

**Exercice n°1 (7 points)**

On souhaite déterminer la constante de réaction de la réaction de l'acide acétique (couple  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}/\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ) avec l'eau à l'aide d'une mesure conductimétrique. On appelle constante de cellule  $k$  le rapport de la conductance  $G$  et de la conductivité de la solution  $\sigma$ . On peut donc écrire la relation:  $G=k\sigma$ . Dans les conditions de l'expérience, la constante de cellule vaut  $k=2,5 \cdot 10^{-3}\text{m}$ .

Dans un bécher, on verse un volume  $V_0=100\text{mL}$  d'une solution  $S_0$  d'acide acétique, de concentration molaire apportée  $c_0=1,00 \cdot 10^{-3}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . On immerge la cellule d'un conductimètre. Celui-ci mesure une conductance de valeur  $G=11,5\mu\text{S}$ .

On note  $\lambda$  la conductivité molaire ionique de l'ion oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\lambda'$  la conductivité molaire ionique de l'ion acétate  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ .

*Données:*

On rappelle l'expression de la conductivité  $\sigma$  en fonction des concentrations effectives des espèces ioniques  $X_i$  en solution :

$$\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$$

*Conductivités molaires ioniques à 25 °C (conditions de l'expérience):*

$$\lambda=3,5 \cdot 10^{-2}\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}; \lambda'=4,1 \cdot 10^{-3}\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}.$$

Dans cette solution, la faible concentration des ions  $\text{HO}^-$  rend négligeable leur participation à la conduction devant celle des autres ions.

I. La conductance de la solution est-elle changée si on modifie l'un des paramètres suivants en gardant les autres identiques:

1. la concentration apportée  $c_0$ ;
2. le volume  $V_0$  de la solution;
3. la température de la solution.

Pour chacun des paramètres, justifier la réponse.

II. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation entre l'acide acétique et l'eau.

III. Donner l'expression du quotient de réaction à l'équilibre  $Q_{r,\text{éq}}$  associé à l'équation précédente et en déduire une relation entre l'avancement final  $x_f$ ,  $Q_{r,\text{éq}}$ ,  $c_0$  et  $V_0$ .

IV. Donner l'expression de  $G$ , conductance de la solution et en déduire une relation entre  $G$  et l'avancement final  $x_f$ . Calculer la valeur de  $x_f$  en mol.

V. Calculer le taux d'avancement final. La transformation peut-elle être considérée comme totale?

VI. Constante de réaction

1. Calculer  $Q_{r,\text{éq}}$ .
2. En déduire la constante de réaction  $K$ .
3. La valeur de  $Q_{r,\text{éq}}$  est-elle modifiée si on utilise une solution plus diluée? Justifier.

**Exercice 2 Les applications technologiques de la radioactivité (7 points)****Document : Médecine et radioactivité**

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, d'énormes progrès ont été réalisés en médecine grâce à la radioactivité. La technique consiste à introduire dans l'organisme des substances radioactives appelées traceurs pour diagnostiquer (identifier la maladie) et soigner. Par exemple, on sait que les phosphonates

entrent dans le métabolisme\* osseux : si on injecte du phosphonate radiomarqué au «technétium 99», celui-ci se comporte comme un traceur.

Il participe au métabolisme de la même façon que le phosphonate naturel auquel il est mélangé et se répartit sur le squelette. Le rayonnement gamma émis traverse les tissus et peut donc être détecté à l'extérieur de l'organisme par une gamma caméra. Cette caméra permet d'obtenir des informations sous forme d'une image appelée la scintigraphie. Celle-ci pourra apporter des renseignements fonctionnels comme, par exemple, le degré de consolidation d'une fracture.

D'autres traceurs sont utilisés; citons : l'«iode 131», le «carbone 11», l'«azote 13», l'«oxygène 15». Ils sont choisis parce que leur activité décroît rapidement. La radioactivité est utilisée dans le traitement des tumeurs et des cancers : c'est la radiothérapie. Le principe consiste à bombarder une tumeur avec le rayonnement  $\beta^-$  émis par le «cobalt 60». Dans certains cas, il faut une source radioactive plus ionisante: on utilise un rayonnement de type alpha, plus massif que les autres. La découverte de la radioactivité a donné aux sciences, à la médecine et à l'industrie un élan qui, après un siècle, ne s'est pas ralenti.

\* Le métabolisme représente l'ensemble des transformations physiques et chimiques dans les tissus vivants.

### I. Questions préalables

1. Par quels nombres caractérise-t-on le noyau d'un atome?
2. Le «carbone 11» et le «carbone 12» sont deux isotopes. Qu'est-ce qui différencie les isotopes d'un même élément chimique?
3. L'«oxygène 15» est radioactif  $\beta^+$ . Écrire l'équation de la désintégration correspondante. On supposera que le noyau fils n'est pas émis dans un état excité.

