



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 :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

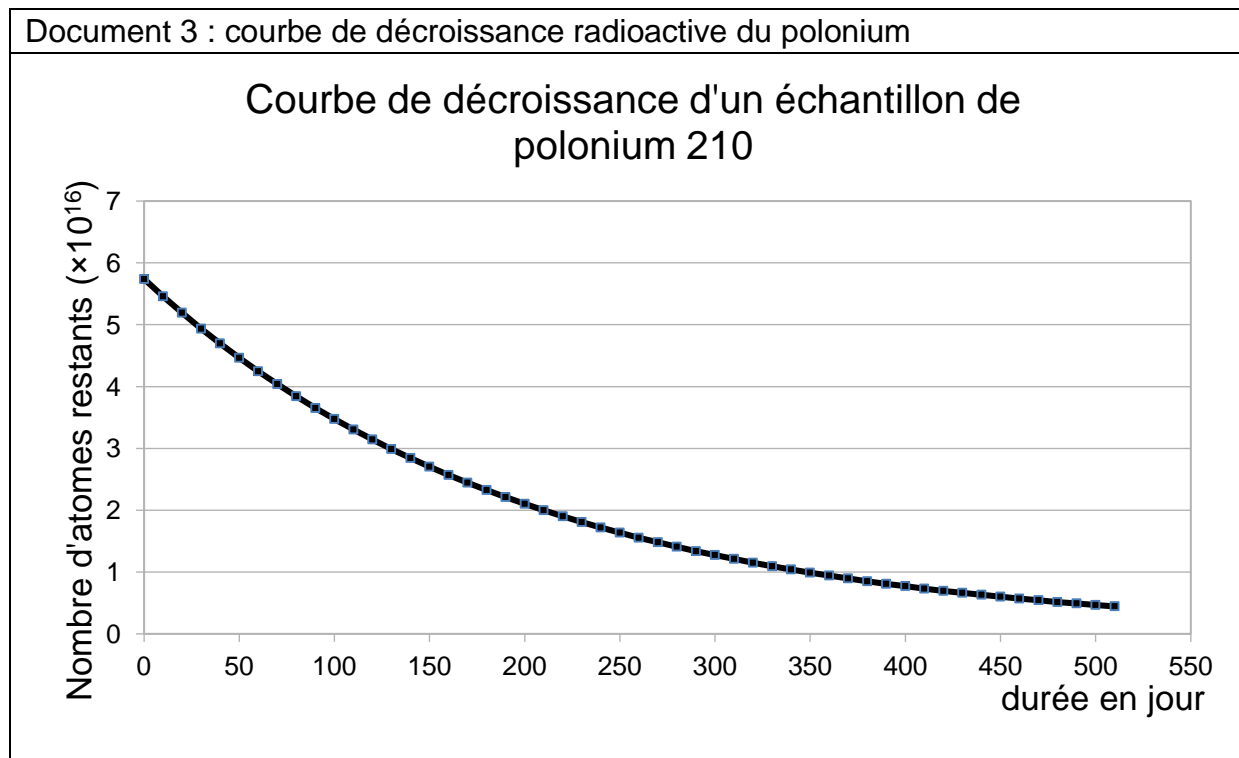
(Les numéros figurent sur la convocation.)

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.

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

EXERCICE 2

GAMME TEMPEREE ET GUITARE CLASSIQUE

Après avoir rappelé quelques généralités sur la gamme tempérée, cet exercice s'intéresse à l'espacement des frettes d'une guitare classique.

Partie A. Gamme tempérée

Il y a eu dans l'histoire de nombreuses méthodes de construction de gammes pour ordonner les notes à l'intérieur d'une octave.

On peut diviser l'octave en douze intervalles à l'aide de treize notes de base (Do, Do[#], Ré, Mi^b, Mi, Fa, Fa[#], Sol, Sol[#], La, Si^b, Si, Do). La gamme fréquemment utilisée de nos jours est la gamme au tempérament égal (ou gamme tempérée), dans laquelle le rapport de fréquences entre deux notes consécutives est constant.

