

**SCIENCES PHYSIQUES****EXERCICE 1****(02,75 points)****1.1.1-Définition de la vitesse volumique instantanée de disparition**

La vitesse volumique de disparition $v_d(\text{AH})$ de l'acide méthanoïque est égale à l'opposé de la dérivée première par rapport au temps de la concentration molaire volumique de l'acide méthanoïque. $V = -\frac{d[\text{AH}]}{dt}$. (0,25 pt)

1.1.2- Détermination la vitesse graphiquement de disparition de l'acide méthanoïque à $t_1 = 50$ s et $t_2 = 250$ s.

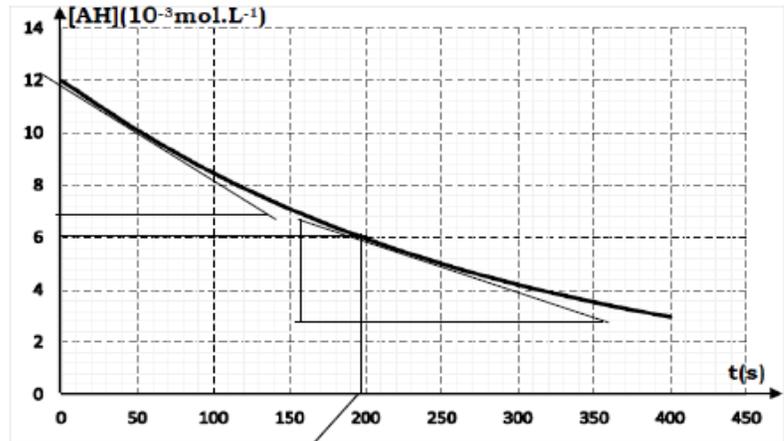
$$V_d(\text{AH})_{50s} = \frac{1,9 \cdot 10^{-3}}{50} \approx 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$V_d(\text{AH})_{250s} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{200} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

(0,25 pt + 0,25 pt)**1.1.3- Variation de la vitesse**

La vitesse de disparition **diminue** au cours du temps. Le facteur cinétique responsable de cette évolution est la diminution des **concentrations molaires des réactifs**. (0,25 pt)

1.1.4- Détermination graphique du temps de demi-réaction : le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle, la concentration de l'acide méthanoïque initiale a diminué de moitié. Graphiquement, on trouve $\tau \approx 198$ s

 $\tau = 198s$ **(0,25 pt)**

1.2.1-A l'aide d'une interface informatique, le deuxième groupe réalise le suivi cinétique, et dresse le tableau de mesures suivant :

$[\text{AH}] \times (10^{-3} \text{ mol.L}^{-1})$	12,00	10,10	8,46	7,10	5,96	5,00	4,20	3,53	2,96
$v(\text{AH}) \times (10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$	4,20	3,52	2,96	2,49	2,09	1,75	1,48	1,23	1,04

1.2.1.1-Tracé de la courbe $v = f([\text{AH}])$ (0,25 pt)**1.2.1.2- Détermination du coefficient k .**

$V(\text{AH})$ en fonction de $[\text{AH}]$ est une droite linéaire d'équation $v(\text{AH}) = k[\text{AH}]$ avec k le coefficient directeur.

$$k = \frac{\Delta v(\text{AH})}{\Delta [\text{AH}]} = \frac{(1,04 - 4,2) \cdot 10^{-5}}{(2,96 - 12) \cdot 10^{-3}} \text{ d'où } k = 0,35 \cdot 10^{-2} \text{ et}$$

$$v(\text{AH}) = 0,35 \cdot 10^{-2} \cdot [\text{AH}] \quad (0,25 \text{ pt})$$

1.2.2 Equation différentielle

$$V(\text{AH}) = -\frac{d[\text{AH}]}{dt} = k[\text{AH}] \quad \text{donc}$$

$$\frac{d[\text{AH}]}{dt} + k[\text{AH}] = 0 \quad (0,25 \text{ pt})$$

Etablissons la relation $[\text{AH}] = C_0 e^{-kt}$

$$V(\text{AH}) = -\frac{d[\text{AH}]}{dt} = k[\text{AH}] \text{ soit } \frac{d[\text{AH}]}{[\text{AH}]} = -k dt; \text{ d'où}$$

$$\int_{C_0}^{[\text{AH}]} \frac{d[\text{AH}]}{[\text{AH}]} = \int_0^t -k dt \text{ ce qui donne}$$

