## EXERCICE I. CHIMIE ET MOUVEMENT POUR UN PROJET SCIENTIFIQUE (5,5 points)

*Dans le cadre d'un atelier scientifique ayant pour thème « Espace et mouvement », trois élèves s'interrogent sur les expériences qu'ils vont effectuer pour étudier des mouvements rectilignes :*

*Élodie : – Nous devrions étudier un mouvement ascendant et un mouvement descendant.*
*Arthur : – J'ai une idée. Pour étudier le mouvement ascendant nous pourrions filmer le mouvement dans l'eau de bulles de gaz.*
*Charlotte : – Et si par exemple nous filmions le mouvement ascendant de bulles de dihydrogène produites par réaction de l'acide chlorhydrique avec le magnésium ?*
*Arthur : – Et ensuite, pour comparer, nous pourrions filmer le mouvement d'une bille métallique lâchée dans l'air.*

*À l'aide d'une caméra reliée à un ordinateur, les élèves filment la transformation chimique entre l'acide chlorhydrique et le magnésium produisant du dihydrogène. Le schéma de l'expérience est reproduit ci-dessous (figure 1).*

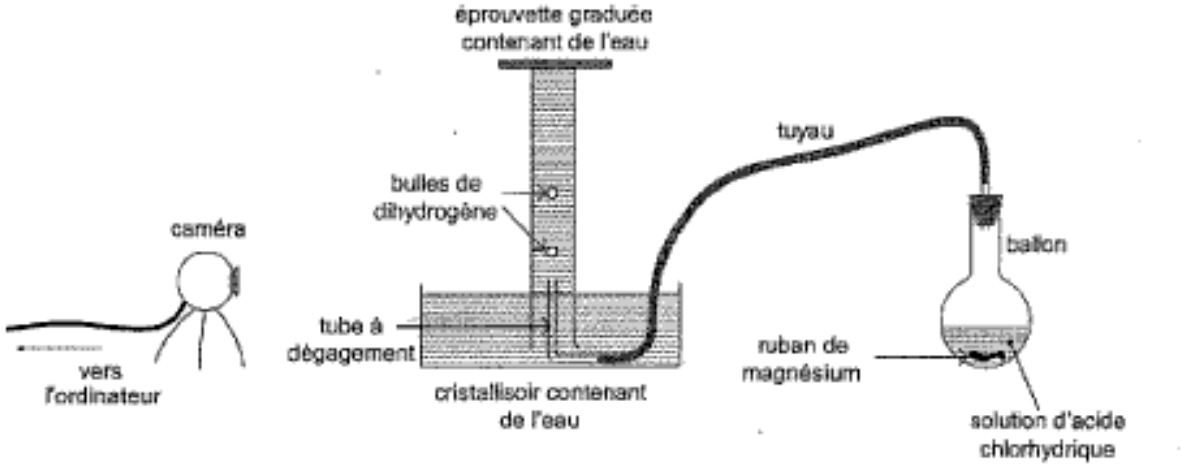



**Figure 1**

**Les parties 1. , 2. et 3. sont indépendantes.**

### 1. Étude de la transformation chimique

*À l'instant de date $t = 0$ s, le ruban de magnésium est mis en contact avec la solution d'acide chlorhydrique.*
*Les données nécessaires à la résolution de cette partie sont rassemblées dans le tableau suivant :*

| *Solution d'acide chlorhydrique* | *Magnésium* |
|---|---|
| *Concentration : 0,50 mol.L$^{-1}$*<br>*Volume : 40 mL* | *Masse du ruban : 0,12 g*<br>*Masse molaire : 24 g.mol$^{-1}$* |
| *Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m$ = 24 L.mol$^{-1}$* | |

*L'équation de la réaction associée à la transformation chimique qui a lieu dans le ballon s'écrit :*

$$Mg\,(s) + 2\,H^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + H_2\,(g)$$

1.1. Identifier les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette équation.

1.2. À partir des quantités de matière de réactifs introduites à l'instant de date $t = 0$ s, montrer que l'avancement maximal est $x_{max} = 5{,}0 \times 10^{-3}$ mol (on pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique).

1.3. *La figure 2 de l'**ANNEXE PAGE 13**, représente la variation de la valeur du volume de dihydrogène dégagé au cours du temps.*
Déterminer graphiquement la valeur du volume de dihydrogène à l'état final et en déduire l'avancement final $x_f$ de la réaction.

1.4. La transformation est-elle totale ? Justifier.

1.5. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître sur la figure 2 de l'**ANNEXE PAGE 13**.

1.6. *Afin de mieux suivre le mouvement ascendant des bulles de dihydrogène dans l'éprouvette graduée, on souhaite augmenter le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.* Proposer une méthode pour arriver à ce résultat.

