

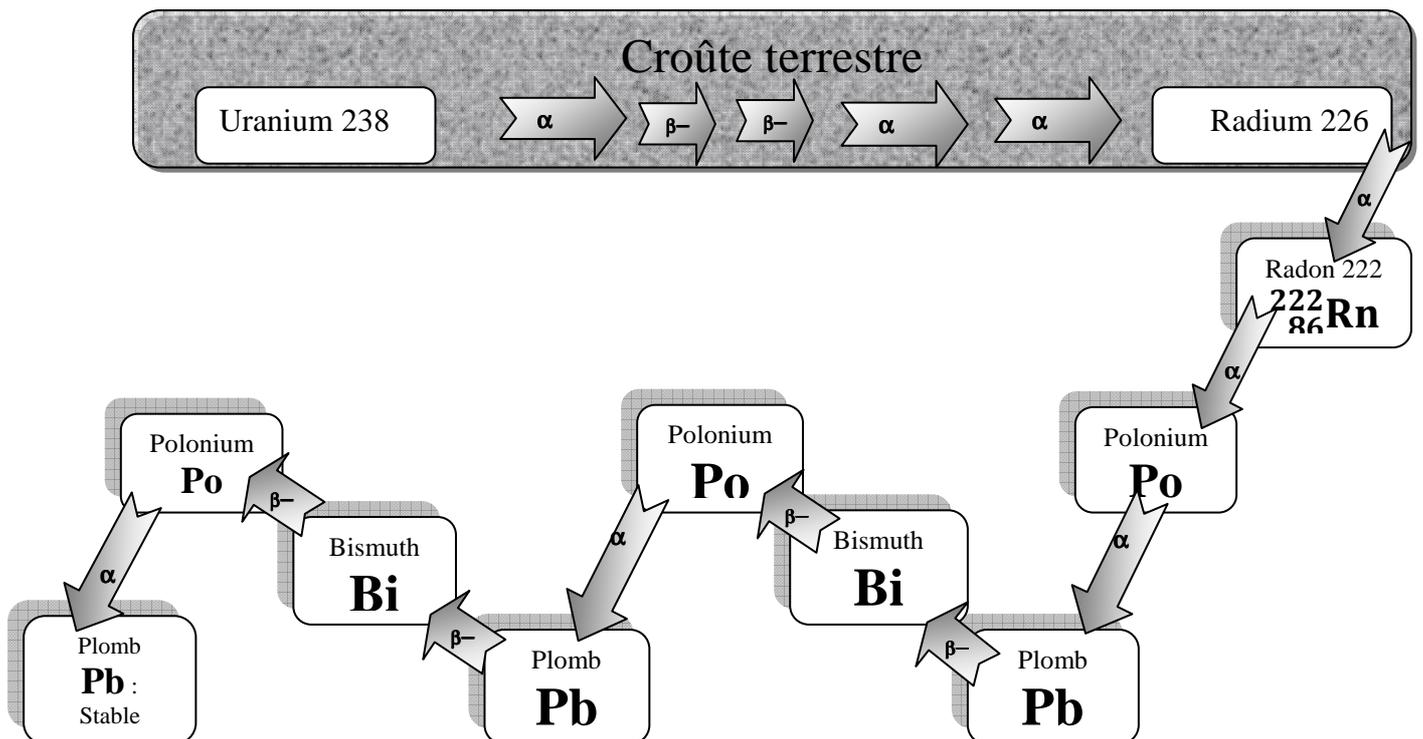
Une source de radioactivité naturelle : le radon 222

Issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre, le radon est la principale source externe d'exposition de l'homme à la radioactivité naturelle.

De numéro atomique $Z = 86$, le radon est un gaz rare, inerte, incolore et inodore. Il possède trois principaux isotopes : le radon 219, le radon 220 et le radon 222.

Le radon 222 et ses produits de filiation peuvent être absorbés par l'organisme de deux façons : par voie digestive (en buvant de l'eau) ou par voie respiratoire.