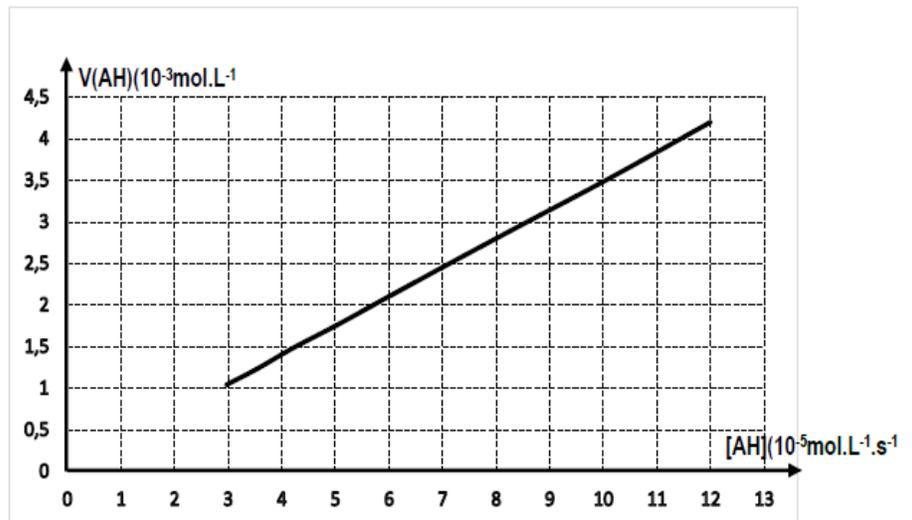
$$\ln \frac{[\text{AH}]}{C_0} = -kt \text{ d'où } [\text{AH}] = C_0 e^{-kt} \quad (0,25 \text{ pt})$$

1.2.3- Temps de demi-réaction

$$\text{Au temps de demi-réaction } [\text{AH}] = \frac{C_0}{2} \text{ soit } \frac{C_0}{2} = C_0 e^{-k\tau} \text{ d'où } \tau = \frac{\ln 2}{k} = \frac{\ln 2}{0,35 \cdot 10^{-2}} \text{ d'où } \tau = 198 \text{ s. } (0,25 \text{ pt})$$

1.3- Les valeurs des temps de demi-réaction trouvées par les deux groupes sont identiques.

Les deux méthodes utilisées sont concordantes.

(0,25 pt)

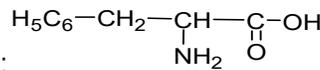
EXERCICE 2

(03,25 points)

2.1- les formules semi-développées des acides α-aminé (A₁), (A₂), (A₃) et (A₄).

Justification :

• (A₃) ne possède pas de carbone asymétrique :
$$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$$



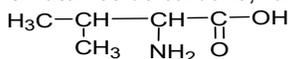
• (A₂) renferme un groupe phényl :

• (A₁) donne par décarboxylation une amine B dont le rapport entre les masses d'hydrogène et de carbone est $r = \frac{11}{48}$.

La formule brute générale de B est C_nH_{2n+3}N. Alors $\frac{2n+3}{12n} = \frac{11}{48} \Rightarrow 96n + 144 = 132n \Rightarrow$

$$132n - 96n = 144 \Rightarrow 36n = 144 \text{ ainsi } n = 4.$$

L'amine contient 4 atomes de carbone, l'acide aminé en aura 5.



