

EXERCICE 1

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

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

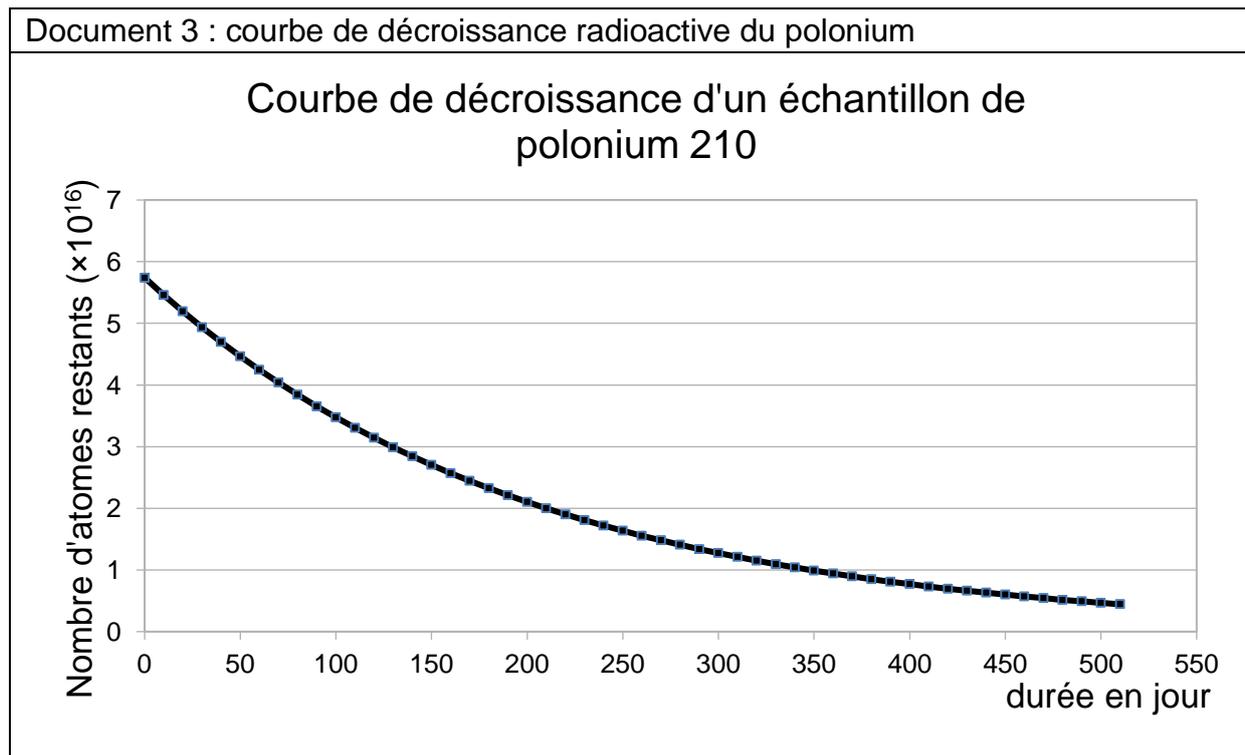
(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

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.

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.

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

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.

Partie 2 : la structure du polonium

L'objectif est ici de vérifier que les 10 μg 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.

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



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

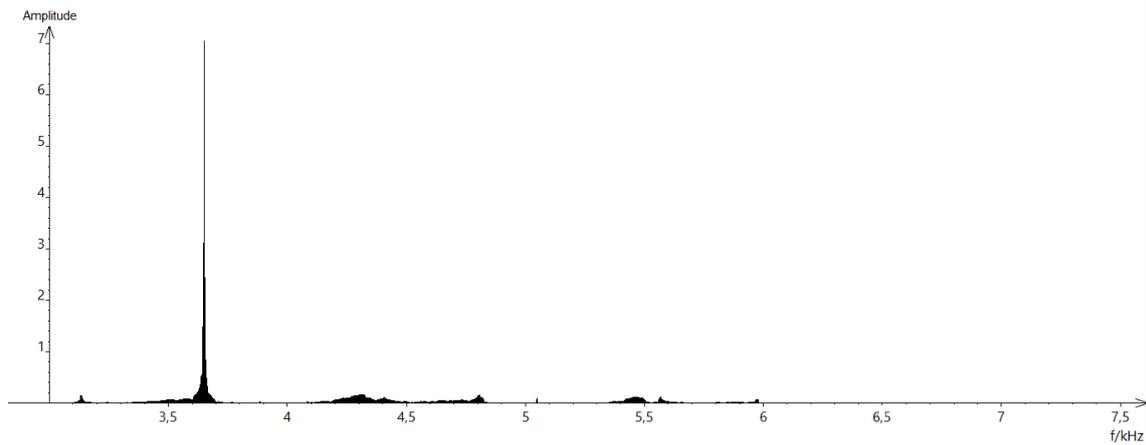
6- Comparaison avec la taille d'un grain de poivre.

