

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2026**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE**

**Physique-Chimie et Mathématiques**

**Épreuve du mardi 16 juin 2026**

Durée de l'épreuve : **3 heures**

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

**La page 12 sur 12 est à rendre avec la copie.**

**PHYSIQUE-CHIMIE** ..... 14/20 points  
**MATHÉMATIQUES** ..... 6/20 points

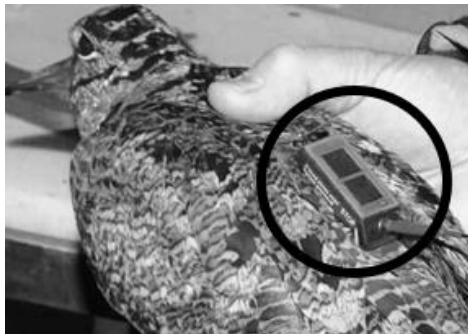
*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.*



## La migration des bécasses

Le « Club National des Bécassiers » est une association reconnue par l'État bénéficiant d'un agrément au titre de la protection de l'environnement.

Elle collabore avec l'Office Français de la Biodiversité dans le suivi des bécasses équipées de balise (voir photo ci-dessous).



**Exercice 1** : Risque de contamination radioactive des bécasses (Physique-Chimie et Mathématiques).

**Exercice 2** : Étude des balises placées sur les bécasses pour le suivi des migrations (Physique-Chimie).

**Exercice 3** : Mathématiques.

**Exercice 4** : Étude énergétique de la migration des bécasses (Physique-Chimie).

Les exercices sont indépendants.

## EXERCICE 1 (6 points)

(Physique-Chimie et Mathématiques)

### Risque de contamination radioactive des bécasses

L'explosion d'un réacteur de la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986 a entraîné le rejet massif dans l'atmosphère de substances radioactives, dont le césium 134 et le césium 137.

1. Justifier que les atomes de césium  $^{134}_{55}\text{Cs}$  et  $^{137}_{55}\text{Cs}$  sont des isotopes du césium.
2. Donner la composition du noyau de césium  $^{137}_{55}\text{Cs}$ .

En 1986, la communauté européenne de l'énergie atomique EURATOM, fixait des valeurs limites de contamination radioactive pour protéger la population. Ainsi, elle définissait l'activité maximale associée aux radioéléments qu'une personne pouvait ingérer sans risque pendant un an à l'aide de la Limite Annuelle d'Incorporation, notée LAI. Pour l'ensemble du césium 134 et du césium 137, la LAI était fixée à 300000 becquerels par an ( $\text{Bq}\cdot\text{an}^{-1}$ ).

Les bécasses se nourrissent de vers de terre susceptibles d'accumuler le césium présent dans le sol. On estimait que la viande de bécasse contaminée au césium peu après l'explosion, en 1986, présentait une activité d'environ 5000 becquerels par kilogramme de viande ( $5000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

On cherche à savoir si la consommation de viande de bécasse présentait un risque sanitaire à cette époque.

3. Déterminer la masse de viande de bécasse qu'il aurait fallu consommer en un an pour atteindre la LAI en vigueur à l'époque de l'explosion.
4. Commenter ce résultat sachant que la consommation moyenne de gibier en France est estimée à  $1 \text{ kg}\cdot\text{an}^{-1}$ .

Les progrès de la science et l'amélioration des connaissances sur les rayonnements radioactifs ont conduit EURATOM à ne plus définir les limites d'ingestion en becquerel par an mais en becquerel par kilogramme d'aliment consommé. Le règlement EURATOM 2026/52 fixe aujourd'hui cette limite à  $1250 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

5. Justifier qu'une bécasse contaminée en 1986 serait considérée comme impropre à la consommation au regard de la norme actuelle.

Lors de la désintégration du césium  $^{134}_{55}\text{Cs}$ , il se forme du baryum  $^{134}_{56}\text{Ba}$ .

6. Déterminer la particule émise lors de la désintégration radioactive du  $^{134}_{55}\text{Cs}$ .

Dans le **DOCUMENT RÉPONSE EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, le graphe représente l'évolution de l'activité massique d'un échantillon radioactif de césium 134 (c'est-à-dire l'activité de l'échantillon divisée par sa masse) mesurée au cours du temps.