Formule de A₁

FORMULES DES ACIDES α-AMINES

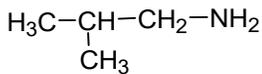
(01pt)

Acide α-aminé	(A ₁)	(A ₂)	(A ₃)	(A ₄)
F.S.D	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{H}_5\text{C}_6-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$

2.2- Nom officiel de (A₁) : Acide -2- amino-3- méthylbutanoïque

(0,25pt)

2.3. Formule semi-développée et nom de l'amine B :



Nom : 2-méthylpropan-1-amine

(0,25pt + 0,25 pt)

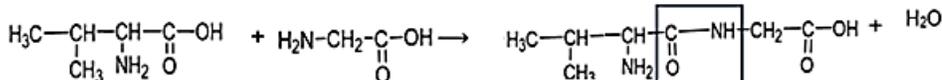
2.4- Condensation des deux acides α-aminés

2.4.1- La molécule libérée est de l'eau (H₂O).

(0,25pt)

2.4.2- L'équation-bilan de la réaction de formation du dipeptide (A₃- A₄)

(0,5pt)



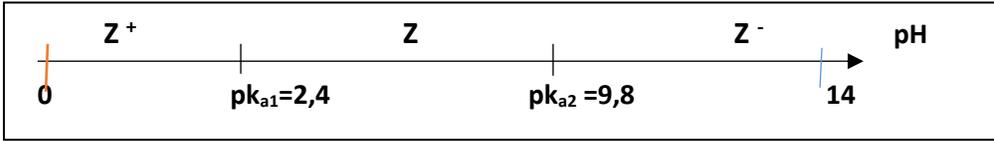
2.5-L'amphion

2.5.1-Equations de la réaction de l'Amphion (2x0,25pt)

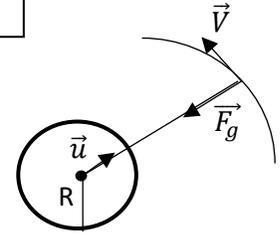
Amphion : acide	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
Amphion : base	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COOH} + \text{OH}^-$

Les deux couples sont Cation/amphion et Amphion/anion (0,5 pt)

2.5.2. A partir du diagramme de prédominance ci-contre :



Lorsque la solution a un pH = 6, 1, le Zwitterion Z est l'espèce majoritaire. (0,25 pt)



EXERCICE 3 (05 points)

3.1- La mise en orbite polaire du satellite Gaiendesat-1A

3.1.1- Schéma et représentation de la force : (0,5pt)

3.1.2- Montrons que le mouvement du satellite est uniforme

Système : {Satellite} Référentiel : référentiel géocentrique supposé galiléen B_{Fext} : \vec{F}_g

TCI : $\vec{F}_g = m\vec{a} = m$ soit $\frac{-KMm}{r^2}\vec{u} = m\frac{dV}{dt}\vec{u}_t + m\frac{V^2}{r}\vec{u}_n$ d'où $\frac{KMm}{r^2}\vec{u}_n = m\frac{dV}{dt}\vec{u}_t + m\frac{V^2}{r}\vec{u}_n$

En projetant sur (\vec{u}_t) on trouve $0 = \frac{dV}{dt}$ soit **V = constante donc le mouvement est uniforme. (0,5 pt)**

3.1.3- Expression de sa vitesse V en fonction de K, M, R et h.

$\frac{KMm}{r^2} = m\frac{V^2}{r}$ soit $V = \sqrt{\frac{KM}{R+h}}$. **AN :** $V = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 610^{24}}{(6,4 \cdot 10^6 + 550 \cdot 10^3)}}$ soit **$V = 7\,588,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,5pt)**

3.1.4- Calcul de la période de révolution du satellite

$T = \frac{2\pi r}{V} = \frac{2\pi(R+h)}{V}$ soit $T = \frac{2 \cdot 3,14(6,4 \cdot 10^6 + 550 \cdot 10^3)}{7588,3}$ d'où **$T = 5\,751,75 \text{ s} = 1,6 \text{ h}$ (0,5 pt)**

3.2-La position idéale pour lancer le satellite

3.2.1- Expression de E_c en fonction m, R, T_0 et λ .

