

**SESSION 2019**

# **BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**

**PHYSIQUE-CHIMIE**

**Sciences et Technologies de Laboratoire**

**Spécialité Biotechnologies**

**Temps alloué : 3 heures**

**Coefficient : 4**

**L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.**

**Ce sujet comporte 14 pages.**

## LE TRAITEMENT DES DÉCHETS

La gestion des déchets comporte plusieurs étapes : collecte chez le particulier, transport, traitement puis réutilisation ou élimination.

L'élimination des déchets peut se faire majoritairement sous deux formes, l'incinération ou la fermentation, qui permettent de récupérer de l'énergie à partir des déchets.

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets qui permet de réintroduire dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui composaient un produit en fin de vie.

Le sujet comporte 3 parties indépendantes, à traiter.

Partie A : valorisation énergétique des déchets (8 points)

Partie B : recyclage des piles et des accumulateurs (6,5 points)

Partie C : traitement des déchets radioactifs produits par les hôpitaux (5,5 points)



## Partie A : valorisation énergétique des déchets (8 points)

Le chauffage urbain de la ville de Nîmes fournit de l'eau chaude pour le chauffage et pour les sanitaires au centre hospitalier universitaire, à plusieurs écoles, collèges, lycées mais aussi à des habitations de certains quartiers de la ville.

Le 2 mars 2015, la ville de Nîmes a inauguré sa nouvelle chaufferie, plus économique et plus écologique. Elle est en effet raccordée à l'incinérateur d'ordures ménagères afin de récupérer l'énergie produite par la combustion des déchets. Cette énergie couvre 56% des besoins énergétiques du chauffage urbain, les 44% restants étant obtenus à partir du gaz de ville.

Grâce à cette énergie de récupération, ce sont plus de 16 000 tonnes de CO<sub>2</sub> chaque année qui ne seront pas rejetées dans l'atmosphère.

Le but de cette partie est de déterminer l'énergie récupérée grâce à la valorisation énergétique des déchets.

### A.1 Composition et combustion du gaz de ville

A.1.1 Le gaz de ville (ou gaz naturel) utilisé par la ville de Nîmes provient majoritairement de Russie. En vous aidant du document A1 page 4, donner le nom de l'alcane composant de manière très majoritaire ce gaz naturel. Par la suite, nous ferons l'approximation que le gaz naturel est composé uniquement de cet alcane.

A.1.2 Écrire l'équation de la réaction modélisant la combustion complète du méthane CH<sub>4</sub> dans le dioxygène de l'air O<sub>2(g)</sub>. On rappelle qu'il y a formation de dioxyde de carbone gazeux CO<sub>2(g)</sub> et de vapeur d'eau H<sub>2O(g)</sub>.

### A.2 Détermination expérimentale du pouvoir calorifique du méthane

Le but de cette partie est de déterminer le pouvoir calorifique du méthane. Pour cela on réalise l'expérience décrite dans le document A2 page 5.

#### A.2.1 Détermination de la quantité de matière de méthane brûlée.

A.2.1.1 Le débit volumique du bec Bunsen est  $Q_V = 5 \times 10^{-3} \text{ L.s}^{-1}$ .

La manipulation a duré une minute. Quel volume de méthane a été brûlé durant la manipulation ?

A.2.1.2 Dans les conditions de l'expérience le volume molaire est  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$ .

En déduire la quantité de matière de méthane brûlé.

#### A.2.2 Détermination de l'énergie libérée.

On fera l'approximation dans cette partie que toute l'énergie libérée par la combustion du méthane a servi à chauffer l'eau contenue dans la canette.

A.2.2.1 Déterminer l'énergie reçue par l'eau au cours de la manipulation.

On rappelle que l'énergie reçue par une masse  $m_{\text{eau}}$  d'eau (en kg) passant d'une température  $\theta_i$  à  $\theta_f$  sans changement d'état est donnée par la relation :

$$Q_{\text{eau}} = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_i).$$

On donne la capacité thermique massique de l'eau liquide  $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ .

A.2.2.2 En déduire l'énergie cédée par la combustion du méthane.

A.2.2.3 Exprimer cette énergie en kWh. On donne :  $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$ .

A.2.2.4 En déduire la valeur de l'énergie libérée par la combustion de  $1 \text{ m}^3$  de méthane. Cette valeur correspond au Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) expérimental.

A.2.2.5 Le PCS fourni dans le document A1 de la page 4, est égal à  $10,8 \text{ kWh.m}^{-3}$ .

Déterminer l'écart relatif  $\varepsilon$  :

$$\varepsilon (\%) = \left| \frac{\text{valeur expérimentale} - \text{valeur de référence}}{\text{valeur de référence}} \right| \times 100$$

A.2.2.6 Proposer deux explications pour justifier l'écart entre la valeur de référence et la valeur expérimentale.

### **A.3 Détermination de l'énergie produite par l'incinérateur d'ordures ménagères et récupérée par la nouvelle chaufferie**

La nouvelle chaufferie permet d'économiser 16 000 tonnes de  $\text{CO}_2$  par rapport à une chaufferie ne consommant que du méthane, car elle utilise une partie de l'énergie produite par l'incinérateur d'ordures ménagères situé à proximité.

A.3.1 Calculer la masse molaire de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ .

$M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  et  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

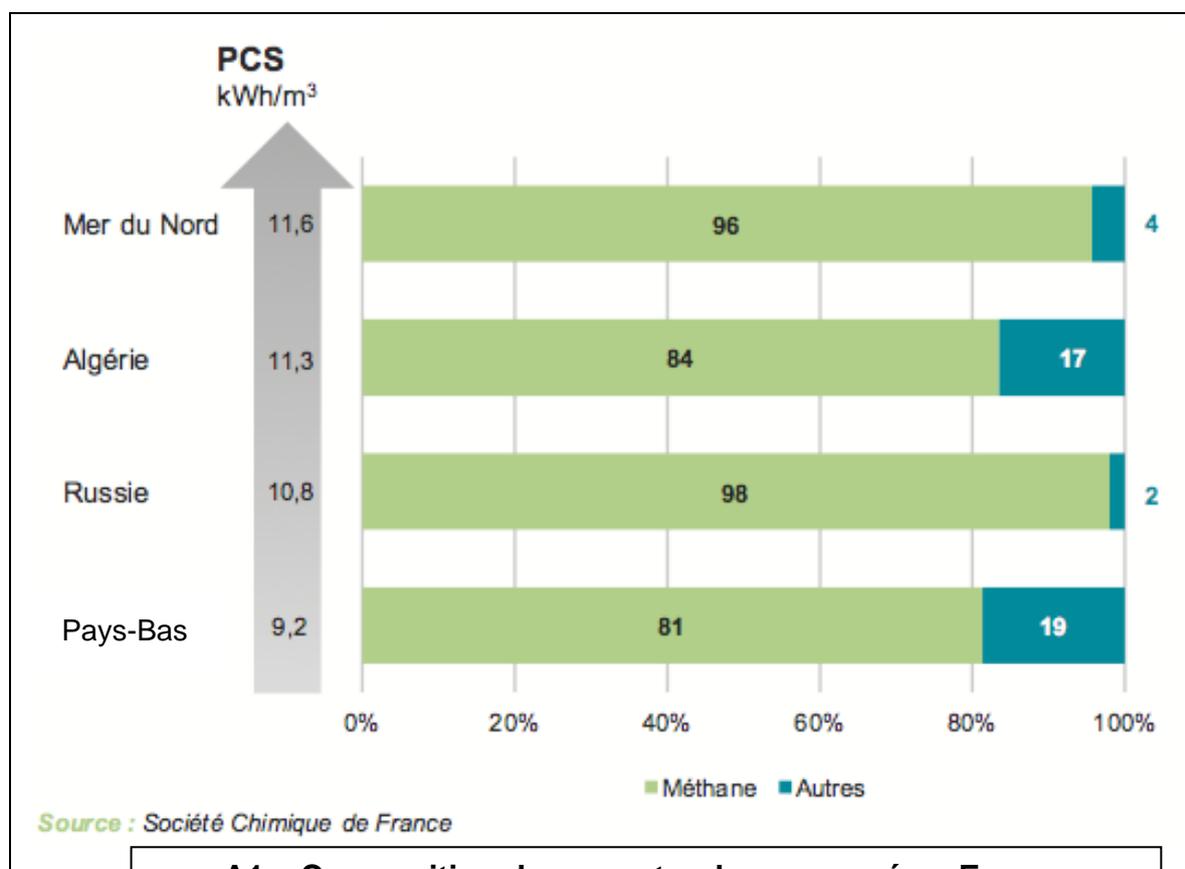
A.3.2 En déduire la quantité de matière  $n$  de  $\text{CO}_2$  correspondant à  $16 \times 10^3$  tonnes.