7. Définir le temps de demi-vie du césium 134.

8. Déterminer graphiquement, sur le **DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, le temps de demi-vie du césium 134. Les traits de construction devront apparaître sur le **DOCUMENT RÉPONSE**.
9. [Mathématiques] L'activité massique de l'échantillon radioactif peut être modélisée par la fonction  $A$  définie sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$  par :
- $$A(t) = 5 e^{-0,315 t}$$
- Le temps  $t$  est exprimé en année et l'activité massique  $A(t)$  est exprimée en milliers de becquerel par kilogramme.  
On admet que  $A$  est dérivable sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$  et on note  $A'$  sa fonction dérivée.
- a) Vérifier que  $A'(t) = -1,575 e^{-0,315 t}$ .
- b) En déduire le sens de variation de la fonction  $A$  sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ .
10. [Mathématiques] Résoudre l'équation  $A(t) = 1,25$  dans l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ . On donnera une valeur arrondie à  $10^{-1}$ .
11. En déduire le temps nécessaire pour que l'échantillon de viande de Bécasse atteigne la limite de  $1250 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  fixée par EURATOM.
12. Vérifier graphiquement sur le **DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, que la durée au terme de laquelle la contamination de la bécasse devient conforme aux normes EURATOM actuelles est en accord avec le résultat de la question précédente.
13. Conclure si une bécasse contaminée en 1986 lors de l'accident de nucléaire de Tchernobyl pouvait être consommée sans risque au terme de sa vie estimée à 4 ans en moyenne, selon le National Biodiversity Data Center (Irlande).

## EXERCICE 2 (5 points)

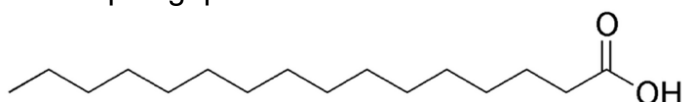
(Physique-Chimie)

### Étude des balises placées sur les bécasses pour le suivi des migrations

Avant la migration, les bécasses doivent emmagasiner de grandes quantités de graisses afin de satisfaire les importants besoins énergétiques nécessaires aux vols migratoires.

Pour simplifier, on supposera que la graisse est formée d'acide palmitique dont quelques caractéristiques sont données ci-dessous :

- Formule topologique :

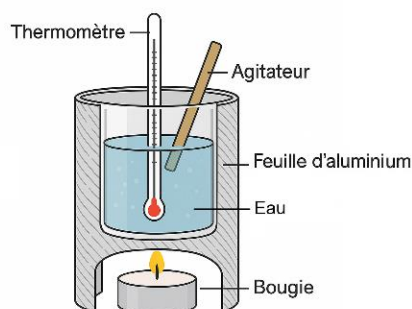


- Formule brute :  $C_{16}H_{32}O_2$
- Température de fusion (à la pression atmosphérique) :  $\theta_{\text{fus}} = 63^\circ\text{C}$
- Température de vaporisation (à la pression atmosphérique) :  $\theta_{\text{vap}} > 300^\circ\text{C}$
- Masse volumique :  $\rho = 857 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$
- Masse molaire :  $M = 256 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. Nommer le groupe caractéristique de l'acide palmitique.
2. Préciser l'état physique de l'acide palmitique à la température de  $17^\circ\text{C}$  et à la pression atmosphérique. Justifier la réponse.

On souhaite déterminer expérimentalement l'enthalpie de combustion de l'acide palmitique.

Pour cela, on mesure l'énergie libérée par la combustion d'une bougie formée d'acide palmitique en utilisant le montage expérimental représenté ci-contre.



Dans cette expérience, une bougie est utilisée comme moyen de chauffage. Une boîte métallique contenant de l'eau est placée dans un support destiné à limiter les échanges thermiques avec l'air environnant. On pèse la bougie, on l'allume et on la place sous la boîte métallique.

Au bout de trente minutes de chauffage et d'agitation de l'eau, on éteint la bougie et on relève la température finale atteinte par l'eau et la boîte métallique. On pèse alors la bougie.