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ or $v = r\omega = R\frac{2\pi}{T_0}\cos\lambda \Rightarrow E_c = \frac{1}{2}m\frac{4\pi^2}{T_0^2}R^2\cos^2\lambda$ donc **$E_c = \frac{1}{2}m\left(\frac{2\pi R}{T_0}\right)^2\cos^2\lambda$ (0,5pt)**

3.2.2- Expression de l'énergie mécanique E_m en fonction de m, M, T_0 , K, R et λ

L'énergie mécanique du lanceur au pas de tir est donnée par :

$E_m = E_c + E_p$ avec $E_p = \frac{-KMm}{R}$ et comme $E_c = \frac{1}{2}mR^2\cos^2\lambda \cdot \frac{4\pi^2}{T_0^2} \Rightarrow E_m = \frac{1}{2}mR^2\cos^2\lambda \cdot \frac{4\pi^2}{T_0^2} - \frac{KMm}{R}$ (0,5pt)

3.2.3 On met le satellite sur orbite de rayon r dans le référentiel géocentrique.

3.2.3.1-Expression de l'énergie mécanique du satellite sur orbite r, K, M et m:

$E_m = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{KMm}{r} = -\frac{KMm}{2r}$ (0,25pt)

l'énergie fournie pour mettre le satellite sur orbite : **$\Delta E = \frac{-KMm}{2r} + \frac{KMm}{R} - \frac{2\pi^2mR^2}{T_0^2}\cos^2\lambda$ (0,5pt)**

3.2.3.2- Valeur de λ pour minimiser l'énergie de mise en orbite du satellite,

L'énergie fournie est minimale pour $\lambda = 0$.

Afin de minimiser l'énergie de mise en orbite, Il est préférable de le lancer à partir de Kourou en Guyane $\lambda = 5^\circ$. (0,25pt)

3.2.4- Le lanceur communique au satellite à partir de P depuis la base de Vanderberg ($\lambda_V = 34^\circ$), une vitesse V_0 pour le mettre sur orbite à l'altitude h.

3.2.4.1- Etablissement de la relation : $V_0^2 = a + b \cos^2\lambda$

La conservation de l'énergie mécanique entre le pas de tir et l'altitude h donne :

$E_m(\text{sol}) = E_m(h)$ soit $\frac{1}{2}mR^2\cos^2\lambda \cdot \frac{4\pi^2}{T_0^2} - \frac{KMm}{R} + \frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{-KMm}{2r}$ soit $\frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{-KMm}{2r} + \frac{KMm}{R} - \frac{2\pi^2mR^2}{T_0^2}\cos^2\lambda$

d'où $V_0^2 = KM\left(\frac{2}{R} - \frac{1}{(R+h)}\right) - \frac{4\pi^2R^2}{T_0^2}\cos^2\lambda$ avec **$a = KM\left(\frac{2}{R} - \frac{1}{(R+h)}\right)$ et $b = -\frac{4\pi^2R^2}{T_0^2}$ (0,5pt)**

3.2.4.2- Valeur de la vitesse V_0

$V_0 = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 610^{24} \left(\frac{2}{6,4 \cdot 10^6} - \frac{1}{6,4 \cdot 10^6 + 550 \cdot 10^3} \right) - \frac{4(3,14)^2(6,4 \cdot 10^6)^2}{(86164)^2} \cos^2(34)$. **$V_0 = 6,73 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (0,5pt)**

EXERCICE 4

(05 Points)

4.1. Le groupe d'élèves réalise le circuit électrique de la figure 4

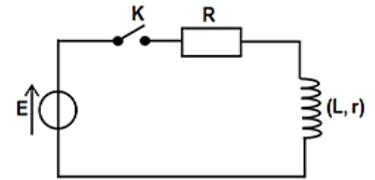


Figure 4

4.1.1-Equation différentielle vérifiée par U_R :

