

❧ ❧ ❧ ❧ ❧

Le sujet comporte quatre pages numérotées de 1 / 4 à 4 / 4.

CHIMIE (9 points)

Exercice 1 (4,5 points)

On étudie la transformation lente et supposée totale de la réduction des ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ par les ions iodures I^- modélisée par l'équation suivante :



À une température θ_1 adéquate, on réalise les deux expériences suivantes :

Expérience 1 :

À l'instant $t = 0$, on mélange un volume $V_1 = 10 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse (S_1) de peroxodisulfate de potassium ($K_2S_2O_8$) de concentration molaire $C_1 = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ avec un volume $V_2 = 40 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse (S_2) d'iodure de potassium (KI) de concentration molaire $C_2 = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Par une méthode appropriée, on suit l'évolution au cours du temps de la quantité de matière de diiode I_2 formée. Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe $x = f(t)$, donnée par la figure 1, représentant l'évolution de l'avancement x de la réaction au cours du temps.

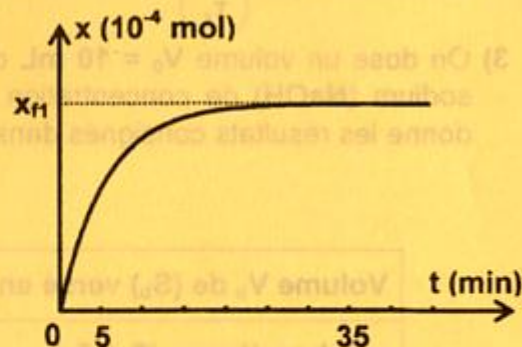


Figure 1

- 1) Dresser le tableau descriptif en avancement x , relatif à la réaction étudiée.
- 2) Préciser en le justifiant, le réactif limitant. En déduire la valeur de l'avancement final x_{f1} .
- 3) Déterminer la valeur de la vitesse moyenne v_{m1} de la réaction étudiée pendant la durée $\Delta t_1 = 30 \text{ min}$ mesurée à partir de l'instant $t = 0$.

Expérience 2 :

Dans trois béchers identiques (B_1), (B_2) et (B_3), on prépare trois mélanges contenant chacun un volume V_1 de (S_1), un volume V'_2 de (S_2) et un volume V_e d'eau distillée (chaque mélange a un volume total : $V_T = V_1 + V'_2 + V_e = 50 \text{ mL}$). Par une méthode expérimentale convenable, on détermine, pour chacun des mélanges, la durée Δt_i ($i = 1, 2, 3$) nécessaire à la formation de la même quantité de matière finale de I_2 obtenue dans l'expérience 1.

La durée Δt_i est mesurée à partir de l'instant auquel le mélange est réalisé. Pour chaque mélange, les volumes et la durée correspondants sont reportés dans le tableau ci-contre.

Bécher	(B_1)	(B_2)	(B_3)
V_1 (mL)	10	10	10
V'_2 (mL)	40	30	20
V_e (mL)	0	10	20
$\Delta t_{i(i=1,2,3)}$ (min)	Δt_1	Δt_2	Δt_3

On désigne par :

- v_{m2} , la vitesse moyenne de la réaction étudiée dans le bécher (B_2) pendant Δt_2 ;
- v_{m3} , la vitesse moyenne de la réaction étudiée dans le bécher (B_3) pendant Δt_3 .

- 1) Justifier que dans les trois béchers, l'avancement final x_f de la réaction étudiée est égal à x_{f1} .
- 2) Indiquer pourquoi ajoute-on de l'eau distillée dans les béchers (B_2) et (B_3).
- 3) a- Justifier que $v_{m1} > v_{m2} > v_{m3}$.
 b- En déduire une comparaison entre Δt_1 , Δt_2 et Δt_3 .

Exercice 2 (4,5 points)

Toutes les solutions sont considérées à $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, température à laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On néglige les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau devant ceux provenant de l'ionisation de l'acide étudié.

On dispose d'une solution aqueuse (S) d'un monoacide AH faible de concentration molaire C_a . L'acide AH est supposé faiblement ionisé dans (S) et le pH de sa solution aqueuse (S) est donné par

la relation : $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C_a)$, avec K_a la constante d'acidité du couple AH / A^- .

On désigne par τ_f le taux d'avancement final de la réaction du monoacide AH avec l'eau dans (S).

1) Établir la relation : $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \tau_f$.

2) On prélève un volume $V_p = 10\text{ mL}$ de la solution (S) que l'on dilue en lui ajoutant un volume V_e d'eau distillée ; on obtient ainsi une solution aqueuse (S') de concentration molaire C'_a . On suppose que l'acide AH demeure faiblement ionisé suite à cette dilution et on désigne par τ'_f le taux d'avancement final de la réaction de AH avec l'eau dans (S').

a- Montrer que : $\log \frac{\tau'_f}{\tau_f} = \frac{1}{2} \log \frac{V_p + V_e}{V_p}$.

b- Sachant que $\left(\frac{\tau'_f}{\tau_f}\right)^2 = 10$, déterminer la valeur de V_e .