A.3.3 Par le raisonnement de votre choix, montrer que cette quantité de matière de  $\text{CO}_2$  économisée par la récupération de l'énergie produite par l'incinérateur, correspond à une combustion de  $3,6 \times 10^8$  mol de méthane.

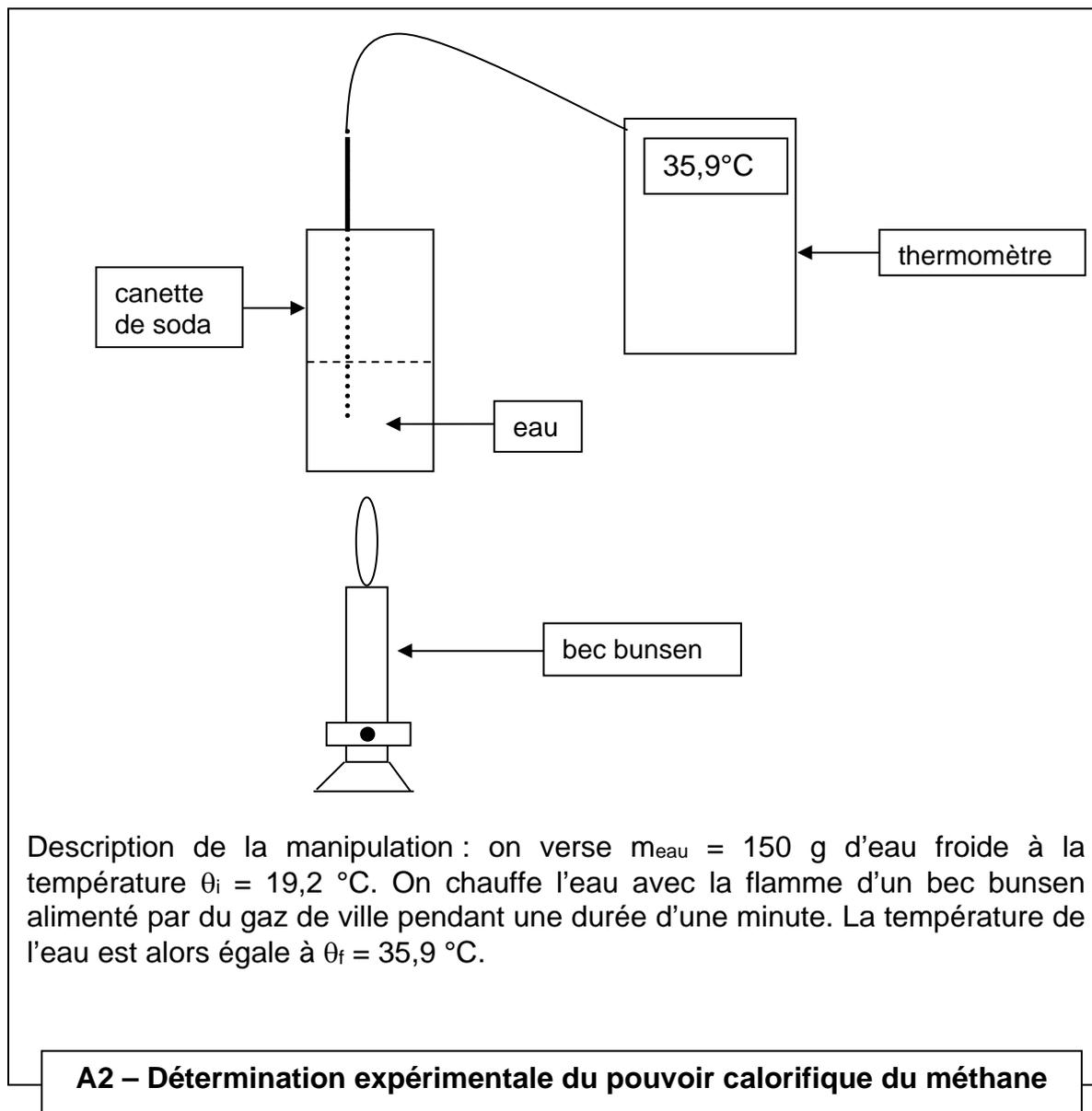
A.3.4 Si le volume molaire est toujours égal à  $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$ , à quel volume de méthane cette quantité de matière correspond-elle ? Exprimer le résultat en  $\text{m}^3$ .