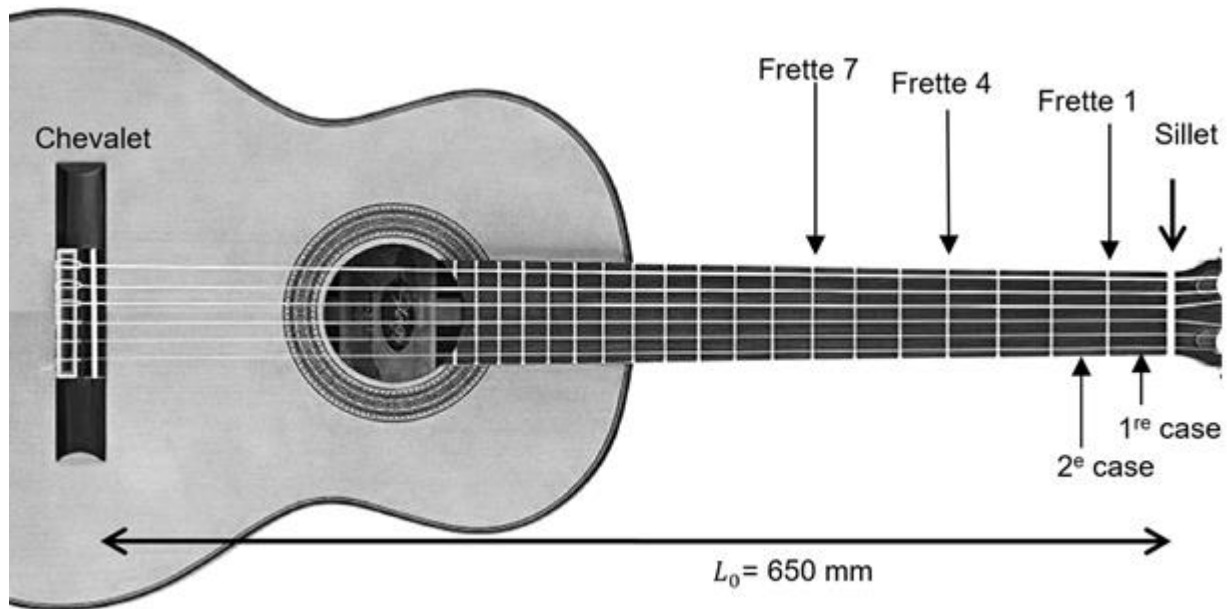
- 1- Rappeler la valeur du rapport des fréquences de deux notes situées aux extrémités d'une octave.
- 2- Expliquer pourquoi la valeur exacte du rapport des fréquences entre deux notes consécutives de la gamme tempérée est $\sqrt[12]{2}$.
- 3- Le tableau suivant indique les fréquences (en Hertz), arrondies au dixième, de quelques notes de la gamme tempérée.

Note	Mi ₃	Fa ₃	Fa ₃ [#]	Sol ₃	Sol ₃ [#]	La ₃	Si ₃ ^b	Si ₃	Do ₄
Fréquence (Hz)	329,6	349,2	370,0	392,0		440,0	466,2	493,9	523,3

Calculer la valeur, arrondie au dixième, de la fréquence qui manque dans le tableau ci-dessus.

Partie B. Application aux frettes de la guitare classique

En observant le manche d'une guitare classique, on remarque que les barrettes métalliques, appelées frettes, situées sur les cordes, ne sont pas espacées régulièrement : plus on s'approche du chevalet, plus elles sont resserrées. Cette partie se propose d'expliquer pourquoi.



Manche d'une guitare classique

Une guitare classique est constituée de 6 cordes. La longueur située entre le chevalet et le sillet est la plus grande longueur de corde pouvant vibrer. On la note L_0 . On suppose ici que $L_0 = 650$ mm. Le manche de la guitare est divisé en plusieurs cases délimitées par les frettes. Ces frettes permettent au joueur de guitare de modifier la longueur de la corde pouvant vibrer, et par conséquent de faire varier la fréquence du son issu de cette vibration.