En appliquant la loi d'additivité des tensions au circuit on a : $u_G = u_R + u_B$

$$E = R i + r i + L \frac{di}{dt} = (R + r) i + L \frac{di}{dt} \text{ or } u_R = R i \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \frac{du_R}{dt} \Rightarrow \frac{du_R}{dt} + \frac{R+r}{L} u_R = \frac{R E}{L}$$

Par identification on a alors : $\beta = \frac{R+r}{L}$ et $\gamma = \frac{R E}{L}$ **(2*0,25pt)**

4.1.2-La solution de l'équation différentielle

Résolution de l'équation différentielle sans second membre :

$$\frac{du_R}{dt} + \beta u_R = 0 \Rightarrow \frac{du_R}{u_R} = -\beta dt \Rightarrow \int_0^{u_R} \frac{du_R}{u_R} = -\beta \int_0^t dt \Rightarrow \ln\left(\frac{u_R}{K}\right) = -\beta t \Rightarrow u_{Rg}(t) = K e^{-\beta t};$$

la solution particulière est $u_{Rp}(t) = \frac{\gamma}{\beta}$ D'où la solution générale est : $u_R(t) = K e^{-\beta t} + \frac{\gamma}{\beta}$.

En appliquant les conditions initiales on trouve : $u_R(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$$\text{Avec : } A = \frac{\gamma}{\beta} = \frac{R E}{R+r} \text{ et } \tau = \frac{1}{\beta} = \frac{L}{R+r} \quad (2 * 0,25pt)$$

4.1.3-Expression de la tension aux bornes de la bobine $U_B(t)$

Montrons que la tension aux bornes de la bobine peut s'écrire sous la forme :

$$u_B(t) = (r + R e^{-\frac{t}{\tau}}) I_p \text{ On a : } u_R(t) = \frac{R E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = R i(t) \Rightarrow i(t) = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ avec } I_p = \frac{E}{R+r} \Rightarrow i(t) = I_p (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

où I_p correspondant à l'intensité du courant en régime permanent.

$$u_B(t) = r i + L \frac{di}{dt} = r I_p (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + E e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{r E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + E e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ d'où : } u_B(t) = (r + R e^{-\frac{t}{\tau}}) I_p \quad (0,5pt)$$

4.2.1-Schéma du montage avec indication des branchements de

l'oscilloscope pour visualiser la tension aux bornes du conducteur ohmique sur la voie X et celle de la bobine sur la voie Y. **(0,5pt)**

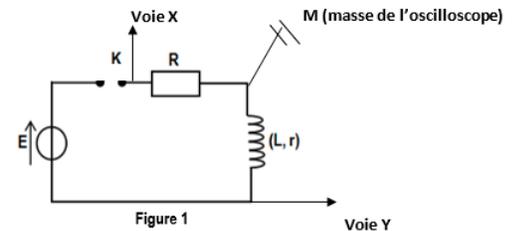


Figure 1

4.2.2-Identification de la courbe correspondant à u_R .

- La courbe 2 correspond à la tension u_R car à la date $t_0 = 0s$ on a : $i(0) = 0 \Rightarrow u_R(0) = 0$. **(0,25pt)**

4.2.3-Le phénomène physique qui se produit dès la fermeture du circuit est le phénomène d'auto-induction. **(0,25pt)**

4.2.4.1-les valeurs de E et de la constante de temps τ .

- A la date $t \rightarrow \infty$ on a : $E = u_{R\infty} + u_{B\infty} = 7,2 + 1,8 = 9,0 \text{ V}$ A $t=0$ on a : $u_B(0) = E = 9 \text{ V}$ **(0,25pt)**

- Détermination de τ : si $t = \tau$, on a : $u_R(\tau) = 0,63 u_{R \max} = 4,5 \text{ V}$ On trouve : $\tau = 4 \text{ ms}$. **(0,25pt)**