A.3.5 En considérant le PCS théorique donné dans le document A1 de la page 4, quelle énergie produite par l'incinérateur d'ordures ménagères en kWh est récupérée par la chaufferie ?

## ANNEXE DE LA PARTIE A – Valorisation énergétique des déchets



A1 – Composition du gaz naturel consommé en Europe



**Partie B : recyclage des piles et des accumulateurs (6,5 points)**

Chaque année, plus de 1,2 million de piles et d'accumulateurs sont mis sur le marché à destination des ménages et des professionnels français, ce qui représente une masse de 220 000 tonnes. Cette masse est en diminution depuis plusieurs années témoignant d'une miniaturisation croissante. Ces produits peuvent contenir certaines substances dangereuses pour l'environnement et la santé et présentent par ailleurs un fort potentiel de recyclage des matières qui les composent (métaux, plastiques, ...). Une filière spécifique de collecte et de traitement par recyclage de ces déchets a été instaurée en Europe au début des années 1990.

**B.1 Étude des piles alimentant votre calculatrice : la pile AAA-LR03**

B.1.1 En vous aidant du document B1 de la page 8, indiquer quel type de piles il faut utiliser dans votre calculatrice.

B.1.2 En vous aidant du document B3 de la page 9, quel est le rôle de l'électrode en zinc ? Justifier.

B.1.3 Le couple oxydant / réducteur présent à la borne négative est  $Zn^{2+} / Zn$ . Écrire la demi-équation électronique modélisant l'oxydation du Zinc (Zn).

B.1.4 Le couple oxydant / réducteur présent à la borne positive est  $MnO_2 / MnO(OH)$ . Écrire la demi-équation électronique modélisant la réduction du dioxyde de manganèse  $MnO_2$ .

B.1.5 En déduire l'équation de fonctionnement de cette pile.

**B.2. Analyse de la fiche technique des piles présentes dans votre calculatrice**

B.2.1 L'énergie disponible  $W$  (en joule) d'une pile est égale au produit de sa capacité disponible  $Q$  (en coulomb) par sa tension à vide  $E$  (en volt). À l'aide du document B2 de la page 8, montrer que l'énergie disponible pour cette pile est égale à  $2,27 \times 10^3$  J.  
On donne :  $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$ .

B.2.2 Vérifier que la valeur de l'énergie massique donnée dans le document B4 de la page 9 est cohérente avec la valeur de l'énergie disponible trouvée précédemment.

