

# A Marie Curie et la radioactivité



Marie Curie est une physicienne et chimiste polonaise, naturalisée française. Elle obtient en 1903 le prix Nobel de Physique conjointement avec son mari Pierre Curie et Henri Becquerel pour leurs travaux sur les phénomènes radiatifs et, en 1911, le prix Nobel de Chimie pour ses travaux sur le polonium et le radium. Elle est à ce jour la seule personne à détenir un prix Nobel dans deux catégories différentes et est considérée comme une pionnière de la radioactivité.

## Doc. 1 Découverte du radium

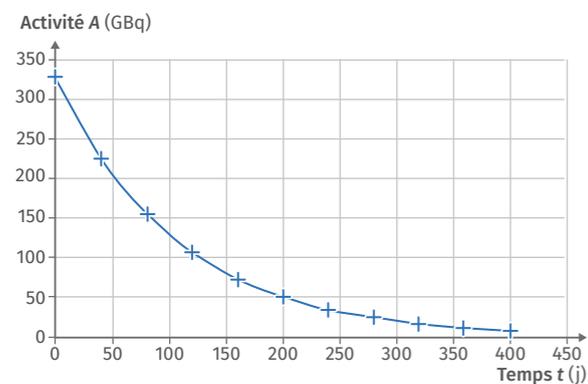
En 1897, Marie Curie débute ses travaux de thèse sur l'étude des rayons uraniques, nom donné aux rayons émis par l'uranium et découvert par Becquerel en 1896. Installés avec son mari dans un modeste laboratoire, elle se rend compte qu'une fois tout l'uranium extrait d'un minerai radioactif, ce dernier continue à émettre des rayonnements. Ils isolent un nouvel élément chimique qu'ils baptisent radium (du latin *radius* : rayon) et qui serait 900 fois plus radioactif que l'uranium.

Marie Curie finira par souffrir de maladies inconnues à l'époque et qui sont les conséquences de son exposition répétée aux rayonnements radioactifs.

Aujourd'hui, on sait que l'uranium  $^{233}_{92}\text{U}$ , isotope naturel le plus abondant de l'uranium, se désintègre en thorium  $^{234}_{90}\text{Th}$  par désintégration  $\alpha$ . Quant au radium  $^{226}_{88}\text{Ra}$ , isotope naturel le plus abondant du radium, il se désintègre en radon  $^{222}_{86}\text{Rn}$  dans 94,5 % des cas et vers un état excité du radon  $^{222}_{86}\text{Rn}$  dans 5,5 % des cas.

## Doc. 3 Courbe de décroissance radioactive de l'iridium 192

Le graphique suivant montre l'évolution de l'activité  $A$  d'un échantillon d'iridium 192 au cours du temps.



## Doc. 2 Marie Curie, Grande Guerre et médecine

Durant la Première Guerre mondiale, Marie Curie équipe des voitures d'appareils radiographiques pour aller à proximité du front (appelées les Petites Curies). Grâce aux débuts de l'imagerie médicale, il est possible de repérer les éclats d'obus dans les soldats et de les opérer plus efficacement.



Après la guerre, la radioactivité est également utilisée pour lutter contre le cancer. Toutes ces techniques vont fortement se développer au cours du XX<sup>e</sup> siècle et sont, aujourd'hui, couramment utilisées. On appelle curiethérapie la technique de traitement consistant à placer une source radioactive à proximité immédiate de la zone à traiter. Par exemple, le cancer du sein peut être traité grâce à l'iridium 192  $^{192}_{77}\text{Ir}$ , émetteur  $\beta^-$  et  $\gamma$ .