**2. Étude du mouvement ascendant d'une bulle de dihydrogène**

*Après avoir purgé le dispositif pour chasser l'air, on surmonte le tube à dégagement d'une éprouvette graduée contenant de l'eau. Le film vidéo obtenu à la fin de l'expérience représentée figure 1 page 2 est analysé à l'aide d'un logiciel de pointage.*
*On choisit une nouvelle origine des dates à l'aide du logiciel.*
*On peut donc suivre, image par image, la position du centre d'inertie $G_i$ à l'instant de date $t_i$ d'une bulle de dihydrogène au cours de son ascension dans l'éprouvette graduée.*
*Le mouvement de la bulle s'effectue selon la direction verticale d'axe Oz, orienté vers le haut.*
*On néglige les variations de pression dans l'éprouvette. Le dihydrogène est pratiquement insoluble dans l'eau : on peut donc considérer le volume d'une bulle comme constant.*




*Données et notations :*

- *bulle de dihydrogène*
  - *volume d'une bulle : $V_b$*
  - *masse volumique du dihydrogène dans les conditions de l'expérience : $\rho = 0{,}083\ kg.m^{-3}$*
- *masse volumique de l'eau dans les conditions de l'expérience : $\rho_0 = 1{,}0 \times 10^3\ kg.m^{-3}$*
- *intensité de la pesanteur : g*

**2.1. Évolution de la vitesse au cours du temps**

*Les mesures successives de la coordonnée z(t) sont exploitées à l'aide d'un tableur-grapheur.*
*On obtient la courbe de la figure 3 ci-dessous représentant l'évolution de la valeur de la vitesse v en fonction du temps. R1 et R2 désignent les deux régimes successifs observés lors du mouvement.*

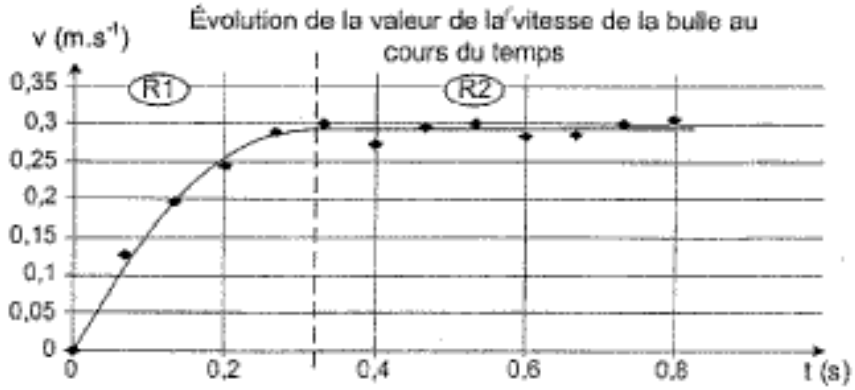



Figure 3

2.1.1. Quel nom donne-t-on au régime R2 ?
2.1.2. Déterminer graphiquement la valeur $v_{lim}$ de la vitesse limite.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

### 2.2. Bilan des forces

2.2.1. Donner l'expression de la valeur $\pi$ de la poussée d'Archimède, due à l'immersion de la bulle dans l'eau, en utilisant les notations des données.

2.2.2. *P désigne la valeur du poids de la bulle.*

Déduire du rapport $\frac{P}{\pi}$, exprimé en fonction de $\rho$ et de $\rho_0$, que l'on peut négliger le poids de la bulle devant la poussée d'Archimède.

*Lors du mouvement de la bulle de dihydrogène, on ne considère donc que deux forces :*

- *la poussée d'Archimède notée* $\vec{\pi}$
- *une force de frottement fluide, notée* $\vec{f}$, *de même direction et de sens opposé au vecteur vitesse* $\vec{v}$ *et dont la valeur augmente avec la vitesse.*

2.2.3. Parmi les trois représentations suivantes (figure 4) des forces exercées sur la bulle pendant le régime R1, choisir celle qui est correcte. Justifier.

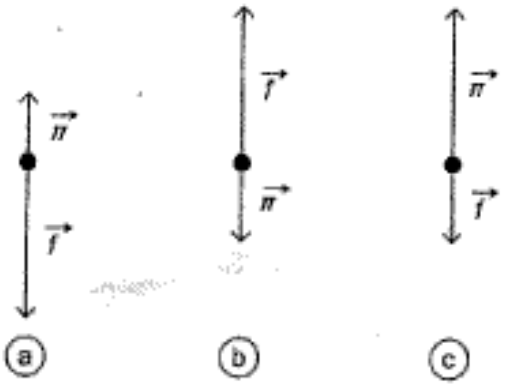



**Figure 4**

2.2.4. Que peut-on dire de ces forces lorsque le régime R2 est atteint ? Justifier.

### 3. Étude du mouvement vertical d'une bille d'acier dans l'air

*Les élèves étudient le mouvement vertical du centre d'inertie G d'une bille d'acier de masse m dans l'air. Les frottements ainsi que la poussée d'Archimède peuvent être négligés lors de ce mouvement.*
*Le repère d'étude choisi est l'axe Oy vertical descendant.*
*À l'instant de date t = 0 s, le vecteur vitesse initiale* $\vec{v_0}$ *est tel que* $\vec{v_0} = v_{0y}\vec{j}$,

$v_{0y}$ étant une valeur algébrique.




3.1. Quel nom donne-t-on à ce type de mouvement ?

3.2. En appliquant la deuxième loi de Newton à la bille, établir l'expression de la coordonnée $v_y(t)$ du vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille.

3.3. Parmi les courbes (figure 5) pouvant représenter $v_y(t)$, choisir celle qui correspond à chacune des conditions initiales proposées ci-dessous. Justifier.

