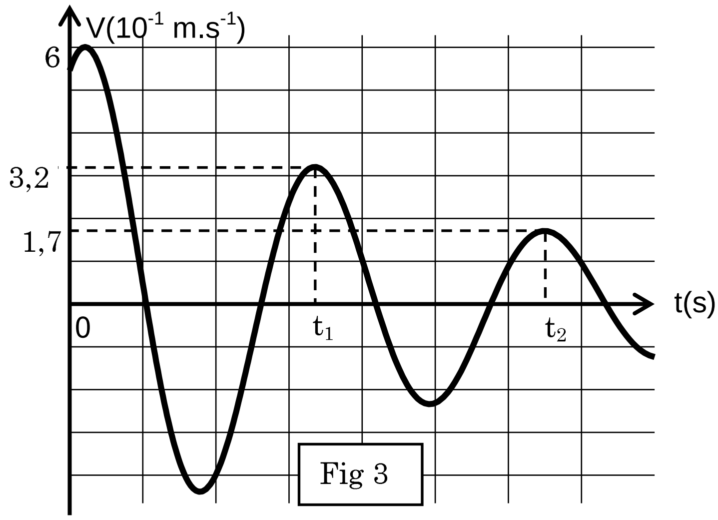


Fig 3

5- À l'aide d'un dispositif approprié, on a enregistré les variations de la vitesse du solide en fonction du temps ; on a trouvé le graphe de la figure 3 :
Calculer l'énergie dissipée par la force de frottement entre les instants t_1 et t_2.

Exercice 7: Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique (5 points)

On rappelle: $\vec{v}\begin{bmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{z}\end{bmatrix} \wedge \vec{B}\begin{bmatrix}B_x\\ B_y\\ B_z\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\dot{y}B_z - \dot{z}B_y\\ \dot{z}B_x - \dot{x}B_z\\ \dot{x}B_y - \dot{y}B_x\end{bmatrix}$

Une particule "ponctuelle" de charge q et de masse m pénètre avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0\vec{i}$ en un point O dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ dirigé selon l'axe Oz ($\vec{B} = B\,\vec{k}$). Cette particule subit la force de Lorentz.

1) En négligeant le poids de la particule, donner les composantes du vecteur accélération $\vec{a}$ dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

2) Montrer que le mouvement est plan.

3) Montrer que les expressions de x(t) et y(t) peuvent s'écrire sous les formes

$$x(t) = \frac{mv_0}{qB}\sin\left[\frac{qB}{m}t\right] \qquad y(t) = \frac{mv_0}{qB}\left(\cos\left[\frac{qB}{m}t\right] - 1\right)$$

4) Déduire que le mouvement est circulaire en établissant son équation cartésienne. On précisera les coordonnées du centre et l'expression du rayon.