4.2.4.2-Déduction de la relation $r=0,26R$

Date t_1 à laquelle les tensions $u_R(t)$ et $u_B(t)$ prennent la même valeur $t_1 = \tau = 4 \text{ ms}$

$$u_R(t_1) = u_B(t_1) \Rightarrow (r + R e^{-1}) I_p = R I_p (1 - e^{-1}) \Rightarrow r = R (1 - \frac{2}{e}) = 0,26 R$$

(0,5pt)

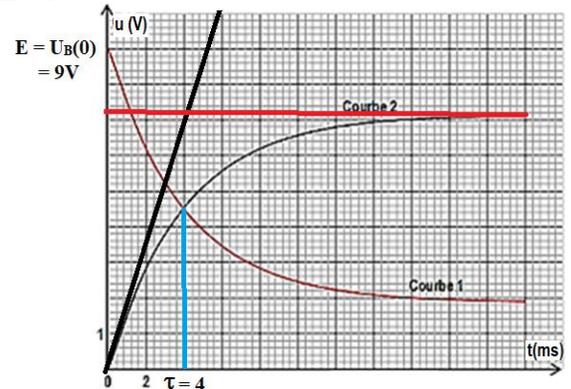
4.2.5-Détermination des valeurs de R et r. $\tau = \frac{L}{R+r} = \frac{L}{1,26 R} \Rightarrow R = \frac{L}{1,26 \tau}$;

$$\text{AN : } R = \frac{0,18}{1,26 * 4.10^{-3}} = 35,7 \Omega \cong 36 \Omega \quad (0,25pt)$$

$$r = 9,3 \Omega \quad (0,25pt)$$

4.3-Détermination de l'énergie magnétique stockée dans la bobine à la date $t = 2\tau$.

$$E_{\text{magné}} = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L \cdot \frac{u_R^2}{R^2}; \text{ AN : } E_{\text{magné}} = 0,5 * 0,18 * \frac{(6,2)^2}{(35,7)^2} = 2,7.10^{-3} \text{ J} = 2,7 \text{ mJ.} \quad (0,5pt)$$



4.4-La quantité d'énergie électrique dissipée par effet à joule travers le circuit entre les dates $t_0=0$ et $t' = \tau$.

$$E_j = \int_0^{\tau} (R+r)i^2 dt = (R+r) \int_0^{\tau} i^2 dt \text{ avec } i = \frac{u_R}{R} \Rightarrow E_j = \frac{(R+r)}{R^2} \int_0^{\tau} u_R^2 dt$$

$$\Rightarrow E_j = \frac{1}{(R+r)} E^2 \int_0^{\tau} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})^2 dt = \frac{1}{R+r} E^2 \left[\int_0^{\tau} (1 - 2e^{-\frac{t}{\tau}} + e^{-\frac{2t}{\tau}}) dt \right] \Rightarrow E_j = \frac{1}{(R+r)} E^2 \left[t + 2\tau e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{\tau}{2} e^{-\frac{2t}{\tau}} \right]_0^{\tau}$$

$$= \frac{1}{(R+r)} E^2 \left[\tau + 2\tau e^{-1} - \frac{\tau}{2} e^{-2} - 2\tau + \frac{\tau}{2} \right] \text{ AN: } E_j = \frac{1}{(45)} \times 9^2 \times 4 \cdot 10^{-3} \left[1 + 2 \times e^{-1} - \frac{1}{2} e^{-2} - 2 + \frac{1}{2} \right]$$

$$E_j = 1,17 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad (0,5\text{pt})$$

EXERCICE 5

(04 Points)

5.1- Equation de désintégration :

$${}^{87}_{37}\text{Rb} \rightarrow {}^{87}_{38}\text{Sr} + {}^{-1}_0\text{e}^- \text{ . On a désintégration } \beta^- \quad (0,5\text{pt})$$