Conditions initiales :
a) La bille est lâchée sans vitesse initiale
b) La bille est lancée verticalement vers le haut
c) La bille est lancée verticalement vers le bas

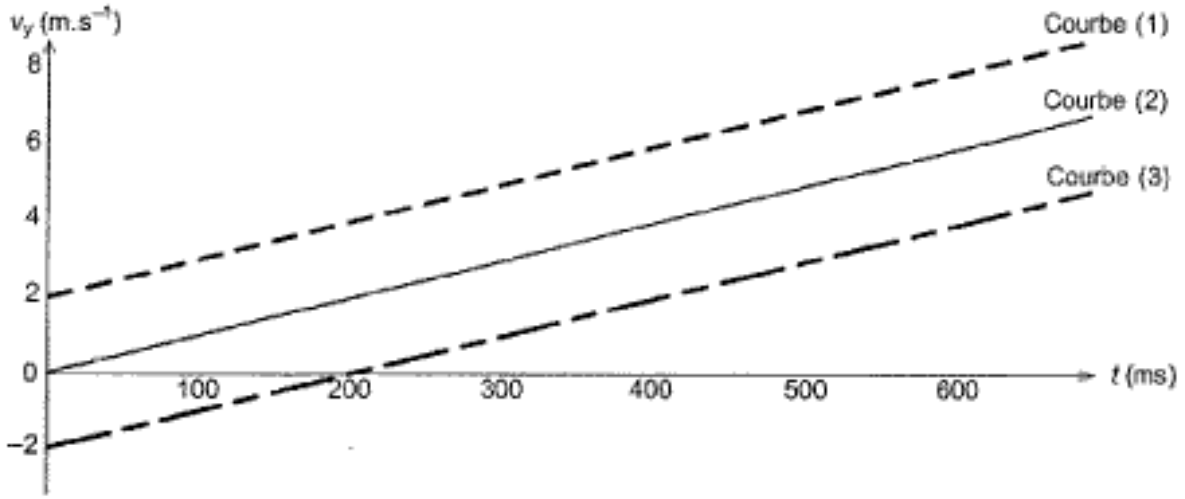



**Figure 5**

**4. La présentation orale du projet scientifique**

*Lors de la présentation orale, l'un des spectateurs pose la question suivante :*
*« Vous avez étudié la chute d'une bille. Pourriez-vous décrire la chute de deux objets, l'un étant beaucoup plus lourd que l'autre, dans un tube dans lequel on a préalablement fait le vide ? ».*
*Arthur : — l'objet lourd tombera plus vite que l'objet léger.*

Que pensez-vous de la réponse d'Arthur ?

## EXERCICE II. RADIOACTIVITÉ TELLURIQUE (6,5 points)

***Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.***

### 1. Le compteur Geiger Müller

*Le tube compteur Geiger Müller, mis au point en 1928, est aujourd'hui encore un appareil indispensable pour la mise en évidence d'un rayonnement radioactif.*

*Il est constitué d'un tube cylindrique rempli d'argon sous faible pression, dans lequel un fil conducteur est tendu le long de son axe (le schéma est représenté sur la figure 6a).*

*Une tension U de quelques centaines de volts est appliquée en permanence entre la paroi cylindrique du tube, qui sert de cathode, et le fil, qui joue le rôle de l'anode via un conducteur ohmique de résistance R.*

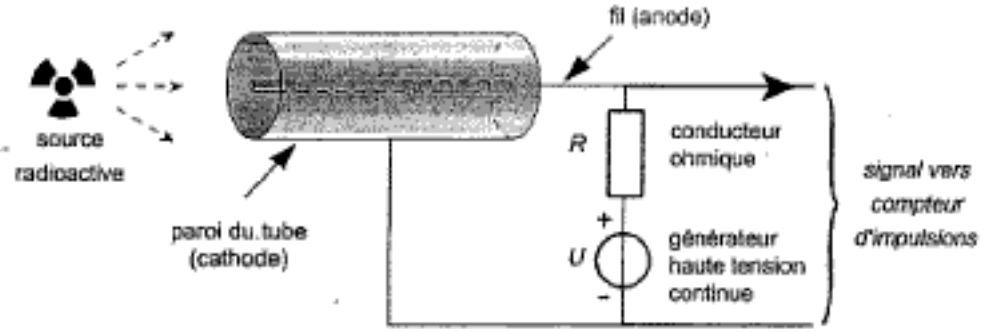



**Figure 6a**

1.1. Circuit RC

*Le tube constitué de la paroi extérieure et du fil central, rempli d'argon, soumis à la tension U = 500 V, forme un condensateur de forme cylindrique, de faible capacité C = 1,0×10$^{-11}$ F. L'association du tube et du conducteur ohmique constitue donc un circuit RC série schématisé sur la figure 6b ci-dessous. Par souci de simplification, le tube est modélisé par un condensateur plan.*