On se place dans le cas simple où le joueur utilise une seule corde.

S'il joue à vide, c'est-à-dire sans pincer la corde au niveau d'une case, la corde qui vibre, de longueur L_0 , produit un son d'une fréquence f_0 .

Lorsqu'il pince la corde au niveau de la case n , située juste au-dessus de la n -ième frette, la corde qui vibre, de longueur L_n , émet un son de fréquence f_n .

Ces grandeurs sont reliées entre elles par la relation :

$$L_n \times f_n = L_0 \times f_0 \quad \text{où :}$$

- n est le numéro de la frette, compté à partir du haut du manche ($n = 0$ pour une corde jouée « à vide »).
- L_n est la longueur de la corde entre le chevalet et la n -ième frette.
- f_n est la fréquence de la note jouée lorsque l'on pince la corde au niveau de la case n .

4- Lorsqu'on joue à vide la corde la plus fine de la guitare, le son émis est le Mi_3 .

Pour obtenir un Mi_4 le joueur pince cette même corde au niveau de la 12^e case (située juste au-dessus de la 12^e frette), ce qui produit un son de fréquence

$$f_{12} = 2 \times f_0.$$

4-a- Le Mi_4 est-il plus aigu ou plus grave que le Mi_3 ?

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

4-b- Parmi les réponses suivantes, indiquer celle qui correspond à la longueur L_{12} correspondant à la fréquence f_{12} . Justifier la réponse.

$$L_{12} = 2 \times L_0$$

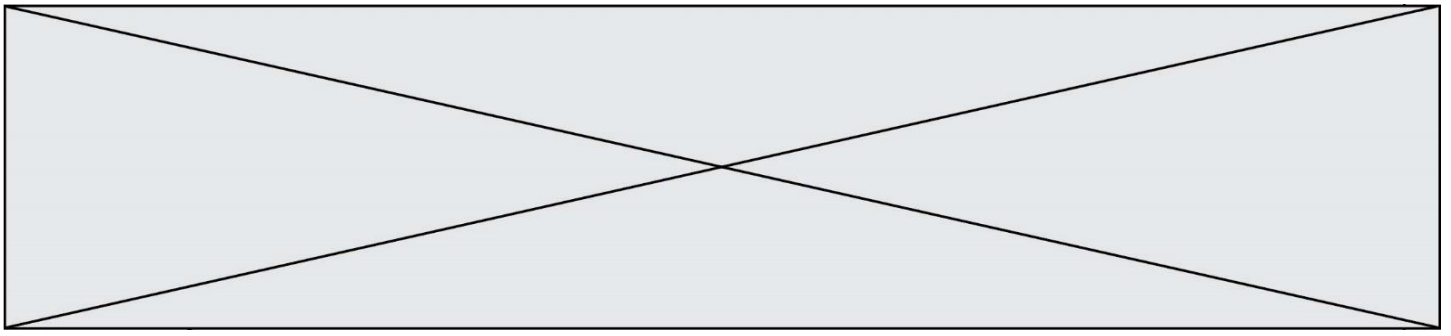
$$L_{12} = \frac{L_0}{2}$$

$$L_{12} = \frac{2}{L_0}$$

5- Longueur de la 1^{re} case.

On rappelle que la fréquence du Fa_3 est égale à $f_1 = \sqrt[12]{2} f_0$. Pour obtenir un Fa_3 , on pince la corde au niveau de la première case, la longueur de la corde vibrante étant alors égale à L_1 .

Sachant que $L_1 = \frac{L_0}{\sqrt[12]{2}}$, donner l'expression de la longueur de la première case en fonction de L_0 .



ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice : Un poison radioactif

Question 2-b

Courbe de décroissance d'un échantillon de polonium 210