5.2- Montrons que : $N^*({}^{87}_{38}\text{Sr}) = N({}^{87}_{37}\text{Rb})(e^{\lambda t} - 1)$:

$$\text{On a: } N_{\text{désintégré}}({}^{87}_{37}\text{Rb}) = N_{\text{formé}}^*({}^{87}_{38}\text{Sr}) \text{ or } N_{\text{désintégré}}({}^{87}_{37}\text{Rb}) = N_0({}^{87}_{37}\text{Rb}) - N({}^{87}_{37}\text{Rb})$$

$$\Rightarrow N^*({}^{87}_{38}\text{Sr}) = N({}^{87}_{37}\text{Rb})(e^{\lambda t} - 1) \quad (0,5\text{pt})$$

5.3- Expression $N({}^{87}_{38}\text{Sr})$ du nombre total de ces noyaux présents dans l'échantillon à l'instant actuel t en fonction de $N({}^{87}_{37}\text{Rb})$, $N_0({}^{87}_{38}\text{Sr})$, λ et t .

$$\text{On a } N({}^{87}_{38}\text{Sr}) = N({}^{87}_{37}\text{Rb}) = N_{\text{formé}}^*({}^{87}_{38}\text{Sr}) + N_0({}^{87}_{38}\text{Sr}) \Rightarrow N({}^{87}_{38}\text{Sr}) = N({}^{87}_{37}\text{Rb})(e^{\lambda t} - 1) + N_0({}^{87}_{38}\text{Sr}) \quad (0,75 \text{ pt})$$

5.4- En mesurant expérimentalement les rapports $u = \frac{N({}^{87}_{37}\text{Rb})}{N({}^{86}_{38}\text{Sr})}$ et $v = \frac{N({}^{87}_{38}\text{Sr})}{N({}^{86}_{38}\text{Sr})}$ dans les minéraux de deux roches granitiques différentes (granite A, granite B), on obtient les deux graphiques suivants.

5.4.1- Montrer que l'on peut écrire : $v = au + b$,

Par ce que $({}^{86}_{38}\text{Sr})$ est stable et son nombre ne change pas au cours du temps

$$\text{Montrons : on a } v = \frac{N({}^{87}_{38}\text{Sr})}{N({}^{86}_{38}\text{Sr})} = \frac{N({}^{87}_{37}\text{Rb})(e^{\lambda t} - 1) + N_0({}^{87}_{38}\text{Sr})}{N({}^{86}_{38}\text{Sr})} \Rightarrow v = au + b \quad (0,75\text{pt})$$

$$\text{En posant } a = (e^{\lambda t} - 1) \text{ et } b = \frac{N_0({}^{87}_{38}\text{Sr})}{N({}^{86}_{38}\text{Sr})} \text{ et } u = \frac{N({}^{87}_{37}\text{Rb})}{N({}^{86}_{38}\text{Sr})}$$

5.4.2- Détermination graphique de la valeur du coefficient a pour chacune des deux roches granitiques.

$$\text{on a } a = \frac{\Delta v}{\Delta u} \Rightarrow \begin{cases} \text{granite A: } a_A = \frac{0,95-0,72}{30-0} \Rightarrow a_A = 9,2 \cdot 10^{-3} \\ \text{Granite B: } a_B = \frac{0,85-0,72}{28-0} \Rightarrow a_B = 4,6 \cdot 10^{-3} \end{cases} \quad (2*0,25 \text{ pt})$$

5.4.3- l'âge approximatif de chacune des deux roches.

$$\text{En déduisons } \begin{cases} \text{granite A: } (e^{\lambda t_A} - 1) = a_A \\ \text{Granite B: } (e^{\lambda t_B} - 1) = a_B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_A = \frac{\ln(a_A+1)}{\lambda} \\ t_B = \frac{\ln(a_B+1)}{\lambda} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_A = 6,45 \cdot 10^8 \text{ années} \\ t_B = 3,23 \cdot 10^8 \text{ années} \end{cases} \quad (2*0,25 \text{ pt})$$

5.5. Explication

Le carbone 14 est utilisé pour dater des échantillons dont l'âge ne dépasse pas 50 000 années or

$$t_B = 3,23 \cdot 10^8 \text{ années : on ne pourra pas dater avec le carbone 14} \quad (0,5 \text{ pt})$$

Fin du corrigé