B.2.3 Réaliser la même vérification pour l'énergie volumique.

On donne : volume du cylindre  $V = \pi.R^2.h$  avec  $R$  le rayon du cylindre et  $h$  sa hauteur.

### **B.3 Détermination de la durée de vie de la pile**

L'intensité du courant nécessaire pour le fonctionnement d'une calculatrice est  $I = 1,5 \text{ mA}$ . La capacité disponible que la pile fournit est le produit de l'intensité du courant délivré  $I$  par la durée de fonctionnement  $t$ .

L'autonomie des piles sera-t-elle suffisante pour la durée de votre scolarité au lycée si vous utilisez votre calculatrice en moyenne 1 heure par semaine ? Justifier votre raisonnement à l'aide de calculs.

### **B.4 Valorisation des piles usagées**

B.4.1 La deuxième étape du procédé de valorisation des piles usagées décrit dans le document B5 de la page 10 est un tri magnétique. Comment peut-on mettre en œuvre ce tri ?

B.4.2 Quelle est l'unité dans le système international du champ magnétique ?

B.4.3 Rappeler l'ordre de grandeur du champ magnétique terrestre.

B.4.4 L'étape de neutralisation a pour but de rendre les résidus obtenus à un pH neutre. Quelle est la valeur du pH pour une solution neutre ?

B.4.5 Comment peut-on qualifier le pH indiqué dans le document B5 de la page 10 ? Calculer la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  d'une solution présentant le même pH. Dans cette solution, la concentration en ions hydroxydes  $\text{OH}^-$  est-elle plus grande ou plus petite que celle en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  ? Justifier.

## ANNEXE DE LA PARTIE B – Recyclage des piles et accumulateurs

La directive définit trois types de piles et accumulateurs (PA) :

- PA portable : est considéré comme pile ou accumulateur portable toute pile, pile bouton, assemblage en batterie ou accumulateur qui est scellé et susceptible d'être porté à la main et qui n'est, par ailleurs, ni une pile ou un accumulateur industriel ni une pile ou un accumulateur automobile.
- PA automobile : est considéré comme pile ou accumulateur automobile, toute pile ou accumulateur destiné à alimenter un système de démarrage, d'éclairage ou d'allumage automobile.
- PA industriel : est considéré comme pile ou accumulateur industriel, toute pile ou accumulateur conçu à des fins exclusivement industrielles ou professionnelles ou utilisé dans tout type de véhicule électrique.

*D'après [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)*

### B1 – Extrait de la directive 2006/66/CE relative aux piles et accumulateurs



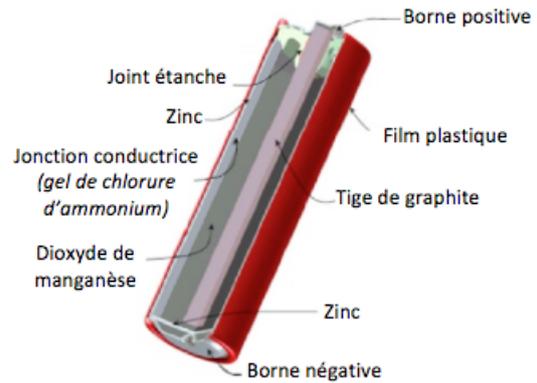
#### Fiche technique :

- Hauteur 45 mm
- Poids 13 g
- Diamètre 10 mm
- F.é.m. E = 1,5 V
- Capacité Q = 420 mAh
- Type saline (zinc-carbone)
- Marque sony
- Forme cylindrique

### B2 – Fiche technique pile Sony AAA-LR03

### Constitution chimique :

- **Borne négative** : récipient cylindrique en **zinc**
- **Borne positive** : tige de **graphite** (carbone) et **dioxyde de manganèse** en poudre
- **Electrolyte** : la jonction entre les deux bornes est assurée à l'aide d'un gel pâteux conducteur à base de **chlorure d'ammonium**



