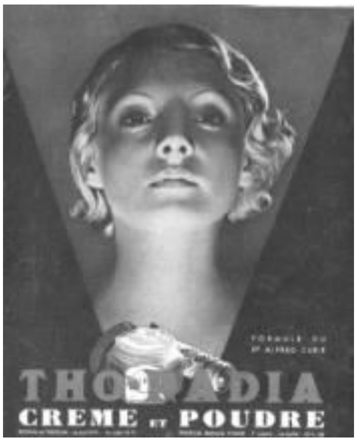
Année 1932 : Le radium à la mode



Un examen attentif des dépôts de marque réalisés entre 1927 et 1934 atteste de la " mode du radium" qui sévissait alors.

Nous avons ainsi recensé une centaine de notices évoquant, de près ou de loin, cet élément radioactif.

Le Tho-Radia revendique haut et fort sa faible teneur en radium : " [...] la radioactivité du radium est pratiquement inépuisable. On a calculé qu'elle n'aurait diminué que de moitié au bout de seize siècles. C'est ce qui fait la différence fondamentale entre une préparation qui contient réellement du radium telle que la crème Tho-Radia [...] et les produits qui n'ont été soumis qu'à l'émanation du radium. L'activité de cette émanation disparaît en très peu de temps "

D'après "Revue d'histoire de la pharmacie",
3e trimestre 2002

Première partie : Étude de l'activité due au radium 226

- **Données** : Constante radioactive du radium 226 : $\lambda = 1{,}35.10^{-11}$ s^{-1} ; Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1} ; Masse molaire atomique du radium : M = 226 $g.mol^{-1}$
- Le radium 226

1.1. Donner la composition d'un noyau de radium $^{226}_{88}Ra$.

1.2. Le radium 226 est radioactif α. Il conduit au radon de symbole Rn. Écrire l'équation de la réaction de désintégration et préciser les lois de conservation utilisées.

- À la date t = 0 de fabrication, cent grammes de crème Tho-Radia contenaient $N_0 = 3{,}33.10^{14}$ noyaux de radium.

1.3. Calculer la masse de radium 226 contenue initialement dans 100 g de crème. Citer la phrase du texte d'introduction illustrant ce résultat.

- Activité due au radium contenu dans la crème.

1.4. Donner l'expression de la loi de décroissance du nombre N de noyaux de radium 226 en fonction du temps.

1.5. Calculer le pourcentage de noyaux restants à la date t = 10 ans.
Pourquoi peut-on dire que l'activité due au radium 226 contenu dans la crème ne varie pratiquement pas pendant une période de dix ans ?

1.6. Justifier la phrase du texte introductif : « On a calculé qu'elle n'aurait diminué que de moitié au bout de seize siècles. »

