

# DST n°9 – Vendredi 29 Mai 2026 – Durée 1h

## Exercice n°1 : Radioactivité (7 points)

### Document : lettre de l'écrivain à votre attention

Bonjour, je suis Jules Servadac, écrivain de roman policier. Je vous sollicite afin de valider quelques aspects scientifiques de mon roman.

Voici mes premières lignes :

« Pierre et Marie Curie ont découvert le polonium, juste avant le radium qui les rendit célèbres. Le polonium 210 ( $^{210}\text{Po}$ ) est mille fois plus toxique que le plutonium, et un million de fois plus encore que le cyanure. Sachez que dix microgrammes ( $\mu\text{g}$ ) sont nécessaires pour empoisonner un homme de poids moyen en quelques semaines et que cette dose mortelle est invisible à l'œil nu. »

Dans mon roman, Tiago, agent secret de Folivie, souhaite s'en servir pour éliminer un agent infiltré. Celui-ci dîne tous les soirs dans le même restaurant : l'agent secret compte en profiter pour « poivrer » à sa façon son dîner.

Pour cela, Tiago doit se procurer du polonium 210. Pour des raisons logistiques, il récupère une masse  $m = 50 \mu\text{g}$  de polonium puis voyage pour se rendre au dîner programmé dans un autre pays. Or le polonium perd la moitié de sa radioactivité tous les 138 jours.

J'ai un problème à vous soumettre : Combien de temps le voyage de Tiago peut-il durer ?

Données : Quelques éléments :  $_{81}\text{Tl}$  ;  $_{82}\text{Pb}$  ;  $_{83}\text{Bi}$  ;  $_{85}\text{At}$  ;  $_{86}\text{Rn}$

**Q1.** Indiquer la composition d'un noyau de polonium 210 ( $^{210}_{84}\text{Po}$ ). (0,5 point)

**Q2.** Écrire l'équation de désintégration d'un noyau  $^{210}_{84}\text{Po}$  en précisant les lois de conservation utilisées, sachant que le  $^{210}_{84}\text{Po}$  est radioactif  $\alpha$ . (1 point)

**Q3.** Définir le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  d'un noyau radioactif et donner sa valeur pour le noyau  $^{210}_{84}\text{Po}$ . (1 point)

**Q4.** Démontrer la relation entre la constante radioactive et le temps de demi-vie puis calculer la valeur de la constante radioactive en  $\text{s}^{-1}$  du  $^{210}_{84}\text{Po}$ . (1,5 point)

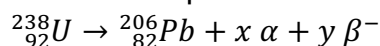
Le nombre  $N_0$  de noyaux présents dans un échantillon E de masse  $m = 50 \mu\text{g}$  de polonium 210 est  $N_0 = 1,43 \cdot 10^{17}$

**Q5.** Calculer la durée maximale du voyage entre le moment où Tiago récupère l'échantillon E et le dîner pour qu'il puisse accomplir la mission. (2 points)

**Q6.** Le polonium 210 est l'un des produits issus des désintégrations successives de l'uranium 238, lesquelles conduisent à l'isotope stable  $^{206}_{82}\text{Pb}$  du plomb.

Ces désintégrations sont de type  $\alpha$  et  $\beta^-$ .

On peut assimiler l'ensemble à une réaction unique :



où  $x$  et  $y$  sont des entiers.

Déterminer les valeurs de  $x$  et  $y$ . (La connaissance de l'ordre des désintégrations n'est pas nécessaire) (1 point)

## Exercice n°2 : Thermodynamique (6 points)

Soucieux de réduire ses dépenses de chauffage, Frédéric décide d'améliorer l'isolation thermique de son habitation. Sa maison possédant un grenier non chauffé, il décide d'en isoler le sol.

Données :

- Température du grenier :  $\theta_1 = 5,0 \text{ °C}$
- Température de la maison :  $\theta_2 = 20 \text{ °C}$
- Surface du sol du grenier :  $S = 80 \text{ m}^2$
- Résistance thermique du sol du grenier :  $R = 7,5 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$ .

**Q1.** Dans quel sens s'effectuera le transfert thermique dans la maison de Frédéric ? Justifier. (0,5 point)

**Q2.** Donner l'expression puis calculer le flux thermique  $\Phi$  à travers le sol du grenier. (1 point)

Frédéric consulte de nombreuses documentations sur l'isolation thermique. Il existe de nombreux matériaux isolants caractérisés par leur conductivité thermique notée  $\lambda$ . Plus la conductivité thermique d'un matériau est élevée, plus il conduit facilement la chaleur.

**Q3.** Utiliser le tableau suivant pour conseiller Frédéric dans son choix de matériau. Justifier. (0,5 point)

Nom du matériau	Laine de roche	Polystyrène extrudé	Liège naturel expansé	Cellulose
Conductivité thermique $\lambda$ en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	0,035	0,033	0,042	0,039

**Q4.** La résistance thermique totale du sol du grenier doit atteindre la valeur  $R = 6,3 \times 10^{-2} \text{ K.W}^{-1}$ . Sachant que lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques de chaque paroi, calculer la résistance thermique de l'isolant choisi précédemment par Frédéric à la question **Q3**. (0,5 point)

Frédéric a lu que la résistance thermique d'une paroi plane dépend de la conductivité thermique  $\lambda$  du matériau constituant la paroi, de son épaisseur  $e$  et de la surface  $S$  traversée par le flux thermique. La résistance thermique est inversement proportionnelle à la conductivité thermique et à la surface traversée et proportionnelle à l'épaisseur.

**Q5.** À partir des informations ci-dessus, donner l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane. Vérifier l'homogénéité de la relation. (1 point)

**Q6.** Tous les matériaux proposés dans le tableau s'achètent sous forme de panneaux rigides dans le commerce. Quelle épaisseur minimale doit posséder le panneau du matériau choisi par Frédéric ? (1 point)

**Q7.** Citer les trois modes de transfert thermique et les décrire brièvement. (1,5 point)

**Exercice n°3 : Effet photoélectrique** (2 points)

Donnée : Constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s  
Masse d'un électron :  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg

Choisir la bonne réponse parmi les propositions suivantes.

**Q1.** Lors de l'arrachage d'un électron par effet photoélectrique, le travail d'extraction correspond à :

- A. L'énergie de l'électron extrait
- B. L'énergie que possède le photon incident.
- C. L'énergie minimale pour qu'il y ait extraction.
- D. L'énergie que le photon a transmis à l'électron.

**Q2.** Si on observe un effet photoélectrique pour des fréquences supérieures à  $8,2 \times 10^{14}$  Hz, alors le travail d'extraction vaut :

- A.  $5,44 \times 10^{-19}$  J.
- B.  $1,23 \times 10^{-48}$  J.
- C.  $5,4 \times 10^{-19}$  J.
- D.  $1,2 \times 10^{-48}$  J.

**Q3.** Deux photons entrent en collision avec une plaque métallique. Celui le plus susceptible d'en extraire un électron est :

- A. Celui dont la fréquence est la plus élevée.
- B. Celui dont la longueur d'onde est la plus élevée.
- C. Celui dont la vitesse est la plus élevée.
- D. Aucun de ces paramètres n'a d'influence.