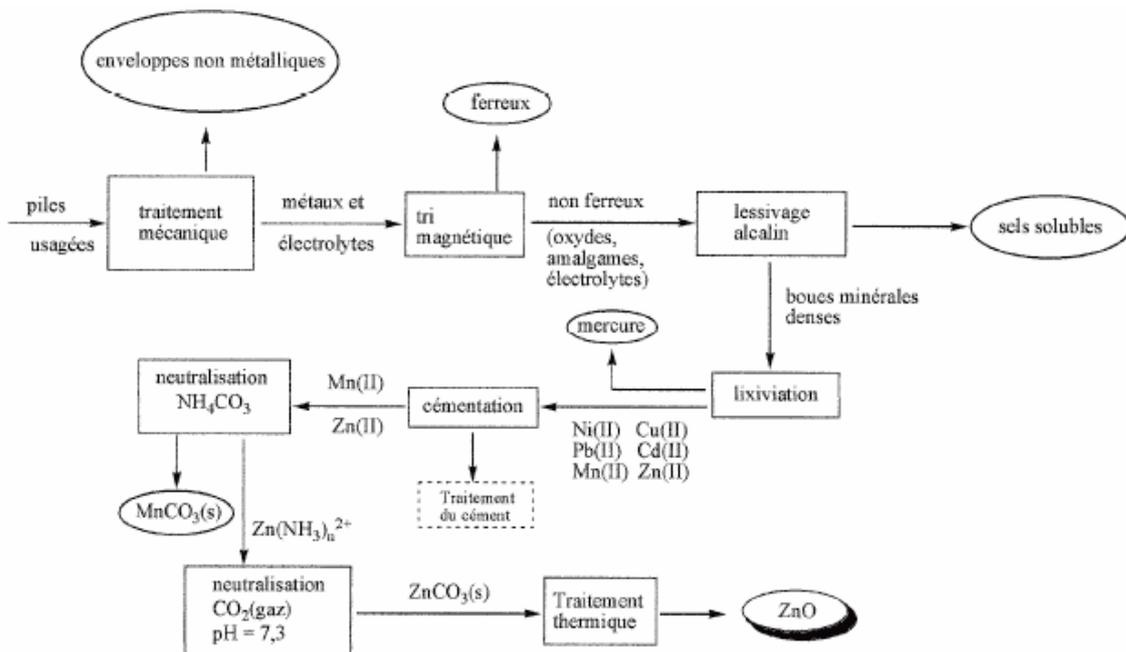
*D'après [www.spcf.aac-creteil.fr](http://www.spcf.aac-creteil.fr)*

### B3 – Descriptif de la gamme de pile Zinc-Carbone

Appellation courante	Type	Réactifs Anode/cathode	f.é.m. E (V)	Énergie massique (Wh.kg <sup>-1</sup> )	Énergie volumique (Wh.cm <sup>-3</sup> )
Pile saline	Leclanché	Zn / MnO <sub>2</sub>	1,5	50	0,18
Piles alcalines	Mallory	Zn / MnO <sub>2</sub>	1,5	60	0,24
	Au mercure	Zn / HgO	1,35	123	0,50
	A l'argent	Zn / Ag <sub>2</sub> O	1,6	136	0,50
Pile au lithium	Au lithium	Li / SOCl <sub>2</sub>	3,5	660	1,24

### B4 – Caractéristiques des diverses piles d'usage courant

Les principales étapes d'un procédé de traitement des piles usagées par la société française RECUPYL SA sont les suivantes :



**B5 – Quelques aspects d'un procédé de valorisation des piles usagées**

**Partie C: Traitement des déchets radioactifs produits par les hôpitaux (5,5 points)**

Les hôpitaux français font partie, par l'intermédiaire de leurs services de médecine nucléaire et des laboratoires de radioanalyse, des producteurs de déchets radioactifs.

Il y a donc obligation pour ces hôpitaux de suivre une démarche de traitement de ces déchets.