### Données :

- Masse de la boîte en aluminium :  $m(\text{alu}) = 13 \text{ g}$
  - Masse d'eau contenue dans la boîte :  $m(\text{eau}) = 250 \text{ g}$
  - Température initiale de l'eau et de la boîte :  $\theta_i = 17 \text{ }^\circ\text{C}$
  - Masse initiale d'acide palmitique composant la bougie :  $m_i = 43,2 \text{ g}$
  - Température finale de l'eau et de la boîte :  $\theta_f = 59 \text{ }^\circ\text{C}$
  - Masse finale d'acide palmitique composant la bougie :  $m_f = 41,2 \text{ g}$
  - Capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c(\text{eau}) = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
  - Capacité thermique massique de l'aluminium :  $c(\text{alu}) = 897 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
3. Montrer que la masse  $m(\text{ap})$  d'acide palmitique consommée au cours de cette combustion est égale à 2 g.
  4. Écrire, pour un corps donné en phase condensée, la relation entre la variation d'enthalpie  $\Delta H$ , la capacité thermique massique  $c$ , la variation de température  $\Delta\theta$  et la masse  $m$  de ce corps.
  5. Montrer que, lors de l'expérience, la variation d'enthalpie  $\Delta H_{\text{eau}}$  de l'eau est égale à  $4,39 \times 10^4 \text{ J}$ .

Une démarche identique permet de déterminer, dans les conditions de l'expérience, la variation d'enthalpie de la boîte en aluminium :  $\Delta H_{\text{alu}} = 490 \text{ J}$ .

On considère le système parfaitement isolé, c'est-à-dire que l'enthalpie de combustion, notée  $\Delta H_c$ , fournie par la combustion d'une masse  $m(\text{ap})$  égale à 2 g d'acide palmitique sert uniquement à chauffer l'eau et la boîte en aluminium.

La relation traduisant cet échange d'énergie est :  $\Delta H_c + \Delta H_{\text{alu}} + \Delta H_{\text{eau}} = 0$ .

6. Montrer que l'enthalpie de combustion  $\Delta H_c$  mesurée est égale à  $-4,44 \times 10^4 \text{ J}$ .
7. Justifier le signe négatif de l'enthalpie de combustion  $\Delta H_c$ .
8. En déduire la valeur de l'enthalpie massique de combustion  $\Delta H_{c,m}$  de l'acide palmitique (exprimée en  $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

La valeur théorique de l'enthalpie massique de combustion  $\Delta H_{c,\text{th}}$  (déterminée pour une masse égale à 1 g d'acide palmitique) est égale à  $-3,9 \times 10^4 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ .

9. Proposer une hypothèse permettant d'expliquer l'écart entre la valeur théorique  $\Delta H_{c,\text{th}}$  et la valeur  $\Delta H_{c,m}$  mesurée lors de l'expérience.

Lors de la migration, les matières grasses fournissent l'énergie nécessaire au vol des bécasses. On estime que seulement 7,5 % de l'énergie fournie par les graisses est utile au déplacement de la bécasse lors du vol migratoire.

L'énergie  $E$  fournie par 1 kilogramme de graisse est égale à  $40 \times 10^6 \text{ J}$ .

**10.** Montrer que la valeur de l'énergie  $E_{\text{vol}}$  utile au vol migratoire de la bécasse est de  $3,0 \times 10^6$  J par kilogramme de graisse.

La valeur de l'énergie mécanique  $E_{\text{méca}}$  nécessaire à la bécasse pour parcourir 3000 km est estimée à  $6,0 \times 10^5$  J.

**11.** Calculer la masse de graisse, en kilogramme, nécessaire à la bécasse pour parcourir le vol de 3000 km.

**12.** Commenter la masse de graisse nécessaire au vol par rapport à la masse d'une bécasse qui est estimée à 300 g environ.