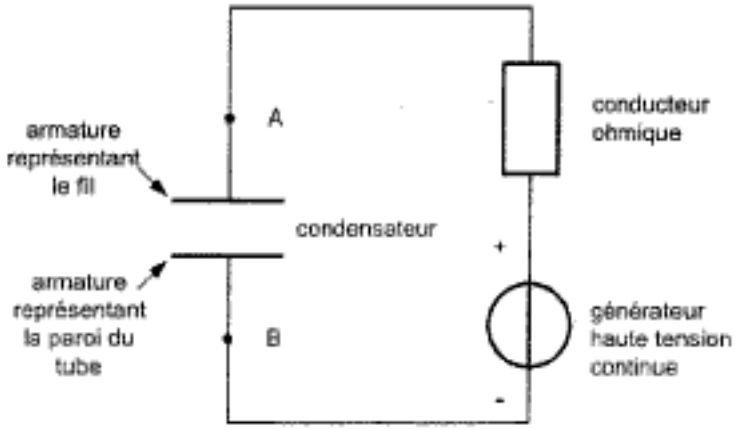



**Figure 6b**

1.1.1. Sur le schéma électrique du circuit reproduit en ***ANNEXE PAGE 13***, représenter la flèche tension $u_c$ aux bornes du condensateur en respectant la convention récepteur, $q$ désignant la charge du condensateur.

1.1.2. Rappeler l'expression de l'intensité $i$ du courant électrique en fonction de la charge $q$. En déduire la valeur de l'intensité $I$ du courant, une fois que le condensateur a atteint sa charge maximale $Q$. Justifier.

1.1.3. Calculer la valeur de la charge $Q$ du condensateur dans ces conditions.

1.1.4. En raisonnant sur le schéma simplifié de ***l'ANNEXE PAGE 13***, indiquer par des signes (+) et (–), la répartition des charges sur les armatures du condensateur lorsqu'il est chargé.

1.2. Impulsion de décharge

*Dans le tube, une particule émise par désintégration radioactive ionise des atomes d'argon sur sa trajectoire. Chaque atome ionisé donne naissance à deux particules : un ion argon et un électron. Les ions positifs dérivent vers la paroi du tube. Les électrons sont accélérés vers le fil et provoquent par collisions successives d'autres ionisations. Il en résulte alors une brève diminution de tension entre les électrodes du tube, appelée « impulsion de décharge ». Un compteur enregistre le nombre d'impulsions relevées pendant une durée de comptage donnée.*

1.2.1. *La durée moyenne d'une impulsion de décharge consécutive à la détection d'une particule est $\Delta t = 0{,}10$ ms. Pour un bon fonctionnement du compteur Geiger Müller, la valeur de la constante de temps $\tau$ du circuit RC vérifie la condition : $\tau = 2\Delta t$.*
Calculer la valeur de la résistance $R$.

1.2.2. Montrer que la charge de l'anode diminue pendant la traversée de la particule.

1.2.3. Expliquer l'affirmation du texte : « *Il en résulte alors une brève diminution de tension entre les électrodes du tube* ».

1.2.4. *Pour modéliser le phénomène, on considère que le passage de la particule dans le tube engendre N électrons et N ions argon.*
Montrer que la diminution de tension entre les bornes du condensateur est :

$$\Delta u_c = -\frac{N.e}{C} \qquad \text{avec } e \text{ : charge élémentaire.}$$

## 2. Le Radon « pollueur » des sous-sols

*Les roches de l'écorce terrestre renferment de l'uranium 238 radioactif. Après plusieurs désintégrations successives, il se forme du radon 222, principal responsable de la radioactivité dite tellurique. Ce radon s'échappe, à l'état gazeux, des roches et s'infiltre dans les fissures des fondations des bâtiments et s'accumule dans les locaux non ventilés.*

2.1. Famille de l'uranium 238

*Les descendants du radon 222 appartiennent à la famille décrite dans la figure 7 ci-dessous : chaque flèche pleine désigne une désintégration, les flèches en pointillés représentent une succession de désintégrations.*