1. Famille radioactive:



- Compléter les symboles des différents éléments radioactifs dans le tableau ci-dessus.
- Ecrire les équations des trois premières désintégrations du radon 222.
- Expliquer brièvement pourquoi l'état gazeux du radon le rend particulièrement dangereux.

2. Comptage des désintégrations d'un échantillon de radon 222.

Pour mesurer la teneur en radon dans les gaz du sol, on prélève des échantillons de gaz du sol par aspiration à l'aide d'une canne de prélèvement reliée à une fiole scintillante. La fiole scintillante est tapissée de sulfure de zinc dopé à l'argent et associe à chaque particule α émise par le radon une scintillation décomptée par un photomultiplicateur.

Ouvrir le diaporama « Mesures Radon » pour observer une mesure à l'aide de la fiole scintillante.

Un technicien effectue une série de 20 mesures, chacune correspondant à une durée de 60 s.

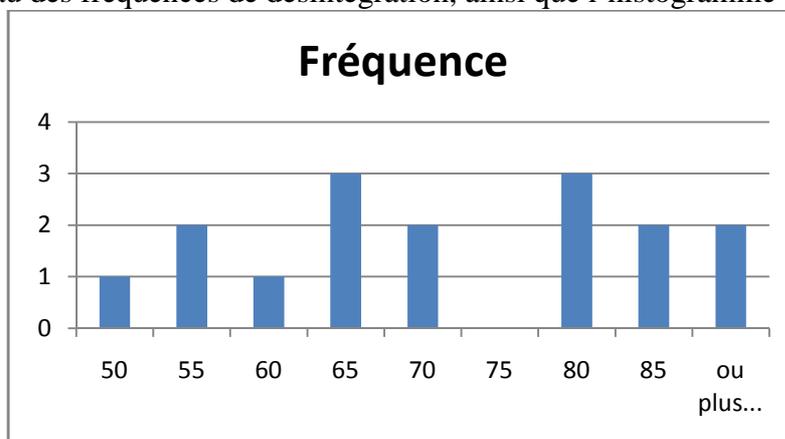
Les résultats sont reportés sur le tableau ci-dessous :

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nbr d'évènements/minute	85	78	72	45	74	53	75	67	78	56	80	63	73	54	86	62	64	87	67	84

d. Pourquoi observe-t-on une dispersion des valeurs relevées sur ce tableau ?

e. Compléter le tableau des fréquences de désintégration, ainsi que l'histogramme ci-dessous :

Classes	Fréquence
50	1
55	2
60	1
65	3
70	2
75	<input type="text"/>
80	3
85	2
ou plus...	2



f. Quel est le nombre de désintégrations le plus fréquent sur ce comptage ?

g. Calculer la valeur moyenne \bar{m} et l'écart type σ de cette série de (n) mesures.

Rappel : Variance : $V = \sigma^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{m})^2$

On montre que l'activité moyenne (nombre moyen de désintégrations par seconde) du gaz contenu dans la fiole est $A = 1,6 \cdot \bar{m}$, le coefficient 1,6 étant lié à l'appareillage utilisé.

h. Calculer l'activité, à cet instant, du gaz contenu dans la fiole. (Elle s'exprime alors en Bq par m^{-3} de gaz)

2. Décroissance radioactive du radon.

Jour	Heure de début des mesures	Nombre de jours écoulés	Nombre moyen d'évènements \bar{m} par minute	Ecart-type σ
15/04	16h35	0.00		
15/04	17h40	0.05	68.8	8
15/04	18h50	0.09	68.8	6
15/04	20h25	0.16	67.5	7
15/04	22h40	0.25	65.6	7
16/04	7h10	0.61	63.1	4
16/04	13h15	0.86	60.6	8
16/04	18h25	1.08	58.1	8
17/04	01h00	1.35	52.5	8
17/04	8h50	1.68	51.3	6
17/04	13h45	1.88	50.0	4
17/04	19h00	2.10	47.5	4
17/04	22h45	2.26	42.5	6
18/04	09h15	2.69	39.4	4
18/04	23h55	3.31	36.3	6
20/04	8h45	4.67	30.0	4
20/04	22h35	5.25	27.5	4
21/04	09h30	5.70	24.4	3
22/04	10h10	6.73	18.8	4
23/04	09h50	7.72	15.6	3
24/04	09h55	8.72	12.5	4

Avec le même prélèvement, le technicien veut étudier la décroissance radioactive du radon 222 : pour cela, il effectue pendant plusieurs jours le comptage des désintégrations, dans les mêmes conditions.