### EXERCICE 3 (4 points)

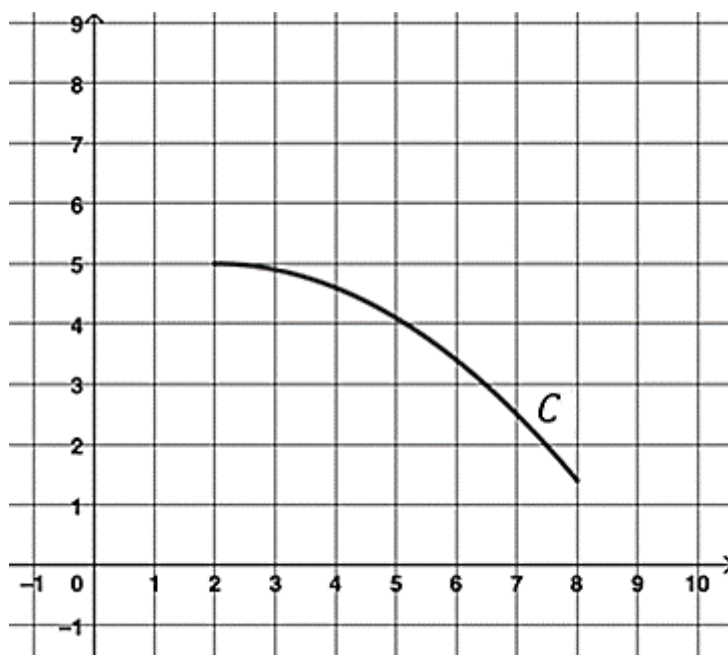
(Mathématiques)

**Cet exercice comporte quatre questions indépendantes.**

Toutes les questions doivent être traitées.

#### Question 1

On considère ci-dessous la courbe représentative  $C$  d'une fonction  $f$  définie sur l'intervalle  $[2 ; 8]$ .



Par lecture graphique, donner la valeur de  $f(2)$ .

#### Question 2

Soit  $g$  la fonction définie sur l'intervalle  $]0 ; +\infty[$  par  $g(x) = x^2 + 2x + \ln(x)$ .

On admet que la fonction  $g$  est dérivable sur l'intervalle  $]0 ; +\infty[$  et on note  $g'$  sa fonction dérivée.

Calculer  $g'(x)$ .

#### Question 3

On considère l'équation différentielle  $(E)$  :

$$y' = -2y.$$

Déterminer l'ensemble des solutions de  $(E)$ .

#### Question 4

Soit  $h$  une fonction définie sur l'intervalle  $[2 ; 5]$ .

On admet que  $\int_2^5 h(x) dx = 6$ .

Calculer la valeur moyenne de  $h$  sur l'intervalle  $[2 ; 5]$ .

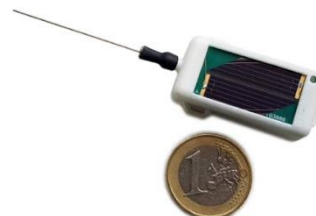
## Exercice 4 (5 points)

(Physique-Chimie)

### Étude énergétique de la migration des bécasses

Au mois d'août 2023, des agents de l'Office Français de la Biodiversité se sont déplacés en Estonie afin de réaliser une opération de pose de balises sur 12 bécasses. Leur but était d'étudier la migration de ces oiseaux.

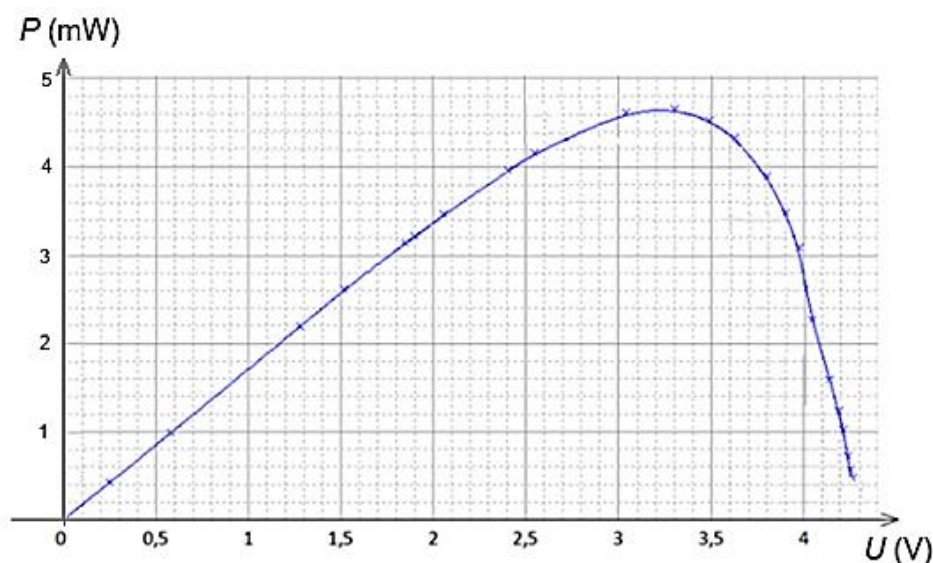
Les balises utilisées (voir photo ci-contre) comportent une cellule photovoltaïque, une batterie et un émetteur.



Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

#### Partie A : Étude d'une cellule photovoltaïque

**Document 1** : Caractéristique puissance - tension du type de cellules photovoltaïques utilisées : puissance électrique fournie par la cellule en fonction de la tension appliquée.



1. À partir de la caractéristique représentée sur le **document 1**, déterminer la valeur de la puissance électrique maximale  $P_{\max}$  fournie par la cellule photovoltaïque.
2. Exprimer la puissance lumineuse  $P_{\text{lum}}$  reçue par les cellules photovoltaïques en fonction de la surface  $S$  des cellules fixées sur les bécasses et de l'éclairement énergétique  $I_R$ . Calculer sa valeur.

**Données :**

- Surface  $S$  des cellules utilisées :  $3,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .
- L'éclairement énergétique  $I_R$  est supposé constant et sa valeur est égale à  $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

- Déterminer, à l'aide des questions précédentes, le rendement des cellules photovoltaïques utilisées.
- Comparer ce résultat aux valeurs courantes indiquées dans le tableau ci-dessous et conclure sur la performance des cellules utilisées.

Type de cellules	Silicium monocristallin	Silicium polycristallin	Perovskite	Couche mince
Rendement (en %)	18 à 22	15 à 18	15 à 20	13 à 16

### **Partie B : Étude de la charge de la batterie présente dans la balise**

Les cellules photovoltaïques permettent de charger la batterie de façon à ce que la balise puisse émettre des signaux toutes les deux heures.

Les demi-équations d'oxydoréduction associées à chaque électrode lors de la charge de la batterie sont les suivantes :

Électrode positive :  $\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$

Électrode négative :  $\text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^- + \text{CoO}_2$

- Définir une réaction d'oxydation et une réaction de réduction.
- Justifier si la réaction se déroulant à l'électrode positive est une réduction ou une oxydation.
- Écrire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction se produisant lors de la charge de la batterie.

### **Partie C : Étude des éléments caractéristiques de la balise**

La batterie équipant la balise est de type lithium-ion polymère dont les caractéristiques sont la tension  $U = 3,7 \text{ V}$  et la quantité d'électricité  $Q = 25 \text{ mAh}$  (milliampère-heure).

- Préciser la relation entre la quantité d'électricité  $Q$ , la durée  $\Delta t$  et l'intensité du courant  $I$ . Préciser les unités de chacune des grandeurs.

Dans des conditions optimales d'éclairement énergétique, la charge de la batterie est réalisée avec un courant d'intensité constante  $I = 1,5 \text{ mA}$ .

- Montrer que dans ces conditions, la durée de la charge est égale à 16 heures et 40 minutes.
- Conclure sur la possibilité de charger complètement et quotidiennement la batterie sachant que selon les saisons, la durée d'ensoleillement peut varier de 6h en hiver à 18 heures en été.

L'émetteur présent dans la balise est un émetteur GPS GSM. Les ondes électromagnétiques émises permettant le suivi des bécasses lors de leur migration, se propagent à la vitesse de propagation  $c$  valant  $3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Les signaux émis sont

collectés par un centre situé à Tallinn en Estonie. Lors de leur migration vers Tanger, au Maroc, les bécasses peuvent parcourir plusieurs milliers de kilomètres.

**11.** Estimer la distance à laquelle se trouve la bécasse équipée d'une balise, sachant que le signal est reçu par le centre,  $23 \mu\text{s}$  après son émission.

**12.** Conclure si la bécasse suivie a déjà atteint le Maroc.

**Donnée :**

- Distance Tallinn (Estonie) – Tanger (Maroc) : 3400 km environ.

# ANNEXE

## DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

### EXERCICE 1 QUESTIONS 8 et 12

