

## Tchernobyl trente trois ans après...

Le 26 avril 1986 se produisait le pire accident nucléaire du XXème siècle, à Tchernobyl en Ukraine. Suite à des essais mal contrôlés, le réacteur numéro quatre est entré en fusion. Il s'en est suivi une catastrophe humaine et écologique sans précédent avec des rejets massifs d'éléments radioactifs qui ont contaminé toute l'Europe. Aujourd'hui encore, des travaux sont en cours pour confiner le réacteur et limiter l'exposition aux substances radioactives.

### Document 1 : La contamination des sols

La fusion du cœur du réacteur a entraîné la contamination des sols entourant la centrale sur une superficie de 10 000 km<sup>2</sup>, appelée zone de contrôle spéciale. Le principal noyau radioactif responsable de cette contamination est le césium 137, émetteur  $\beta^-$ . Selon le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayons atomiques (UNSCEAR), l'activité du césium 137 mesurée sur le territoire entourant la centrale était de  $A = 555 \text{ kBq.m}^{-2}$  en 1986.

### Document 2 : activité d'une source radioactive

L'activité d'une source radioactive est le nombre de noyaux qui se désintègrent par unité de temps.

Elle se mesure en Becquerel :  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ desint.s}^{-1}$  ( $1 \text{ kBq} = 10^3 \text{ Bq} = 10^3 \text{ desint.s}^{-1}$ )

L'activité  $A$  à un instant donné est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs  $N$  que compte la source à cet instant :  $A = \lambda \cdot N$

Où  $\lambda$  est la constante radioactive caractéristique des noyaux radioactifs.

### Données

Particule ou noyau	neutron	proton	Baryum 142	Krypton 90	Uranium 235
symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$	${}_{56}^{142}\text{Ba}$	${}_{36}^{90}\text{Kr}$	${}_{92}^{235}\text{U}$
Masse (u)	1,0086	1,0073	141,9164	89,8197	234,9935

Numéro atomique Z	51	52	53	54	55	56
Symbole chimique	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba
Nom	Antimoine	Tellure	Iode	Xénon	Césium	Baryum

Vitesse de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Électronvolt :  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Masse molaire du césium 137 :  $M_{\text{Cs}} = 137 \text{ g.mol}^{-1}$

Nombre d'Avogadro :  $N_{\text{a}} = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante radioactive du césium 137 :  $\lambda_{\text{Cs}} = 7,27 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$

Demi-vie de l'iode 131 :  $T_{\text{I}} = 185 \text{ h}$

## Questions :

### 1. La fission nucléaire de l'uranium

La centrale de Tchernobyl utilise pour combustible l'uranium enrichi. Une des réactions se produisant au sein du réacteur est:



1.1 En appliquant les lois de conservation appropriées, déterminer le nombre de neutrons  $k$  et le numéro atomique  $Z$  du krypton.

1.2 Montrer que l'énergie  $E_1$  dégagée par la fission d'un noyau d'uranium 235 est de 216 MeV.

1.3 Calculer combien d'atomes d'uranium produirait la même énergie que celle libérée par la combustion d'une tonne de pétrole soit  $42 \times 10^9 \text{ J}$  ?

Calculer la masse correspondant à ce nombre de noyau.

### 2. Contamination du sol de Tchernobyl

2.1 Ecrire la réaction de désintégration du césium 137.

2.2 Calculer la masse totale initiale  $M_t$  de césium 137 qui s'est répandue sur la zone de contrôle spéciale. On rappelle que  $1 \text{ km}^2$  correspond à  $10^6 \text{ m}^2$ .