### Données

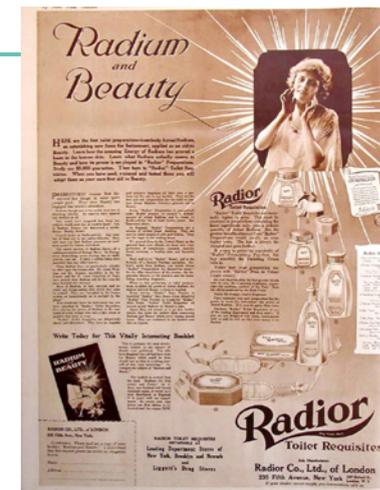
- **Masses molaires atomiques** :  $M(\text{Th}) = 232 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{S}) = 32,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- **Conversion d'énergie** :  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- **Temps de demi-vie** :  $t_{1/2}(^{232}\text{Th}) = 14,1 \times 10^9 \text{ a}$
- **Constantes radioactives** :  $\lambda(^{226}\text{Ra}) = 1,37 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$  et  $\lambda(^{238}\text{U}) = 4,92 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$
- **Activité massique du thorium 232** :  $A_m(^{232}\text{Th}) = 4,1 \times 10^3 \text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$
- **Énergie libérée par la désintégration d'un noyau de thorium 232 (sous forme de rayonnement  $\alpha$ )** :  $E_\alpha = 36 \text{ MeV}$ .

## Doc. 4 Tho-Radia, Rador

Dans la foulée de la découverte de la radioactivité, certaines industries pharmaceutiques affirment que les produits radioactifs ont des vertus rajeunissantes et proposent toute une gamme de produits cosmétiques contenant des isotopes radioactifs : dentifrice, savon, crème, etc. La photo publicitaire ci-contre en est un exemple.



La marque Tho-Radia propose une crème ayant la composition suivante : 0,01  $\mu\text{g}$  de bromure de radium ( $\text{RaBr}_2$ ) et 0,10 g de sulfate de thorium ( $(\text{SO}_4)_2\text{Th}_2$ ) pour une masse totale de 104 g de crème.



## Questions

### I. Étude du radium

1. Écrire l'équation de désintégration de l'uranium 238 ainsi que celle du radium 226.
2. L'activité représente le nombre de désintégrations par unité de temps. Traduire cette affirmation sous la forme d'une relation mathématique entre l'activité  $A$  et le nombre de noyaux radioactifs  $N$  d'un échantillon.
3. L'activité  $A$  est également proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs. En déduire que l'équation différentielle vérifiée par le nombre de noyaux restants  $N(t)$  est :  $\frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N = 0$
4. Résoudre l'équation différentielle.
5. Déterminer le temps de demi-vie du radium 226.
6. À l'aide de la question 1.2., justifier que pour deux échantillons ayant initialement le même nombre de noyaux  $N_0$ , le rapport des activités initiales correspond au rapport des constantes radioactives.
7. La constante radioactive étant liée à la quantité de rayonnement émis sur une certaine période, que peut-on dire de l'affirmation de Marie Curie selon laquelle le radium est 900 fois plus rayonnant que l'uranium ? Qu'aurait-elle dû dire à la place ?
8. En déduire la proportion de radium 226 présent dans l'échantillon étudiée par Marie Curie.

### II. Utilisations médicales de la radioactivité

1. Déterminer le temps de demi-vie de l'iridium 192 à l'aide du graphique du doc. 3.
2. En utilisant la loi de décroissance radioactive, calculer le temps au bout duquel l'activité du patient traité à l'iridium 192 a diminué de 90 %.
3. Écrire l'équation de désintégration de l'iridium 192 sachant qu'il se forme du platine Pt.
4. Pourquoi est-il important que les produits de désintégration des isotopes utilisés en médecine soient stables ?
5. Certains isotopes radioactifs utilisés en médecine ont des temps de demi-vie de l'ordre de quelques heures. Qu'est ce que cela impose pour la production de ces isotopes ?

### III. Utilisations en cosmétiques de la radioactivité

On s'intéresse au sulfate de thorium contenu dans la crème. La très grande majorité des noyaux de thorium présents sont des noyaux de thorium 232. On considère une personne qui, en 1925, met 2,0 g de cette crème sur son visage par jour en guise de maquillage. Cette personne se maquille le matin à 9 h et se démaquille le soir à 19 h. La législation actuelle (en 2020) prévoit que la dose limite de rayonnement autorisée pour un être humain est de 10 mJ par an.

1. Calculer la durée, en jour (j), au bout de laquelle cette personne de 1925 s'est exposée à la dose limite de rayonnement autorisée par an en 2020 via l'utilisation comme maquillage de cette crème au thorium.