

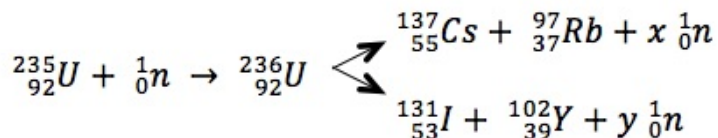
Enoncé

Le 11 mars 2011, un séisme suivi d'un tsunami a dévasté la centrale électrique japonaise de Fukushima-Daiichi. Ces événements naturels ont été à l'origine, à partir du 12 mars, de la fusion de 3 des 6 cœurs de réacteurs nucléaires sur le site de la centrale. Cet accident a conduit à d'importants rejets radioactifs dans l'environnement parmi lesquels on peut noter la présence d'iode-131 ($Z = 53$) et de césium-137 ($Z = 55$) qui présentent une période radioactive de $T_{1/2} = 8,02$ jours pour l'iode-131 et de $T_{1/2} = 30,08$ ans pour le césium-137.

Questions

QUESTION N° 1 :

Dans une centrale nucléaire, les réactions de fission de l'uranium-236 peuvent être les suivantes :



Calculer le nombre de neutrons x et y émis lors de ces deux réactions de fission.

Proposition de réponse

$$x = 2$$

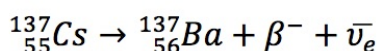
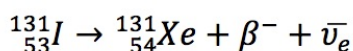
$$y = 3$$

QUESTION N° 2 :

L'iode-131 et le césium-137 sont 2 émetteurs bêta moins formant respectivement du xénon ($Z = 54$) et du baryum ($Z = 56$).

Ecrire les équations de désintégration de ces 2 éléments.

Proposition de réponse



QUESTION N° 3 :

Afin de protéger la population japonaise des conséquences thyroïdiennes de la libération d'iode-131 dans l'atmosphère, les autorités nipponnes se sont intéressées particulièrement aux propriétés physiques de l'iode-131.

EPREUVE D'EXERCICE D'APPLICATION

Exercice N° 5 (40 points)

Calculer la constante radioactive de l'iode-131 (en s^{-1}).

Proposition de réponse

$$\text{iode-131 : } T_{1/2} = 8,02 \text{ jours} = 692\,928 \text{ secondes donc } \lambda = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

QUESTION N° 4 :

Les premières données sur la contamination de l'air en date du 22 mars 2011 à 18 h font état de la présence de $9 \cdot 10^{16}$ Bq d'iode-131. L'iode-131 étant volatil on suppose que la totalité de l'iode-131 libéré lors de l'explosion se retrouve dans l'atmosphère.

Calculer l'activité en iode-131 produite le 12 mars 2011 à 18 h lors la fusion des cœurs des réacteurs.

Proposition de réponse

$$A = A_0 \cdot e^{\frac{-\ln 2}{T} \cdot t}$$

$$t = 10 \text{ jours}$$

$$\text{Activité} = 1,44 \cdot 10^{17} \text{ Bq le 12 mars 2011 à 18 h}$$

QUESTION N° 5 :

Calculer le nombre de noyaux radioactifs d'iode-131 libérés le 12 mars 2011 à 18 h dans l'atmosphère autour de la centrale ($N_{\text{avogadro}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), ainsi que la masse correspondante.

Proposition de réponse

$$A = \lambda \cdot N$$

$$N_{\text{iode-131}} = 1,44 \cdot 10^{23} \text{ atomes} = 0,239 \text{ moles} = 31,3 \text{ grammes}$$

QUESTION N° 6 :

A partir du 14 mars 2011, des vents de sud ont orienté le panache de rejets radioactifs vers Tokyo. Les autorités ont mesuré sur une période de 7 jours une contamination atmosphérique moyenne par l'iode-131 de 55 Bq/m^3 .

Sachant que le débit horaire pulmonaire est de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$, calculer la contamination (en Bq) par inhalation de la population de Tokyo sur cette période.

Proposition de réponse

$$\text{Sur 7 jours} = 168 \text{ heures soient } 201,6 \text{ m}^3 \text{ d'air respiré}$$

$$\text{iode-131 : } 11\,088 \text{ Bq sur 7 jours}$$

QUESTION N° 7 :

EPREUVE D'EXERCICE D'APPLICATION

Exercice N° 5 (40 points)

Sachant que la dose efficace engagée par unité d'incorporation est de $2 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq pour l'iode-131, calculer la dose totale d'exposition des habitants de Tokyo sur 7 jours.

Proposition de réponse

Iode-131 : 11 088 Bq sur 7 jours, soit 0,22 mSv.

QUESTION N° 8 :

Pour prévenir le risque d'irradiation thyroïdienne, la population vivant autour de la centrale a ingéré de l'iode stable pour diminuer la période biologique de l'iode-131 par saturation de la thyroïde. Sachant qu'après ingestion de 100 mg d'iode stable, la période biologique de l'iode est de 6 h, calculer le temps nécessaire pour que la population vivant autour de la centrale élimine la moitié de l'activité de l'iode-131 inhalé.

Proposition de réponse

$$\frac{1}{T_{effective}} = \frac{1}{T_{biologique}} + \frac{1}{T_{physique}}$$

$$T_{biol} = 6 h$$

$$T_{phys} = 8,02 J$$

$$T_{eff} = 5,8 heures$$