*Extrait de la classification périodique:*



### II. À propos du texte

1. Dans le texte on parle de traceurs, quelle propriété commune présentent-ils?
2. Le texte donne une particularité des radioéléments utilisables en scintigraphie, laquelle?
3. Quelques types de rayonnement:
  - a. Dans le texte, il est question de radioactivité  $\beta^-$  et  $\alpha$ ; donner le nom et le symbole  ${}_Z^AX$  de chacune de ces particules.
  - b. Justifier à partir de la question précédente la phrase «un rayonnement de type alpha plus massif que les autres». Justifier.

### III. Scintigraphie

On injecte à un patient un échantillon d'« iode 131 » de temps de demi-vie égal à 8 jours environ.

1. Donner la définition du temps de demi-vie.
2. En vous aidant du tableau ci-dessous, justifier le choix de l'«iode 131» en scintigraphie.

	Activité $A_0$ (en Bq) au moment de l'injection	Activité $A_{400}$ (en Bq) 400 jours après l'injection
Traceur de demi-vie égale à 8 jours (Iode 131)	$2 \times 10^5$	$6 \times 10^{-3}$
Traceur de demi-vie égale à 80 jours	$2 \times 10^5$	6255

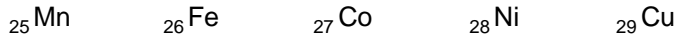
### IV. Radiothérapie

Le cobalt  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  est émetteur  $\beta^-$  de constante radioactive  $\lambda=4.10^{-9}\text{s}^{-1}$ .

1. Écrire l'équation de la désintégration du «cobalt 60». On supposera que le noyau fils est produit dans un état excité.

**Données :**

- Extrait de la classification périodique:



- Constante d'Avogadro:  $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .
- Masse molaire atomique du cobalt 60:  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

2. Un centre hospitalier reçoit un échantillon de «cobalt 60».

a. Déterminer le nombre  $N_0$  de noyaux contenus dans l'échantillon de  $1 \mu\text{g}$  à l'instant de sa réception dans l'établissement hospitalier.

b. Rappeler l'expression liant  $\Delta N$ ,  $\Delta t$ ,  $\lambda$  et  $N$  dans laquelle  $N$  représente le nombre de noyaux encore présents dans l'échantillon à l'instant de date  $t$ .

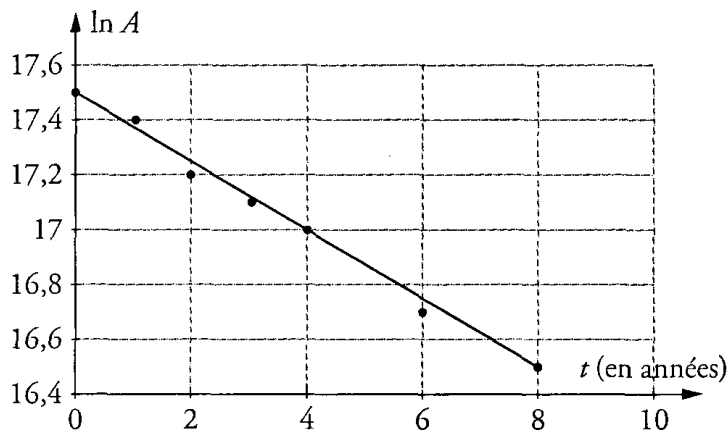
c. Donner l'expression donnant  $\Delta N$  en fonction de  $\Delta t$ ,  $\lambda$ ,  $N_0$  et  $t$ .

Le technicien du laboratoire est chargé de contrôler cette source, tous les ans, pendant 10 ans. À l'aide d'un compteur, il détermine le nombre de désintégrations  $\Delta N$  obtenues pendant une courte durée notée  $\Delta t = 1 \text{ s}$ . Ce nombre est appelé activités  $A$  définie par  $A = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}$ .

d. Montrer que l'activité  $A = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}$  peut se mettre sous la forme  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ .

Que vaut littéralement  $A_0$ ?

e. On trace à l'aide d'un logiciel approprié le graphe du logarithme de l'activité  $A$  en fonction du temps:  $\ln A = f(t)$ .



On rappelle que:  $\ln(ab) = \ln a + \ln b$ .

Exprimer  $\ln A$  en fonction de  $t$ ,  $\lambda$ , et  $A_0$ , activité initiale de l'échantillon à l'instant de sa réception.

f. Montrer que la forme de la courbe ci-dessus constitue une vérification expérimentale de l'expression trouvée précédemment.

g. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de désintégration radioactive  $\lambda$ , en  $\text{an}^{-1}$ .