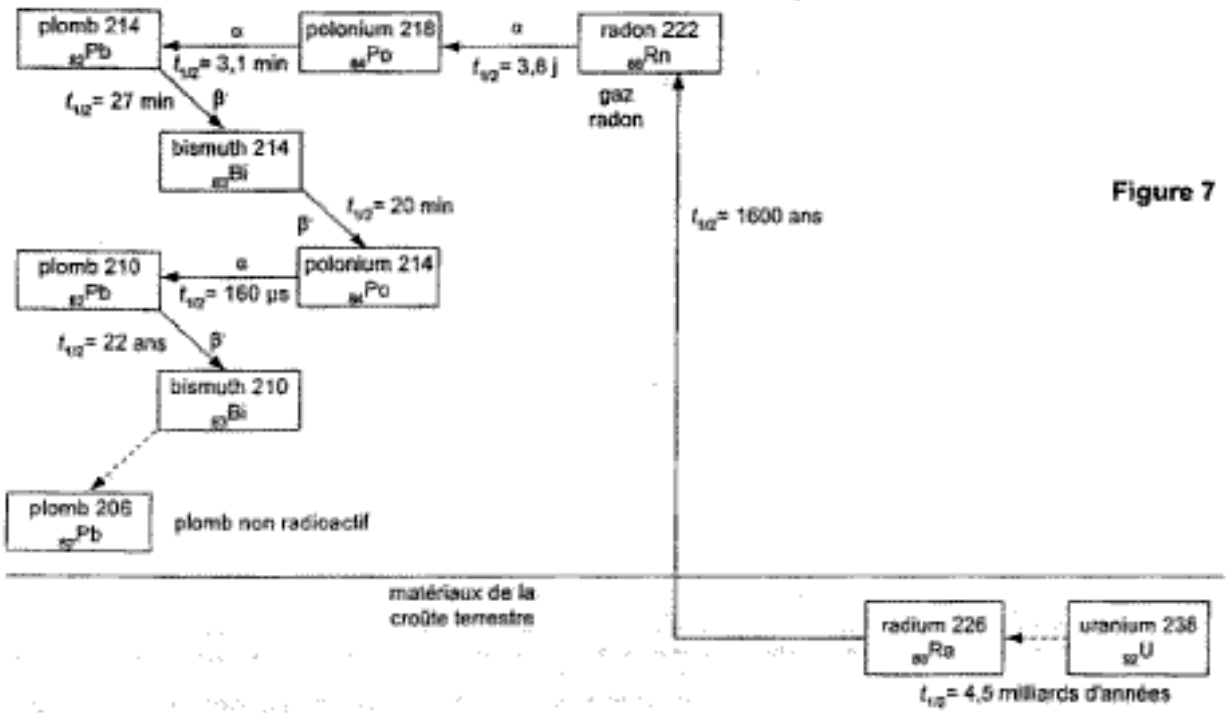



**Figure 7**



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1.1. Indiquer la composition du noyau de radon 222.
2.1.2. Que peut-on dire des noyaux représentés sur une même verticale de la figure 7 page 7 ? Justifier.
2.1.3. Écrire l'équation de désintégration du radon 222 et celle du plomb 214.
2.1.4. Quel est le nom et la signification de la grandeur $t_{1/2}$ reportée sur la flèche de désintégration de chaque noyau de la figure 7 page 7 ? Donner sa valeur pour le polonium 218.

2.2. Détection par le compteur

*Un aspirateur muni d'un filtre permet de récupérer des poussières de l'air ambiant. On étudie alors l'évolution temporelle de la radioactivité de ces poussières à l'aide d'un compteur Geiger Müller. L'activité mesurée est celle des noyaux descendants du radon 222, fixés sur des microparticules piégées dans le filtre.*

*L'objectif de cette partie est de montrer que deux noyaux descendants de la famille de l'uranium 238 sont principalement détectés par le compteur Geiger Müller.*

2.2.1. *On transporte le filtre et on le dépose dans le détecteur une dizaine de minutes après l'aspiration.*
Par combien est approximativement divisé le nombre de noyaux de polonium 218 entre la fin de l'aspiration et le début des mesures dans le détecteur : par 2, 4, 6 ou 8 ? Justifier.
2.2.2. *On admet que l'activité du polonium 218 dans le local aspiré, proportionnelle au nombre de noyaux $^{218}Po$, est comparable à celle des autres noyaux.*
En déduire que la contribution du polonium 218 à la radioactivité de l'échantillon introduit plus tard dans le détecteur peut être négligée.
2.2.3. *Ayant pris soin de ne pas soulever les poussières déposées depuis très longtemps dans le local où l'air ambiant est aspiré, on admettra que le plomb 210 ne participe pas à la radioactivité de l'échantillon recueilli, ni ses descendants.*
En conclusion, quels sont les seuls noyaux radioactifs émetteurs $\beta^-$ qui contribuent à l'activité mesurée par le détecteur ?

**3. Évolution temporelle**

*On se propose d'étudier l'évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs de plomb 214.*

3.1. Loi de décroissance

3.1.1. Rappeler l'expression mathématique de l'évolution temporelle du nombre de noyaux $N$ d'une population de noyaux de constante radioactive $\lambda$.

3.1.2. *On rappelle que le nombre de désintégrations par seconde d'une population de noyaux radioactifs est définie par l'activité A (en becquerels Bq) :* $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$.

En déduire que la relation entre activité et nombre de noyaux est : $A(t) = +\lambda N(t)$.

3.1.3. En utilisant la figure 8 page 9, comparer graphiquement et sans calcul l'activité de la population de plomb 214 aux instants de dates $t_1$ = 25 min et $t_2$ = 50 min. Justifier la réponse.

3.1.4. En utilisant la figure 8 page 9, comparer graphiquement et sans calcul l'activité de $\frac{N_0}{2}$ noyaux de plomb 214 à celle du même nombre de noyaux de bismuth 214. En déduire lequel des deux radioéléments a la constante radioactive la plus grande.