Deuxième partie : Étude de l'activité due au radon 222

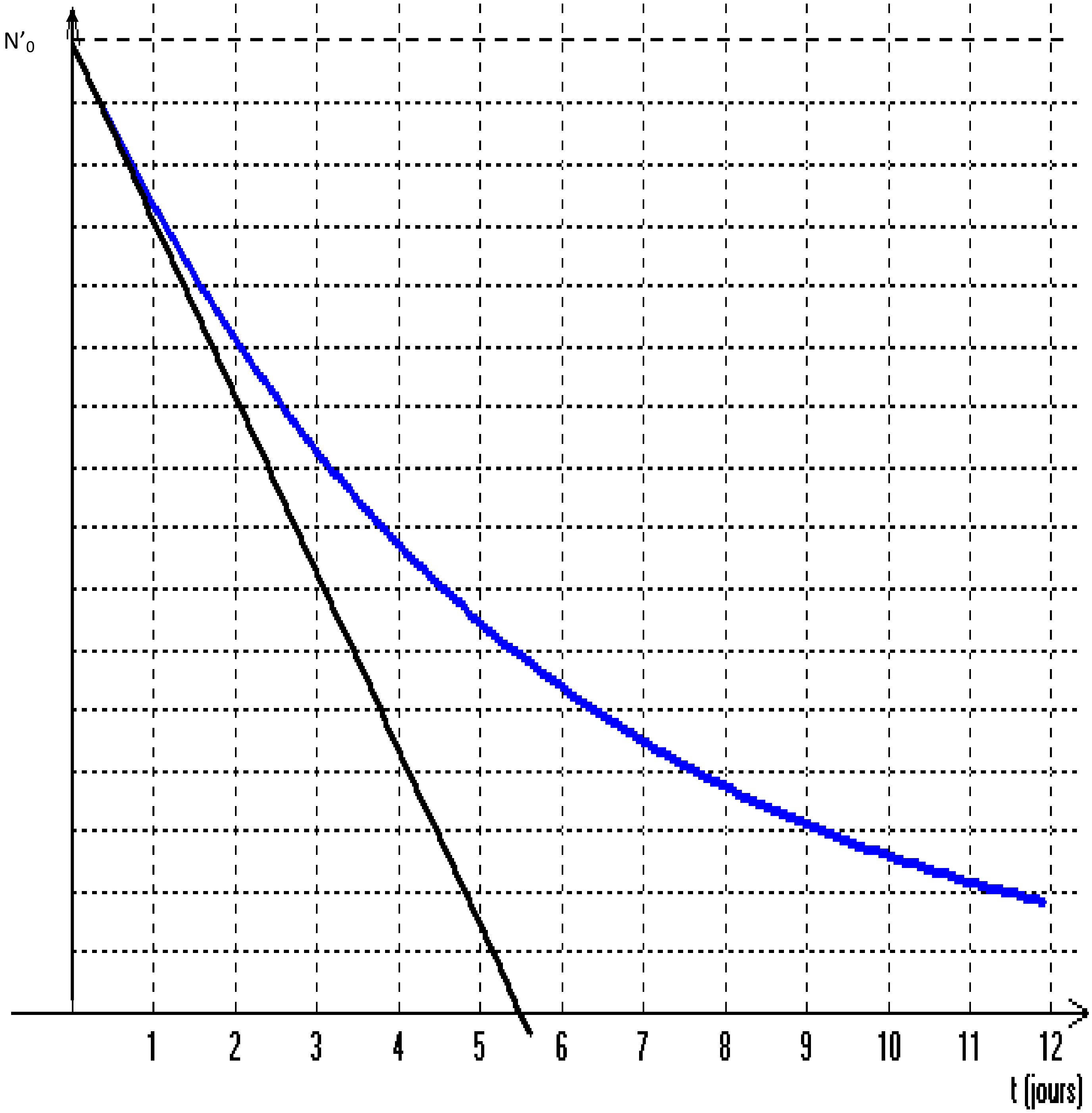
- **Donnée** : Le radon 222 a pour temps de demi-vie 3,8 jours.
- Le radon 222 produit par la désintégration du radium 226 est lui-même radioactif α.
  On donne dans **l'annexe à rendre avec la copie,** la courbe de décroissance d'un échantillon de radon 222 contenant initialement N_0' noyaux.

1.7. Déterminer graphiquement la constante de temps τ. Préciser la méthode utilisée.

1.8. Rappeler la définition du temps de demi-vie. Établir son expression en fonction de la constante de temps τ puis calculer le temps de demi-vie. La valeur calculée est-elle en accord avec la valeur donnée ?

1.9. Construire sur le même graphique, en utilisant les mêmes échelles, la courbe représentant la loi de décroissance du radon 222 pour un nombre initial de noyaux deux fois plus faible. Justifier votre construction.

FEUILLE ANNEXE



Correction

Année 1932 : Le radium à la mode

Le noyau de radium $^{226}_{88}Ra$ contient 88 protons et 226 – 88 = 138 neutrons.

$^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{A}_{Z}Rn + ^{226}_{88}He$;

conservation du nombre de charge : 88 = 2 + Z donc le numéro atomique du radon vaut 86

conservation du nombre de nucléons : 226 = 4 + A donc le nombre de nucléons du radon vaut 222.

Ainsi $^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{226}_{88}He$

La quantité de matière de noyaux de radium est $n_{Ra} = \dfrac{N_0}{N_A}$; D'autre part $n_{Ra} = \dfrac{m(Ra)}{M(Ra)}$

Ainsi $\dfrac{m(Ra)}{M(Ra)} = \dfrac{N_0}{N_A}$ soit $m(Ra) = \dfrac{N_0}{N_A} . M(Ra)$; $m(Ra) = \dfrac{3,33.10^{14}}{6,02.10^{23}} \times 226 = 1,25.10^{-7}$ g de radium contenu dans 100 g de crème Tho-Radia. Cette masse très faible de radium est indiquée par la phrase « Le Tho-radia revendique haut et fort sa faible teneur en radium… »

Loi de décroissance : $N = N_0.e^{-\lambda.t}$

Pourcentage de noyaux restants à la date t : $P\% = \dfrac{N}{N_0} \times 100\ e^{-\lambda\, t}$ avec t exprimée en secondes.

Pour t = 10 ans = $10 \times 365,25 \times 24 \times 3600$, on a $P\% = 100.e^{-1,35\times10^{-11}\times10\times365,25\times24\times3600}$ = 99,57 % soit en conservant deux chiffre significatifs (comme pour t) $P\% = 1,0\times10^2$ %.