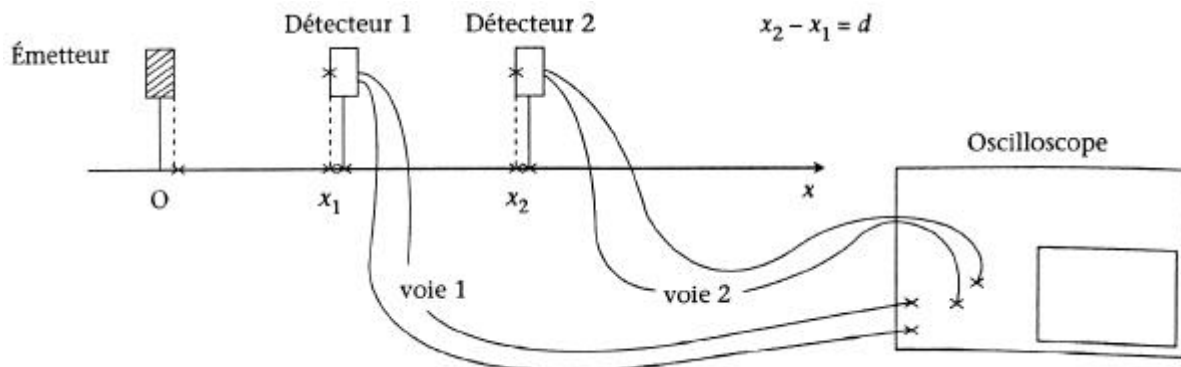
h. Donner la relation entre  $t_{1/2}$  et  $\lambda$ .

i. Calculer  $t_{1/2}$  en années. Dans les tables, on trouve  $t_{1/2} = 1,68 \cdot 10^8 \text{ s}$  pour le «cobalt 60». Commenter.

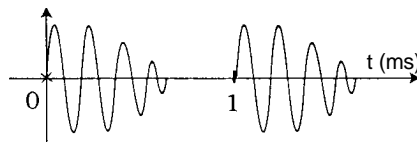
**Exercice 3 Ondes ultrasonores (6 points).** L'évolution ou la détérioration d'un matériau soumis à des sollicitations mécaniques, thermiques ou chimiques (humidité, corrosion, nucléaire...) peut être surveillée par utilisation d'ondes ultrasonores sans contact. De tels contrôles sont primordiaux dans les industries aérospatiale, nucléaire ou agroalimentaire; le contrôle non destructif par ultrasons permet en outre d'inspecter rapidement les structures sans démontage ni détérioration.

- 1.a. Donner la définition d'une onde.
  - b. Lorsqu'elles se propagent dans les matériaux, comment les ondes ultrasonores acquièrent-elles de l'information relative aux propriétés mécaniques ou à la présence de défauts?  
Citer un exemple d'influence sur la structure de l'onde.
  - c. Les ondes ultrasonores sont-elles perçues par l'homme? Sinon, quelle est la plage des fréquences des ondes audibles par l'homme? Qu'appelle-t-on «ultrasons»?
2. Les matériaux ou milieux à explorer peuvent être très divers: air, eau, pièces métalliques ou matériaux composites.
    - a. Quelle grandeur caractérisant la propagation des ondes est sensible à ce changement de rigidité (ou élasticité) du milieu?
    - b. Peut-on caractériser a priori l'évolution de cette grandeur lorsqu'on passe de l'air à l'eau, puis de l'eau à un solide?
  3. Les ondes ultrasonores sont émises par un «transducteur électrocapacitif», permettant de convertir un signal électrique en l'émission d'une surpression acoustique.
    - a. Citer un exemple de capteur quotidien sensible à la variation de pression.
    - b. Donner un argument soulignant la différence de comportement entre une onde et le déplacement d'un mobile solide.
  4. Application :

On dispose d'une source d'ultrasons émettant des salves, de deux détecteurs identiques et d'un oscilloscope à deux voies.



le signal reçu sur la voie 1 est représenté ci-dessous :



- a. Comment peut-on caractériser l'évolution temporelle du signal sur la voie 1?
- b. Représenter l'allure du signal observé sur la voie 2 de l'oscilloscope. On prendra la même origine des temps pour le balayage horizontal de l'oscilloscope.
- c. Une série d'acquisitions est réalisée pour une distance  $d$  croissante entre les deux détecteurs. On obtient le tableau de mesures suivant, où  $\tau$  désigne le retard entre l'arrivée des signaux sur les deux voies.

<b>d (cm)</b>	30	63	84	91	113	127	149
<b><math>\tau</math> (ms)</b>	0,88	1,80	2,46	2,63	3,30	3,74	4,38

Du tracé de la courbe représentative de  $d$  en fonction du retard  $\tau$ , donner une valeur pour la célérité des ondes sonores dans les conditions de l'expérience.

d. Pourquoi vaut-il mieux tracer  $d$  en fonction de  $\tau$  que  $\tau$  en fonction de  $d$ ?

#### 5. Cas d'ondes périodiques

On aligne les deux détecteurs, face à la source émettant une onde sinusoïdale (progressive) de fréquence  $f=40\text{kHz}$ .

L'acquisition se fait simultanément sur les deux détecteurs.

- a. Lorsque le retard  $\tau$  est égal à une période temporelle  $T$  de l'onde, quelle distance sépare alors les deux détecteurs?
- b. Quelle est la relation entre  $\lambda$  et  $T$ , où  $\lambda$  désigne la longueur d'onde de l'onde ultrasonore?
- c. Avec la valeur précédente de la célérité  $v$ , que vaut  $\lambda$ ?