### 3. Les conséquences en France

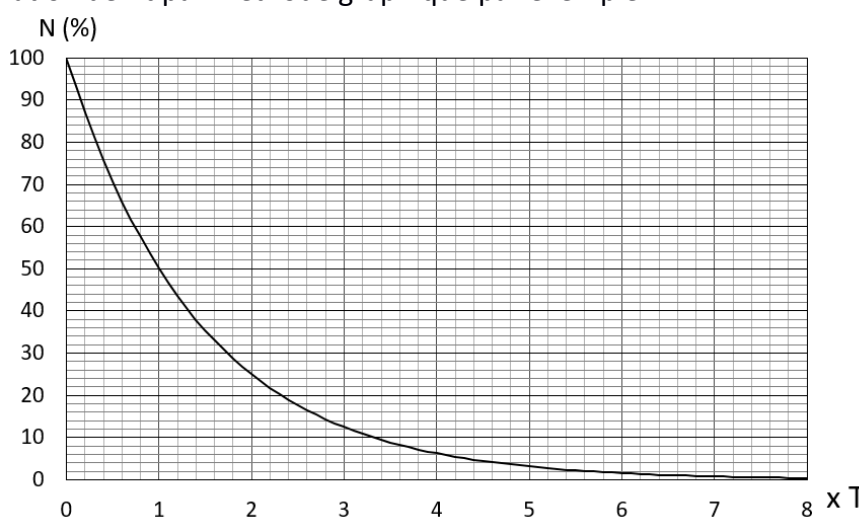
La contamination ne s'est pas arrêtée sur le sol Ukrainien. Un nuage de fines poussières contenant de grandes quantités d'éléments radioactifs a traversé toute l'Europe. Parmi eux, l'iode 131 dont il sera question dans la suite de cet exercice.

3.1 L'iode 131 se désintègre pour former du xénon 131. Donner l'équation de la réaction de désintégration puis en déduire le type de désintégration.

3.2 L'activité du nuage formé initialement en Ukraine valait  $A_{\text{UK}} = 9,8 \cdot 10^{19} \text{ Bq}$ . L'activité du nuage radioactif qui a survolé la France était de  $A_{\text{F}} = 2,0 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$ .

Estimer par la méthode de votre choix la date à laquelle le nuage est parvenu en France.

(On considèrera qu'il n'y a pas eu de dispersion entre le nuage initial et le nuage qui est arrivé en France).

1.1.	Les lois de conservation de Soddy (charge et nombre de nucléons) donnent : k=4 et Z=36
1.2.	Bilan énergétique de la réaction de fission d'un noyau d'Uranium : $\Delta m = (3m(n) + m(^{90}\text{Kr}) + m(^{142}\text{Ba}) - m(^{235}\text{U}))c^2 = -0,2316 \text{ u}$ L'énergie libérée est $E_1 = \Delta m \cdot c^2$ A.N. $E_1 = 0,2316 \times 1,66 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 = 3,46 \times 10^{-11} \text{ J}$ $E_1 = \frac{3,46 \times 10^{-11}}{1,60 \times 10^{-19}} = 2,16 \times 10^8 \text{ eV} = 216 \text{ MeV}$
1.3.	Nombre de noyaux : $N = \frac{E_p}{E_1}$ A.N. $N = \frac{42 \times 10^9}{3,46 \times 10^{-11}} = 1,21 \times 10^{21}$ Masse d'uranium : $m = N \cdot m_U$ A.N. $m = 1,21 \times 10^{21} \times 234,9935 \times 1,66 \times 10^{-27} = 4,72 \times 10^{-4} \text{ kg}$ soit 0,472g
2.1.	Désintégration $\beta^-$ : $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{137}_{56}\text{Ba} + \bar{\nu} + \gamma$
2.2.	Nombre de noyaux de césium : $N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{555 \cdot 10^3}{7,28 \cdot 10^{-10}} = 7,62 \times 10^{14}$ noyaux Masse correspondante $m = \frac{N_0}{N_A} \times M_{\text{Cs}} = 1,74 \times 10^{-7} \text{ g}$ pour 1 m <sup>2</sup>
	Masse de césium sur l'ensemble de la zone spéciale : $m = 1,74 \times 10^4 \times 10^6 \times 10^{-7} = 1,74 \times 10^3 \text{ g} = 1,74 \text{ kg}$
3.1.	$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{131}_{54}\text{Xe} + \bar{\nu} + \gamma$ . C'est donc une désintégration $\beta^-$
3.2.	Détermination de $\Delta t$ par méthode graphique par exemple :  $\Delta t = 5,6 \times T = 185 \times 5,6 = 1,0 \times 10^3 \text{ h} = 43 \text{ jours}$ Date d'arrivée du nuage : 8 Juin 1986