Les résultats sont réunis dans le tableau ci-contre :

a. Compléter dans Excel le tableau de valeurs : compléter la première ligne, et calculer les valeurs de l'activité A pour chaque série de mesures.

b. Observer la courbe $A=f(t)$ représentant l'évolution de l'activité du radon 222 au cours du temps. Comment l'activité de la source varie-t-elle au cours du temps ?

c. Définir, puis déterminer à partir de cette courbe le temps de demi-vie du radon 222.

- Par définition : $A(t) = - \frac{dN(t)}{dt}$
- D'autre part, l'activité $A_{(t)}$ est proportionnelle au nombre $N_{(t)}$ de noyaux radioactifs : $A_{(t)} = \lambda N_{(t)}$, λ étant la constante de radioactivité (en s^{-1}), caractéristique de l'élément étudié (ici le radon 222)

d. Ecrire l'équation différentielle reliant l'activité A(t) et sa dérivée $\frac{dA}{dt}$

- On se propose d'utiliser la méthode itérative d'Euler pour résoudre l'équation différentielle : pour une grandeur variable $x(t)$ vérifiant une équation différentielle de la forme $x_{(t)} + a \cdot \frac{dx}{dt} = 0$, la méthode d'Euler permet d'écrire : $x_{(t+\Delta t)} = x_{(t)} + \frac{dx}{dt} \cdot \Delta t$

e. Ecrire, de la même façon, la relation de récurrence entre $A_{(t+\Delta t)}$ et $A_{(t)}$, en faisant intervenir la constante de radioactivité λ .

;

f. Compléter le deuxième tableau dans EXCEL : observer tout d'abord les formules déjà inscrites sans les cases grisées, puis compléter le tableau.

Δt (en jours)	λ (en jr^{-1})
0.5	0,24

t (en jours)	A (en Bq)	dA/dt = - λ .A (Bq/jr)
0	valeur de A ₀	= [valeur de λ(ref absolues)-] * [valeur de A(ref relatives)]
= 0 + [valeur de Δt (références absolues)]	= [valeur précédente de A(ref relatives)]+[valeur précédente de dA/dt(ref relatives)]*[valeur de Δt (ref absolues)]	

Remarque : utiliser la touche F4 pour obtenir les coordonnées absolues d'une cellule.

- g. Le graphe « Euler » A=f(t) apparaît sur le même graphique que précédemment. La courbe simulée par la méthode d'Euler correspond-elle bien à la courbe expérimentale ?
 - h. Ajuster la valeur de la constante de radioactivité pour obtenir la courbe la plus satisfaisante possible. Relever cette valeur, et la comparer à la valeur trouvée précédemment.
 - i. Faire varier le pas Δt : comment la courbe évolue-t-elle ?
 - j. Relever sur la courbe d'Euler le temps de demi-réaction t_{1/2} :
 - k. Quelle est l'activité du gaz à t₂ = 2* t_{1/2} ?
- On peut également résoudre l'équation différentielle se rapportant à l'activité : sa solution s'exprime sous la forme : $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$
 - i. Dans EXCEL, afficher la courbe de tendance exponentielle correspondant à la série de mesures effectuées : relever son équation, et retrouver la valeur de la constante radioactive du radon ; comparer cette valeur aux précédentes.
 - m. Démontrer la relation suivante : $t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{A_0}{A}$ et l'utiliser pour déterminer le temps au bout duquel l'activité de l'échantillon sera égale au quart de sa valeur initiale, puis au huitième de sa valeur initiale. Que constate-t-on ?

Remarque : comparer la durée de demi-vie du radon 222 avec la durée de chaque série de comptages de l'expérience initiale. Cette durée a-t-elle été convenablement choisie ? Pourquoi ?