Ainsi on peut dire que l'activité due au radium 226 contenu dans la crème ne varie pratiquement pas pendant une durée de 10 ans.

« On a calculé qu'elle n'aurait diminué que de moitié au bout de 16 siècles »

Calculons P% pour $t = 16\times10^2$ ans (durée à convertir en secondes) $P\% = 100.e^{-1,35\times10^{-11}\times16\times10^2\times365,25\times24\times3600}$ = 51%

La population de noyaux a diminué de moitié, tout comme l'activité (proportionnelle au nombre de noyaux), ce qui est conforme à la phrase du texte.

La droite tracée à partir de t = 0 correspond à la tangente à l'origine de la courbe N(t), cette tangente coupe l'axe des abscisses en $t = \tau$ donc graphiquement on lit τ = 5,5 jours

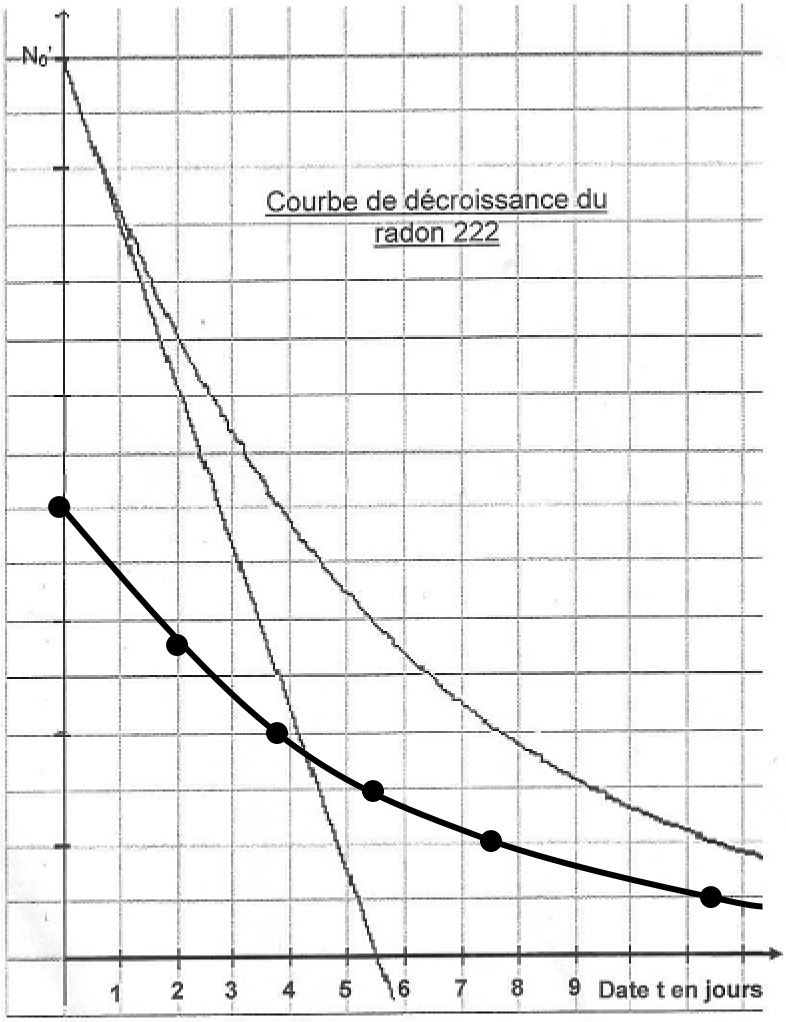
Le temps de demi-vie est la durée nécessaire pour que la population initiale de noyaux radioactifs soit divisée par deux.

Loi de décroissance $N = N_0.e^{-\lambda.t}$ ou $\dfrac{N}{N_0} = e^{-\lambda.t}$ or $\lambda = \dfrac{1}{\tau}$ donc on a $\dfrac{N}{N_0} = e^{-t/\tau}$. Pour $t = t_{1/2}$ on a $\dfrac{N}{N_0} = \dfrac{1}{2}$

$\dfrac{1}{2} = e^{-t_{1/2}/\tau}$ soit $2 = e^{-t_{1/2}/\tau}$ donc $\ln(2) = -\dfrac{t_{1/2}}{\tau}$ d'où $\boxed{t_{1/2} = \tau \ln(2)}$

$t_{1/2} = 5,5\times\ln(2)$ = 3,8 jours durée en accord avec celle donnée dans le texte (3,8 jours).

Pour $t = t_{1/2}$ = 3,8 jours, $N'' = N''_0/2$; Pour $t = 2t_{1/2}$ = 7,6 jours, $N'' = N''_0/4$; et ainsi de suite. Voir courbe.


N0'
Courbe de décroissance du radon 222
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Date t en jours