

UN POISON RADIOACTIF

Un écrivain vous contacte pour achever un roman d'espionnage ... suspense !

Document 1 : 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}Po) est mille fois plus toxique que le plutonium, et un million de fois plus encore que le cyanure. Sachez que dix microgrammes (μg) 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 ne peut récupérer le polonium que 100 jours avant le dîner programmé dans un autre pays. Or le polonium perd la moitié de sa radioactivité tous les 138 jours.

J'ai deux problèmes à vous soumettre concernant la quantité de polonium que Tiago doit transporter :

- Restera-t-il suffisamment de Polonium-210 radioactif à la fin de son voyage ?
- La dose sera-t-elle invisible à l'œil nu ?

Document 2 : données relatives au polonium

Le polonium est un des rares éléments à cristalliser dans le réseau cubique simple.

Paramètre de maille : $a = 3,359 \times 10^{-10} \text{ m}$

Masse molaire du polonium : $M(\text{Po}) = 209,98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

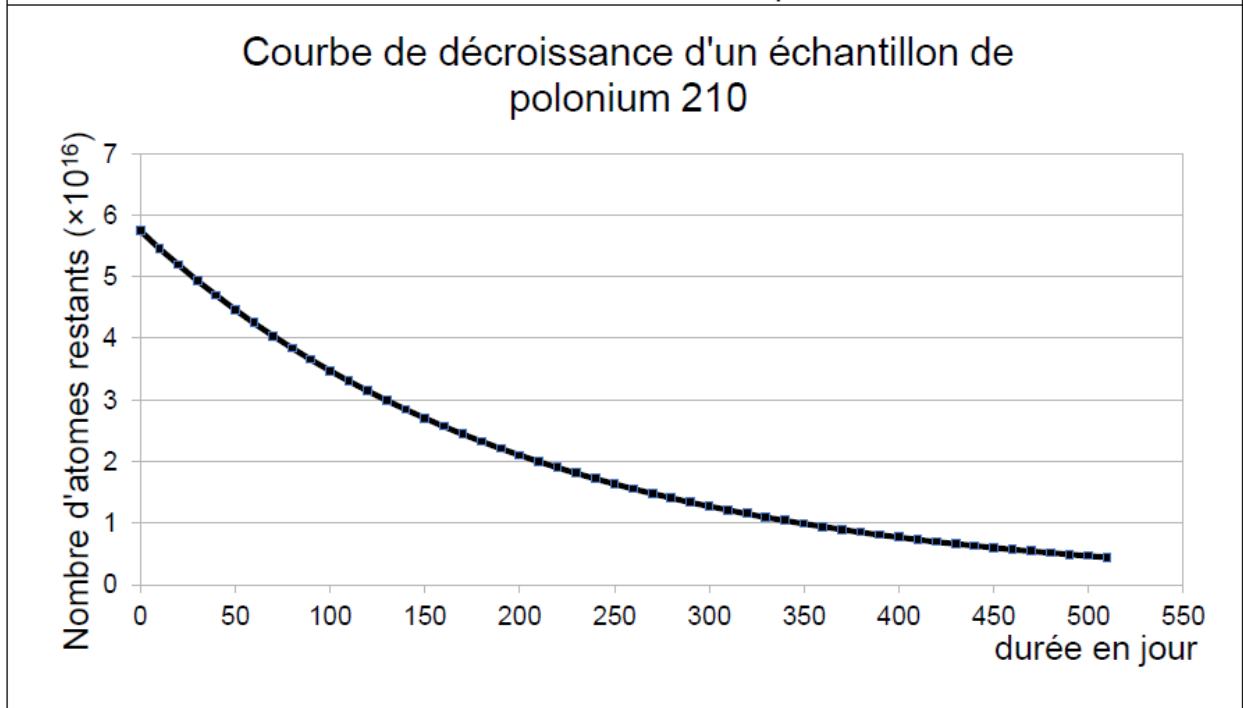
Donnée complémentaire : nombre d'Avogadro $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Il est rappelé que la masse molaire d'un élément est la masse d'une mole de quantité de matière de cet élément

Partie 1 : la radioactivité du polonium

L'objectif est ici de vérifier qu'en partant avec 20 µg de polonium-210, il restera suffisamment de polonium radioactif à l'issue du voyage.

Document 3 : courbe de décroissance radioactive du polonium



1- Déterminer en µg la masse initiale de Polonium présente dans l'échantillon utilisé pour réaliser le graphique du document 1.

Une mole de polonium pèse 210g et il s'agit de $5,8 \times 10^{16}$ atomes

Le graphique nous donne $5,8 \times 10^{16}$ atomes

soit $n = 5,8 \times 10^{16} \text{ atomes} / 5,8 \times 10^{16} \text{ atomes} = 96,3 \times 10^{-9} \text{ mol}$

soit une masse de $96,3 \times 10^{-9} \text{ mol} \times 210 = 20 \times 10^{-6} \text{ g}$