Vous allez dans cette partie suivre l'évolution des déchets radioactifs obtenus après un test de Schilling.

**C.1. Détermination de l'élément radioactif**

C.1.1 En utilisant les documents C1 et C2 de la page 12, déterminer l'élément radioactif intervenant dans le test de Schilling.

C.1.2 En justifiant la réponse, parmi les éléments suivants, donner le (ou les) isotope(s) du cobalt 57 :  ${}^{57}_{26}\text{Fe}$  ;  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  ;  ${}^{57}_{28}\text{Ni}$ .

**C.2. L'élément Cobalt 57**

C.2.1 Donner la composition du noyau de cobalt 57 :  ${}^{57}_{27}\text{Co}$ .

C.2.2 Le cobalt 57 est radioactif  $\beta^+$ . Donner le nom et la notation symbolique de la particule  $\beta^+$ .

C.2.3 En utilisant le document C3 de la page 13, écrire l'équation de désintégration du cobalt 57, en justifiant avec les lois de conservation.

**C.3. Évolution de l'activité du cobalt 57 au cours du temps**

C.3.1 Donner la définition d'une période radioactive (ou temps de demi-vie radioactive).

C.3.2 En utilisant le document C4 de la page 13, vérifier que la période radioactive est cohérente avec celle donnée dans la notice du cyanocobalamine du document C5 de la page 13.

C.3.3 Pourquoi est-il précisé « à la date de calibration » sur la notice du médicament du document C5 de la page 13 ?

**C.4. Traitement des déchets**

En vous aidant des documents C5 de la page 13 et C6 de la page 14, comment faut-il traiter les déchets des gélules de cyanocobalamine ?

On donne  $1 \mu\text{g} = 1 \times 10^{-6} \text{ g}$ .

## ANNEXE DE LA PARTIE C – Traitement des déchets radioactifs utilisés dans les hôpitaux

Le test de Schilling est un test qui a pour but d'étudier le fonctionnement de la vitamine B12 dans l'organisme.

Pour cela, on donne au patient 2 capsules contenant de la vitamine B12, l'une radioactive, l'autre non (ceci est possible grâce au cobalt contenu dans la molécule de vitamine B12).

La mesure, dans les urines émises pendant 24h, du taux d'excrétion des deux sortes de vitamines B12, permet de différencier les malades ayant un problème d'absorption de la vitamine B12, par rapport à ceux qui n'en ont pas.