3) On dose un volume $V_0 = 10\text{ mL}$ de la solution (S) par une solution aqueuse (S_b) d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire $C_b = 0,1\text{ mol.L}^{-1}$. Le suivi pH-métrique de ce dosage donne les résultats consignés dans le tableau suivant :

	État de demi-équivalence	État d'équivalence
Volume V_b de (S _b) versé en mL	5	10
pH du mélange (S + S _b)	4,8	8,7

a- En exploitant le tableau ci-dessus :

a₁- déterminer la valeur de C_a ;

a₂- préciser en le justifiant, la valeur du $\text{p}K_a$ du couple AH / A^- .

b- Dédurre les valeurs de pH de la solution (S) et de pH' de la solution (S').

PHYSIQUE (11 points)

Exercice 1 (4 points)

Le circuit électrique de la figure 2 comporte, montés en série, un générateur de tension idéal de fem E , un résistor de résistance R variable, une bobine d'inductance L et de résistance r et un interrupteur K .

1) À l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K . Un courant électrique circule dans le circuit avec une intensité instantanée $i(t)$ qui augmente graduellement au cours du temps et atteint le régime permanent après un retard de temps.

a- Énoncer la loi de Lenz.

b- Justifier que la bobine est responsable du retard de l'établissement du régime permanent.

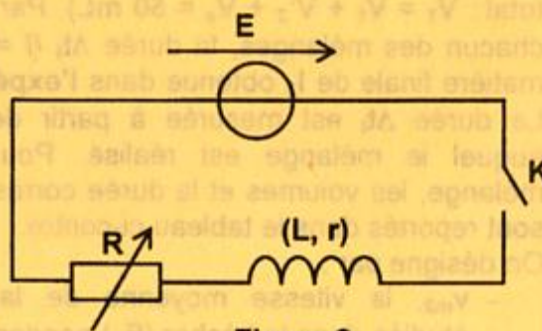


Figure 2

2) L'évolution au cours du temps de la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor est régie par l'équation différentielle suivante : $\frac{du_R(t)}{dt} + \frac{u_R(t)}{\tau} = \frac{RE}{L}$; où τ représente la constante de temps du circuit.

On admet que la solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_R(t) = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$; avec U la valeur de $u_R(t)$ en régime permanent.

a- Rappeler l'expression de τ en fonction de L , r et R .

b- Exprimer U en fonction de E , r et R .

3) On établit plusieurs fois le régime permanent et, ce, en variant à chaque fois la valeur de la résistance R du résistor. On détermine pour chaque valeur de R , la valeur de la constante de temps τ . Ceci a permis de tracer la courbe $\frac{1}{\tau} = f(R)$ de la figure 3.

En exploitant la courbe de la figure 3, montrer que $L = 0,5 \text{ H}$ et $r = 10 \Omega$.

4) À la fin de l'expérience réalisée en 3), on ouvre l'interrupteur K . On règle la résistance R à une valeur R_1 . À un nouvel instant $t' = 0$, on ferme K et on suit l'évolution au cours du temps de la tension $u_R(t)$ à l'aide d'un oscilloscope numérique à mémoire. On obtient la courbe de la figure 4.

a- Relever graphiquement la valeur de τ .

b- Déduire les valeurs de R_1 et de E .

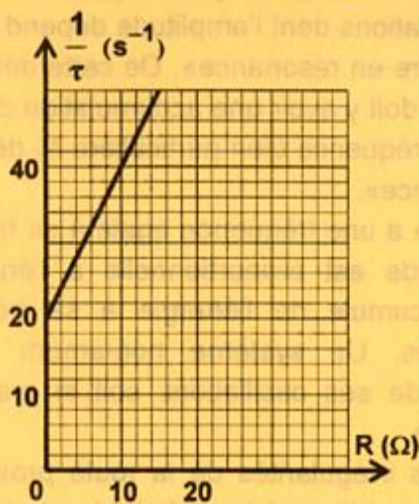


Figure 3

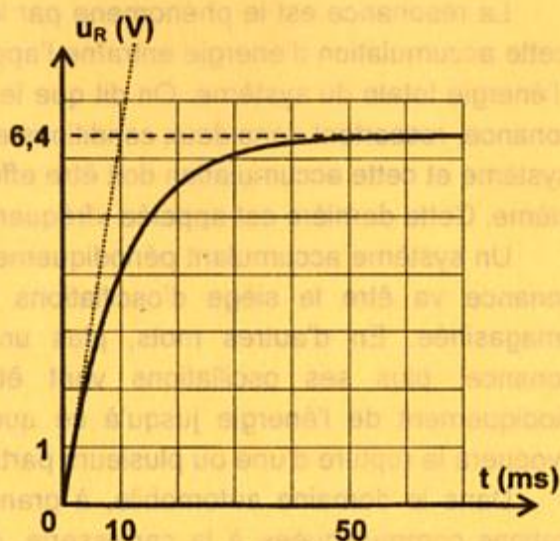
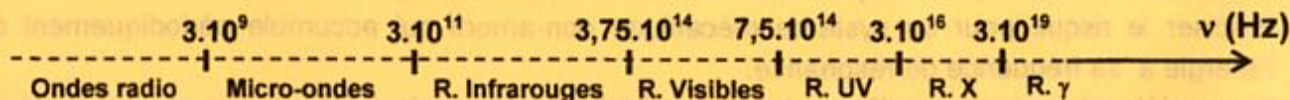