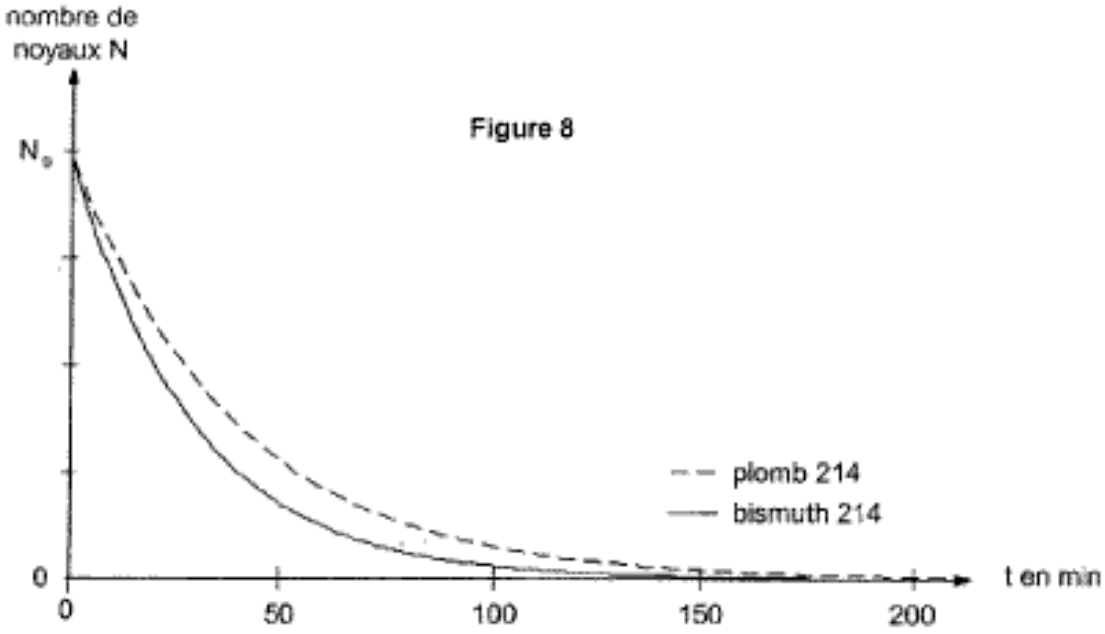



Figure 8

3.2. *Le descendant (noyau fils) du noyau de plomb 214 est le noyau de bismuth 214, lui même émetteur $\beta^-$.*
*On a tracé sur la figure 9 ci-dessous les courbes représentant l'évolution temporelle des nombres de noyaux d'un même échantillon renfermant à la fois des noyaux de plomb 214 et les noyaux fils de bismuth 214 descendants des noyaux de plomb qui se désintègrent.*

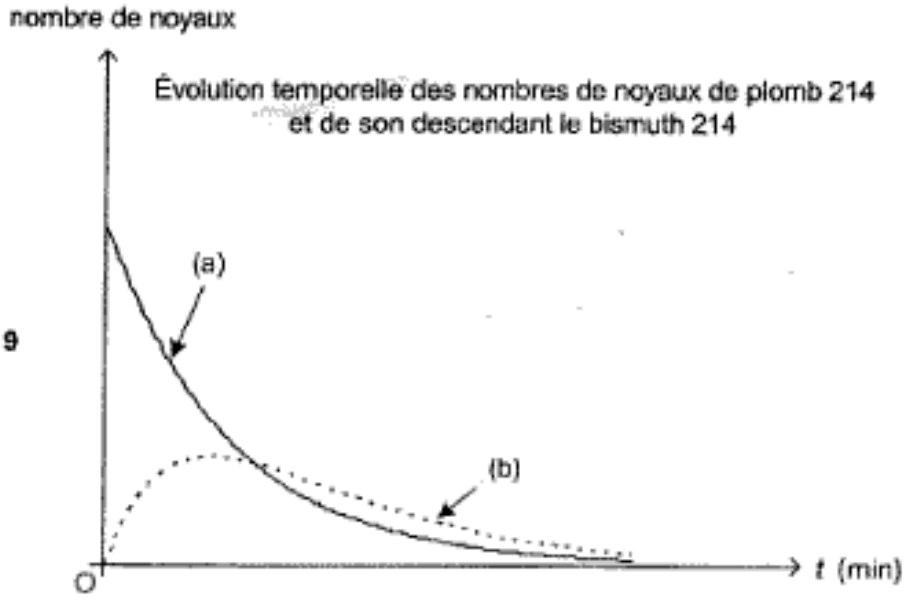



Figure 9

3.2.1. Identifier les deux noyaux (plomb 214 et bismuth 214) correspondant à chacune des deux courbes (a) et (b) figure 9. Justifier ce choix en décrivant qualitativement l'évolution temporelle de la courbe (b).
3.2.2. Indiquer, en justifiant la réponse, quelle est l'équation différentielle qui régit dans ces conditions l'évolution temporelle du nombre de noyaux de bismuth 214.

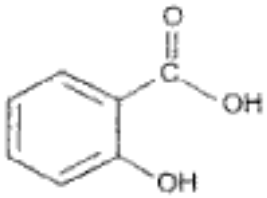
(1) $\frac{dN_{Bi}}{dt} = -\lambda_{Bi}.N_{Bi}$ (2) $\frac{dN_{Bi}}{dt} = +\lambda_{Pb}.N_{Pb} - \lambda_{Bi}.N_{Bi}$ (3) $\frac{dN_{Bi}}{dt} = -\lambda_{Pb}.N_{Pb}$

## EXERCICE III. ASPIRINE DE SYNTHÈSE (4 points)

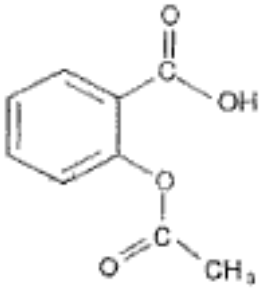
*En 1825, un pharmacien italien, Francesco Fontana, isole le « principe actif » de l'écorce de saule et le baptise salicine. Par la suite, la salicine donnera de l'acide salicylique, plus efficace, puis un procédé de synthèse à partir de l'acide salicylique produira l'acide acétylsalicylique. C'est la naissance de l'aspirine mise sur le marché en 1899.*