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

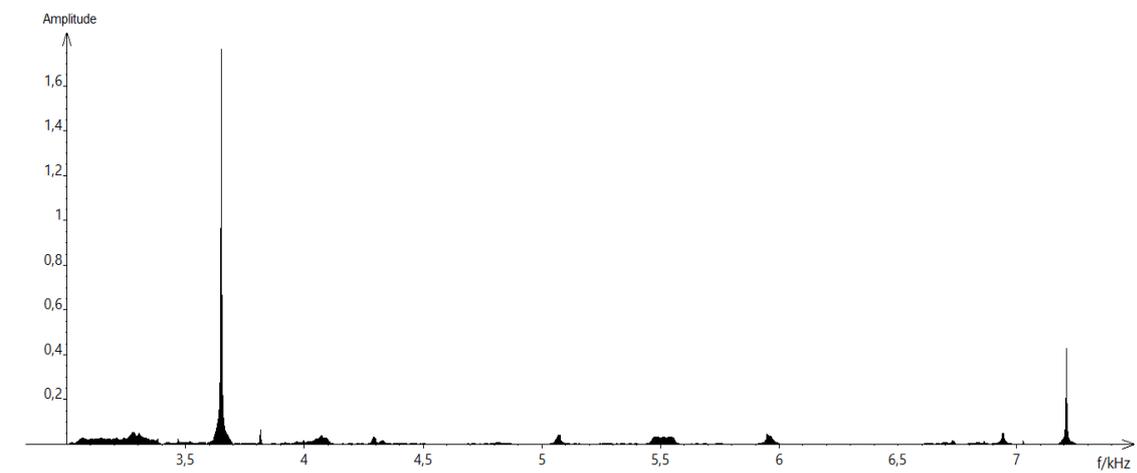
6-b- Sachant qu'un grain de poivre broyé occupe un volume d'environ 10^{-10} m^3 et est difficilement visible à l'œil nu, justifier que l'échantillon est invisible.



Spectre du son obtenu avec le marteau 2 :



Spectre du son obtenu avec le marteau 3



- 1- Lire sur le document 1 les fréquences fondamentales f_1 , f_2 , et f_3 des sons émis lors de l'expérience et noter leurs valeurs sur la copie.
- 2- Comparer ces fréquences. La masse du marteau influe-t-elle sur la fréquence fondamentale du son émis ?

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Partie 2. Construction d'une gamme

On souhaite construire une gamme musicale en harmonie avec la note obtenue en tapant sur l'enclume de la partie 1.

On admet que cette fréquence vaut environ 3600 Hz.

3- Cette note, jugée trop aigüe, doit être diminuée de plusieurs octaves-pour obtenir une fréquence proche de 440 Hz, qui correspond à la fréquence du La3 servant communément de référence. Combien d'octaves séparent la note obtenue en tapant sur l'enclume et le La3 ?

4- Dans une gamme de douze notes au tempérament égal (aussi appelée gamme tempérée), la fréquence de chaque note est obtenue en multipliant la fréquence de la note précédente par la racine douzième de deux, notée $\sqrt[12]{2}$ ou $2^{\frac{1}{12}}$.

4-a- Recopier et compléter l'algorithme ci-dessous pour qu'il permette de construire la gamme de douze notes au tempérament égal à partir de la note de fréquence $F = f_0$.

```

F ← ...
Pour i allant de ... à ... faire
    Afficher F
    F ← ...
Fin Pour

```

4-b- Donner la valeur de B dans le tableau des fréquences ci-dessous :

	Note 0	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note 5	Note 6	Note 7	Note 8	Note 9	Note 10	Note 11	Note 12
Fréquence f (Hz)	$455=f_0$	482	511	541	573	607	A	682	723	765	811	859	910
Rapport $\frac{f}{f_0}$	1	$2^{1/12}$	$2^{2/12}$	$2^{3/12}$	$2^{4/12}$	$2^{5/12}$	B	$2^{7/12}$	$2^{8/12}$	$2^{9/12}$	$2^{10/12}$	$2^{11/12}$	2

4-c- Expliquer pourquoi $A^2 = 682 \times 607$ puis donner la valeur de A.



5- On rappelle que la quinte juste introduite pour construire les gammes de Pythagore est exactement $\frac{3}{2}$.

Déterminer la note de la gamme qui forme avec la note 0 l'intervalle le plus proche de la quinte juste.