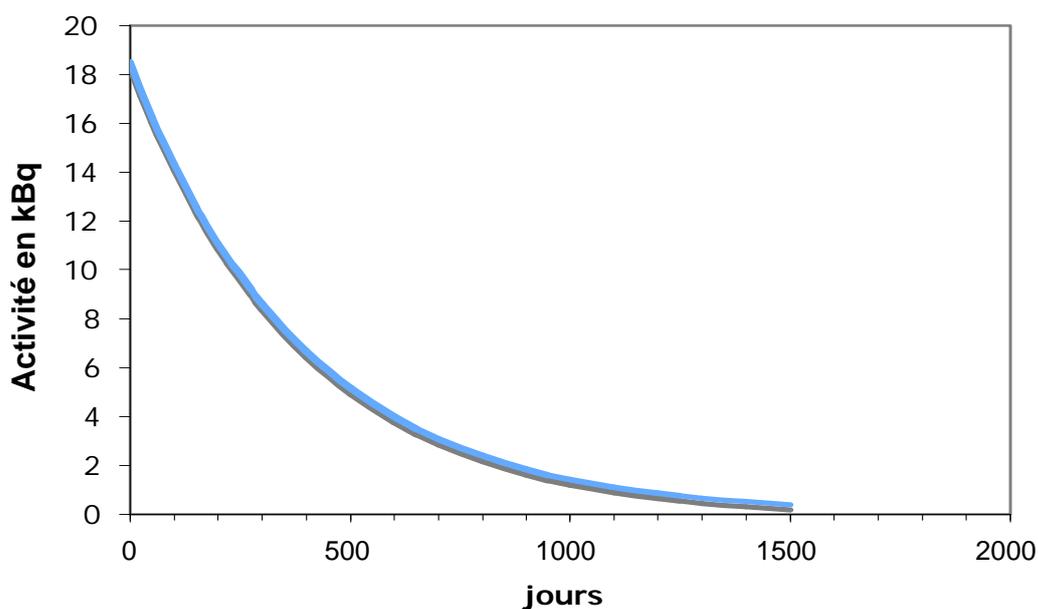
### C1 – Le test de Schilling

Voici la liste des éléments radioactifs utilisés dans un centre hospitalier :

<b>Groupe II a : radioactivité élevée</b>	
iode 125	Radio-immunologie
iode 131	Traitement de l'hyperthyroïdie
<b>Groupe II b : radioactivité moyenne</b>	
Carbone 14	Radioanalyse
Cobalt 57	Dosage des vitamines B12
Chrome 51	Mesure des volumes sanguins
Fer 59	Étude du métabolisme du fer
Yttrium 90	Synoviorthèse
Rhénium 186	
Phosphore 32	Traitement des polyglobulies
Gallium 67	Détection des foyers inflammatoires et infectieux
Indium 111	Marquage des cellules sanguines
Thallium 201	Scintigraphie myocardique
<b>Groupe III : radioactivité faible</b>	
Soufre 35	Recherches
Technétium 99	Scintigraphies
Tritium	Exploration du métabolisme de l'eau
Xénon 133	Exploration pulmonaire

*D'après [www.graie.org](http://www.graie.org)*

### C2 – Les principaux radioéléments utilisés dans les hôpitaux

$^{25}\text{Mn}$  $^{26}\text{Fe}$  $^{27}\text{Co}$  $^{28}\text{Ni}$  $^{29}\text{Cu}$ **C3 – Extrait de la classification périodique des éléments****courbe de décroissance du cobalt 57****C4 – Courbe de décroissance radioactive du Cobalt 57****1. DÉNOMINATION DU MEDICAMENT**Cyanocobalamine ( $^{57}\text{Co}$ ) GE Healthcare, gélule**2. COMPOSITION QUALITATIVE ET QUANTITATIVE**Cyanocobalamine ( $^{57}\text{Co}$ ).....18,5 kBq à la date de calibrationCyanocobalamine ( $^{57}\text{Co}$ )..... 1  $\mu\text{g}$ 

Pour 1 gélule

Le cobalt 57 a une période d'environ 271 jours ; il décroît en émettant un positon et un rayonnement gamma dont la principale énergie est de 122 keV.

Source : site de l'ANSM (Agence Nationale de Sécurité du Médicament)

**C5 – Extrait de la notice du CYANOCOBALAMINE**

	Déchets dits à Vie Très Courte (VTC) $t_{1/2} < 100$ jours	Déchets dits à Vie Courte (VC) $t_{1/2} < 31$ ans	Déchets dits à Vie Longue (VL) $t_{1/2} > 31$ ans
Très Faible Activité (TFA) $TFA < 100$ Bq/g	Gestion par décroissance radioactive sur le site de production puis élimination dans les filières de stockage dédiées aux déchets conventionnels	Recyclage ou stockage dédié en surface	
Faible Activité (FA) $100$ Bq/g $< FA < 1$ MBq/g		Stockage de surface	Stockage à faible profondeur
Moyenne Activité (MA) $1$ MBq/g $< MA < 1$ GBq/g			Stockage en couche géologique profonde
Haute Activité (HA) $HA > 1$ GBq/g	Non applicable <sup>1</sup>	Stockage en couche géologique profonde	

<sup>1</sup> : Les déchets de haute activité à vie très courte n'existent pas.

*D'après le site de l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire)*

**C6 – Classification des déchets radioactifs**