*Données :*
*Formules chimiques :*

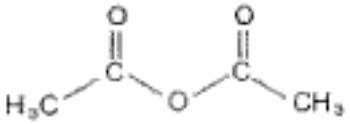
*Acide salicylique*



*Acide acétylsalicylique*



*Anhydride éthanoïque*



*Masses molaires : M(acide salicylique) = 138 g.mol$^{-1}$ ; M(anhydride éthanoïque) = 102 g.mol$^{-1}$ ; M(acide acétylsalicylique ) = 180 g.mol$^{-1}$.*
*Masse volumique de l'anhydride éthanoïque : $\mu = 1{,}08 \times 10^{3}$ kg.m$^{-3}$.*
*pKa du couple acide acétylsalicylique / ion acétylsalicylate : 3,5 à la température de l'expérience.*
*L'acide acétylsalicylique est très peu soluble dans l'eau.*

### 1. Nécessité de l'aspirine de synthèse

*Chaque année, environ quarante mille tonnes d'aspirine sont consommées à travers le monde. Un saule nécessite une superficie de terre d'environ 20 m$^2$ pour son développement et pourrait fournir 2,6 kg d'aspirine. À titre d'exemple, la superficie de la ville de Paris couvre 10 500 hectares.*

Sur quelle surface de terre exprimée en hectares (1 ha = 10 000 m$^2$) devrait-on abattre des saules, chaque année, pour produire l'aspirine uniquement à partir des saules ? Le résultat confirme-t-il la nécessité de synthétiser l'aspirine ?

Aide aux calculs : $\frac{40}{2{,}6} = 15$ ; $40 \times 2{,}6 = 104$

### 2. Synthèse de l'aspirine en laboratoire

*On réalise la synthèse de l'aspirine à partir de l'anhydride éthanoïque et de l'acide salicylique. Les produits de la transformation sont l'aspirine et l'acide éthanoïque.*

2.1. Sur le schéma de la molécule d'acide acétylsalicylique, donné en ***ANNEXE PAGE 14,*** nommer les groupes caractéristiques entourés.

2.2. *Les étapes du protocole de la synthèse de l'aspirine sont données en désordre ci-dessous :*

***Étape A*** – *Ajouter de l'eau froide dans le milieu réactionnel.*
***Étape B*** – *Réaliser un montage de chauffage à reflux et chauffer pendant une vingtaine de minutes.*
***Étape C*** – *Les cristaux récupérés sont impurs. Les purifier par recristallisation. Filtrer de nouveau sur büchner et peser les cristaux récupérés.*
***Étape D*** – *Introduire dans un ballon 5,0 g d'acide salicylique, 10 mL d'anhydride éthanoïque et quelques gouttes d'acide sulfurique.*
***Étape E*** – *Filtrer sur büchner le mélange obtenu et récupérer les cristaux d'aspirine.*

Indiquer l'ordre des étapes qu'il faut mener pour réaliser la synthèse de l'aspirine au laboratoire de chimie.

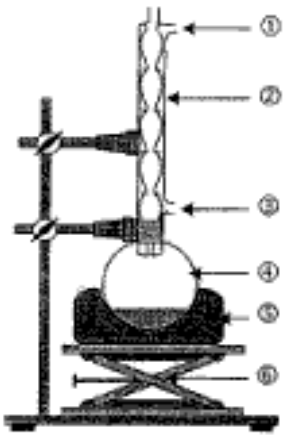


Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 12
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.3. Par quel autre composé aurait-on pu remplacer l'anhydride éthanoïque ? Quel(s) avantages(s) apporte l'utilisation de l'anhydride éthanoïque ?

2.4. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

2.5. *Le montage du chauffage à reflux est schématisé ci-dessous.* Nommer sur la copie les points du montage numérotés de ① à ⑥. Quel est l'intérêt du montage à reflux ?




*2.6. Lors d'une séance de Travaux Pratiques, un groupe d'élèves applique le protocole ci-dessus. Il étudie l'évolution du système chimique à l'aide du tableau fourni en* ***ANNEXE PAGE 14.***

2.6.1 Vérifier que l'anhydride éthanoïque est en excès au début de la transformation.

Aide aux calculs : $\frac{5}{138} = 0{,}036$ ; $\frac{10{,}8}{102} = 0{,}11$ ; $5 \times 138 = 690$ ; $\frac{102}{10{,}8} = 9{,}44$

2.6.2 *La masse de cristaux d'aspirine obtenue est de 6,0 g.*
Compléter et utiliser le tableau d'avancement fourni en **ANNEXE PAGE 14** pour déterminer le rendement de la transformation.

Aide aux calculs : $\frac{6}{180} = 0{,}033$ ; $\frac{36}{33} = 1{,}1$ ; $\frac{33}{36} = 0{,}92$

**3. Mise en solution d'un comprimé d'aspirine simple**

*Les médicaments à base d'aspirine se présentent actuellement sous diverses formulations : comprimés, poudre, comprimés effervescents ...*
*On notera, dans cette partie, l'acide acétylsalicylique AH et l'ion acétylsalicylate $A^-$.*

3.1. *On dissout un comprimé contenant 500 mg d'aspirine simple dans de l'eau distillée de façon à obtenir un volume $V_S$ de 200 mL de solution S.*
*L'acide acétylsalicylique AH réagit avec l'eau.*
Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation.