Figure 4

Exercice 2 (4 points)

On donne :

- constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- spectre d'ondes électromagnétiques :



Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} ; \text{ avec } E_0 = 21,76 \cdot 10^{-19} \text{ J et } n \text{ un entier naturel non nul.}$$

On considère la fréquence $\nu_{p,n}$ de la radiation émise lors de la transition de l'atome d'hydrogène d'un niveau d'énergie E_p vers un niveau d'énergie E_n tel que $p > n$.

1) a- Montrer que la fréquence $\nu_{p,n}$ vérifie la relation : $\nu_{p,n} = \frac{E_0}{h} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right)$.

b- Calculer les valeurs de $\nu_{3,1}$ et $\nu_{2,1}$. Préciser le domaine dans lequel se situent ces deux radiations.

c- Montrer que : $\nu_{3,1} = \nu_{3,2} + \nu_{2,1}$. En déduire la valeur de $\nu_{3,2}$.

- 2) Grâce à des radiations électromagnétiques, on fournit à l'atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, successivement trois photons. L'énergie de chaque photon correspond à une transition possible entre le niveau d'énergie E_1 et un niveau d'énergie E_p . Le photon le plus énergétique, parmi les trois, possède une énergie $W = 20,40 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- Préciser le niveau le plus haut auquel peut passer l'atome d'hydrogène à partir de son état fondamental.
 - On s'intéresse maintenant aux radiations émises lors des transitions possibles de l'atome d'hydrogène de l'un des niveaux d'énergies E_p précédemment occupés par cet atome vers le niveau d'énergie E_2 .
 - Préciser les transitions possibles.
 - Montrer que les fréquences des radiations émises lors de ces transitions se situent dans le domaine visible.
 - Déduire la valeur de la fréquence $\nu_{4,3}$. Préciser le domaine dans lequel se situe cette radiation.

Exercice 3 (3 points) « Étude d'un document scientifique »

Le phénomène de résonance

La résonance est le phénomène par lequel un système accumule périodiquement de l'énergie, et cette accumulation d'énergie entraîne l'apparition d'oscillations dont l'amplitude dépend directement de l'énergie totale du système. On dit que le système «entre en résonance». De cette définition de la résonance, ressortent donc deux conditions essentielles : il doit y avoir une accumulation d'énergie par le système et cette accumulation doit être effectuée à une fréquence bien particulière N_r dépendant du système. Cette dernière est appelée «fréquence de résonance».

Un système accumulant périodiquement de l'énergie à une fréquence égale à sa fréquence de résonance va être le siège d'oscillations dont l'amplitude est proportionnelle à l'énergie totale emmagasinée. En d'autres mots, plus un système accumule de l'énergie à sa fréquence de résonance, plus ses oscillations vont être importantes. Un système non-amorti accumulera périodiquement de l'énergie jusqu'à ce que l'amplitude de ses oscillations soit si grande qu'elle provoquera la rupture d'une ou plusieurs parties du système.

Dans le domaine automobile, à grande vitesse, les irrégularités de la route provoquent des vibrations communiquées à la carrosserie, générant un tremblement inconfortable et des bruits de vrombissement relativement gênants. Pour réduire l'effet de résonance, les voitures comportent des amortisseurs destinés à dissiper une partie de l'énergie des vibrations.

D'après un article de Thomas Boisson, Pourquoi la résonance peut-elle être dangereuse ?, juillet 2017.

- En se référant au texte, définir le phénomène de résonance.
 - Donner les conditions pour lesquelles se manifeste le phénomène de résonance.
- Préciser le risque pour un système mécanique non-amorti qui accumule périodiquement de l'énergie à sa fréquence de résonance.
 - En se référant au texte, justifier qu'on peut réduire le risque de la résonance sur un système mécanique.
- On se place dans le cas où le système mécanique est un pendule élastique. On s'intéresse alors aux oscillations forcées du pendule élastique en régime sinusoïdal.
Représenter sur le même graphique l'allure de la courbe d'évolution de l'amplitude X_m des oscillations en fonction de la fréquence N de l'excitateur pour deux valeurs h_1 et h_2 du coefficient de frottement. Indiquer sur le graphe les fréquences de résonance d'élongation N_{r1} et N_{r2} correspondant respectivement à h_1 et à h_2 , ainsi que la fréquence propre N_0 du résonateur.
On suppose que $h_1 < h_2 < h_t$; avec h_t la valeur de h au-dessus de laquelle il n'y a plus de résonance.