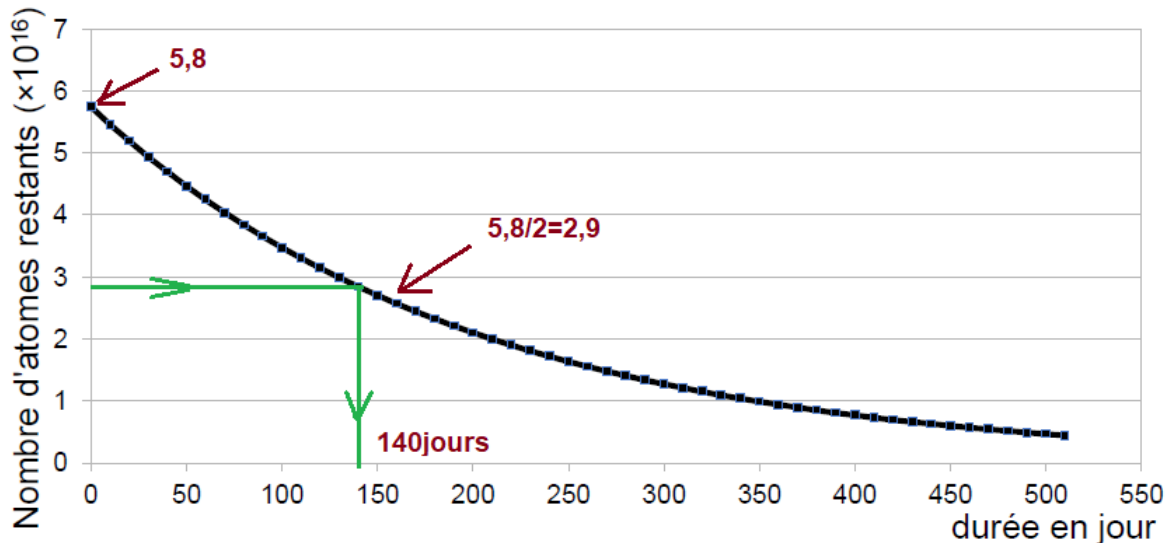
2- Jules Servadac écrit dans son roman : « Le polonium perd la moitié de sa radioactivité tous les 138 jours ».

2-a- Définir scientifiquement la grandeur physique sur laquelle il appuie cette affirmation, en donnant son nom.

Le temps au bout duquel l'échantillon aura perdu la moitié de sa radioactivité se nomme la demi vie.

2-b- La faire figurer sur le graphique du document réponse à rendre avec la copie en laissant apparents les traits de construction.

Courbe de décroissance d'un échantillon de polonium 210



3- Justifier, par la méthode de votre choix, que pour l'échantillon considéré la quantité de polonium restant après le voyage sera suffisante pour accomplir la mission.

La demi-vie du polonium est de 138 jours.

Au bout de 138 jours il restera donc la moitié du polonium soit $20\mu\text{g}/2=10\mu\text{g}$.

Donc au bout de 100 jours la quantité de polonium restant sera supérieure.

La funeste mission pourra donc être accomplie.

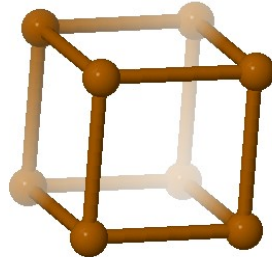
Partie 2 : la structure du polonium

L'objectif est ici de vérifier que les $10\mu\text{g}$ de polonium dont Tiago a besoin pour empoisonner l'agent infiltré sont bien invisibles à l'œil nu.

4- À partir de vos connaissances et des informations apportées par le document 1, répondre aux questions suivantes :

4-a- Représenter la structure cubique simple du polonium en perspective cavalière.

Maille du polonium sur minusc



4-b- Dénombrer, en indiquant les calculs effectués, les atomes par maille.

La population d'une maille est 1
(8sommets comportant 1/8 de sphères)

Document 2 : données relatives au polonium

Le polonium est un des rares éléments à cristalliser dans le réseau cubique simple.

Paramètre de maille : $a = 3,359 \times 10^{-10} \text{ m}$

Masse molaire du polonium : $M(\text{Po}) = 209,98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Donnée complémentaire : nombre d'Avogadro $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Il est rappelé que la masse molaire d'un élément est la masse d'une mole de quantité de matière de cet élément

5- Montrer que la masse volumique du polonium est de $9,20 \times 10^6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$

Volume de la maille élémentaire: $(3,359 \times 10^{-10})$

$$V = a^3 = (3,4 \times 10^{-10})^3 = 3,764 \times 10^{-29} \text{ m}^3$$

Masse de la maille élémentaire :

1 maille contient $8 \times 1/8 = 1$ atome de polonium

$$m = 3,47 \times 10^{-22} \text{ g/maille}$$

Calcul de la masse volumique :

$$\rho = m/V = 3,49 \times 10^{-22} / 3,764 \times 10^{-29} = 9,27 \times 10^6 \text{ g/m}^3$$

6- Comparaison avec la taille d'un grain de poivre

6-a- Calculer le volume occupé par la masse de polonium utilisée par Tiago (10 microgrammes).

$$V = m/\rho = 10 \times 10^{-6} / 9,2 \times 10^6 = 1,08 \times 10^{-12} \text{ m}^3$$

6-b- Sachant qu'un grain de poivre broyé occupe un volume d'environ 10^{-10} m^3 et est difficilement visible à l'œil nu, justifier que l'échantillon est invisible.

Le volume occupé par le polonium est donc plus petit, il est donc invisible à l'œil nu !