3.2. Calculer la concentration molaire $c_S$ en soluté apporté de la solution S.

Aide aux calculs : $\frac{2{,}5}{180} = 1{,}4 \times 10^{-2}$ ; $2{,}5 \times 180 = 4{,}5 \times 10^{-2}$

3.3. *Le pH de l'estomac d'un individu est d'environ 2.*

3.3.1. Tracer le diagramme de prédominance des espèces chimiques du couple AH / $A^-$.

3.3.2. Sous quelle forme, AH ou $A^-$, l'organisme de cet individu assimile-t-il l'aspirine dans l'estomac ?



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

## ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

## ANNEXE DE L'EXERCICE I

**Questions 1.3. et 1.5.**

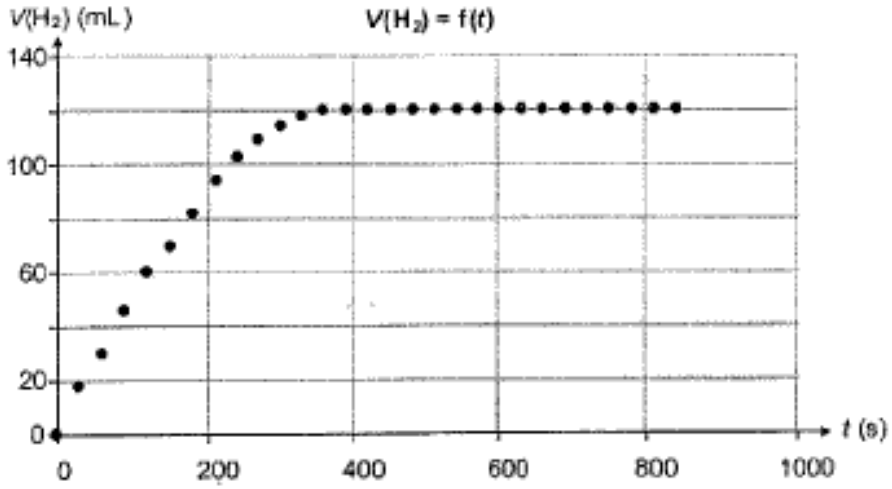
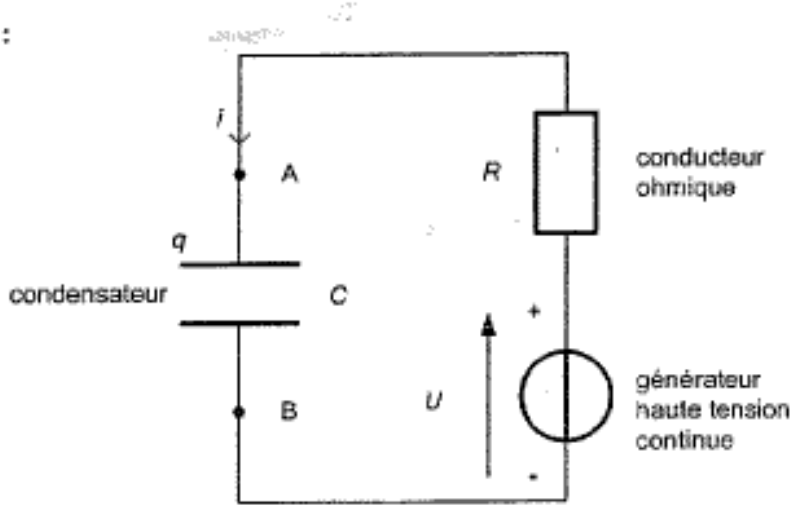



**Figure 2**

## ANNEXE DE L'EXERCICE II

**Question 1.1.1. :**

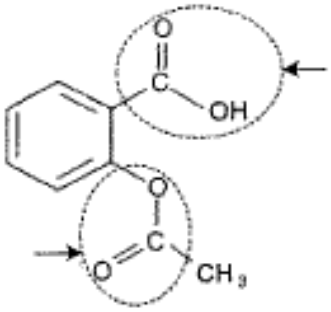


## ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

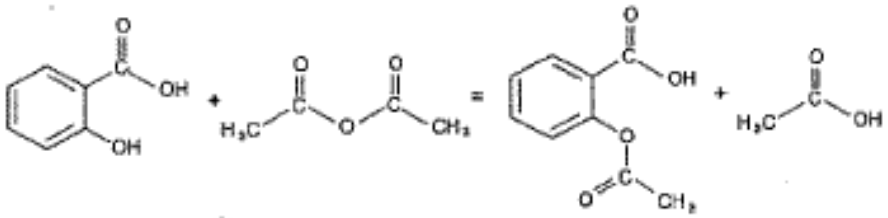
## ANNEXE DE L'EXERCICE III

**Question 2.1.**

*Acide acétylsalicylique :*



**Question 2.6.2.**
**Tableau à compléter :**

| Équation chimique : |  | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Avancement | Quantités de matière (en mol) | | |
| Etat initial | 0 | | | |
| Etat intermédiaire | $x$ | | | |
| Etat final | $x_f$ | | | |