

Enoncé

Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes

Les solutions de pertechnétate de sodium ($^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$) injectables sont obtenues par élution d'un générateur $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$.

Afin d'analyser la pureté radionucléidique (PRN) de ces solutions, la pharmacopée européenne impose de déterminer le pourcentage de ^{99}Mo contenu dans l'éluat de ^{99m}Tc .

Pour effectuer cette analyse, trois techniques sont préconisées et l'activité maximale admise de ^{99}Mo ne doit pas dépasser 0,1 % de l'activité totale de l'élution.

Questions

QUESTION N° 1 :

Technique n°1 - Essai préliminaire par atténuation

La couche de demi-atténuation (CDA) des rayonnements gamma du ^{99m}Tc dans le plomb est de 0,35 mm. Celle des rayonnements gamma du ^{99}Mo est de 6,93 mm. On place une source de ^{99m}Tc dans une chambre d'ionisation et on mesure une activité de 37 MBq. La source est alors placée dans un pot plombé de 6 mm d'épaisseur (tous cotés) et est mesurée dans le même appareil. La valeur mesurée est alors de 18 kBq (on néglige la décroissance entre ces 2 mesures).

On considère dans cet exercice que l'activité mesurée est directement proportionnelle au flux de rayonnement émis par la source.

- a) Quelle est la relation liant le flux de rayonnement, la CDA et l'épaisseur de plomb traversée ?
- b) Dans l'hypothèse où la pureté radionucléidique serait de 100 %, quelle serait l'activité totale mesurée avec la protection de plomb ?
- c) En négligeant la mesure de l'activité résiduelle due au rayonnement du ^{99m}Tc , quelle est l'activité en MBq de ^{99}Mo présente dans l'éluat ?
- d) Quelle est la pureté radionucléidique de l'éluat, mesurée par cette technique ?

Proposition de réponse

a)

$$I = I_0 e^{(-\mu x)} \text{ ou } I = I_0 e^{(-\ln 2 \cdot x / \text{CDA})}$$

b)

$$I = I_0 e^{(-\ln 2 \cdot x / \text{CDA})} \text{ avec } I_0 = 37 \text{ MBq, } x = 6 \text{ mm et } \text{CDA} = 0,35 \text{ mm}$$

$$I = 255,7 \text{ Bq}$$

c)

$$I = I_0 e^{(-\ln 2 \cdot x / \text{CDA})} \text{ avec } I = 18 \text{ kBq, } x = 6 \text{ mm et } \text{CDA} = 6,93 \text{ mm}$$

EPREUVE D'EXERCICE D'APPLICATION

Exercice N° 2 (40 points)

$$I_0 = 32,8 \text{ kBq}$$

d)

$$\% \text{ d'impuretés: } A(\text{Mo})/A_{\text{totale}} = 32,8 \cdot 10^3 / 37 \cdot 10^6 = 0,09 \%$$

$$\text{PRN} = 99,91 \%$$

QUESTION N° 2 :

Technique n°2 - Essai définitif par décroissance

Un aliquot de 258 MBq de ^{99m}Tc le 04/07/2019 à 10 h 00 est mis en décroissance et remesuré le 11/07/2019 à 10 h 00. L'activité mesurée en ^{99m}Tc est alors de 42 kBq.

Données : Pour le ^{99m}Tc , $T_{1/2} = 6 \text{ heures}$; Pour le ^{99}Mo , $T_{1/2} = 2,75 \text{ jours}$.

$$A_{^{99m}\text{Tc}(t)} = \frac{\lambda_{^{99m}\text{Tc}}}{\lambda_{^{99m}\text{Tc}} - \lambda_{^{99}\text{Mo}}} \cdot A_{^{99}\text{Mo}(0)} \cdot \left(e^{-\lambda_{^{99}\text{Mo}} \cdot t} - e^{-\lambda_{^{99m}\text{Tc}} \cdot t} \right)$$

a) Calculer les constantes radioactives des radionucléides ^{99m}Tc et ^{99}Mo .

En négligeant la mesure de l'activité résiduelle due à la décroissance du ^{99m}Tc , quelle est l'activité en MBq de ^{99}Mo présente dans l'éluat le 04/07/2019 à 10 h 00 ?

b) Dans l'hypothèse où la pureté radionucléidique de l'éluat serait de 100 %, quelle serait l'activité totale mesurée le 11/07/2019 à 10 h 00 ?

c) Quelle est la pureté radionucléidique de l'éluat mesurée par cette technique ?

Proposition de réponse

a)

$$A_{^{99m}\text{Tc}(t)} = \frac{\lambda_{^{99m}\text{Tc}}}{\lambda_{^{99m}\text{Tc}} - \lambda_{^{99}\text{Mo}}} \cdot A_{^{99}\text{Mo}(0)} \cdot \left(e^{-\lambda_{^{99}\text{Mo}} \cdot t} - e^{-\lambda_{^{99m}\text{Tc}} \cdot t} \right)$$

$$\lambda_{^{99m}\text{Tc}} = \ln 2 / 6 = 0,1155 \text{ h}^{-1}; \lambda_{^{99}\text{Mo}} = \ln 2 / (2,75 \times 24) = 0,0105 \text{ h}^{-1}$$

$$A_{11/07/19} = 42 \text{ kBq (en } ^{99m}\text{Tc)}$$

$$A_{04/07/19} = 222,9 \text{ kBq (en } ^{99}\text{Mo)}$$

b)

$$A = A_0 e^{(-\ln 2 \cdot t / T)} \text{ avec } A_0 = 258 \text{ MBq, } T = 6 \text{ h et } t = 7 \times 24 = 168 \text{ h}$$

$$A = 0,96 \text{ Bq}$$

EPREUVE D'EXERCICE D'APPLICATION

Exercice N°2 (40 points)

c)

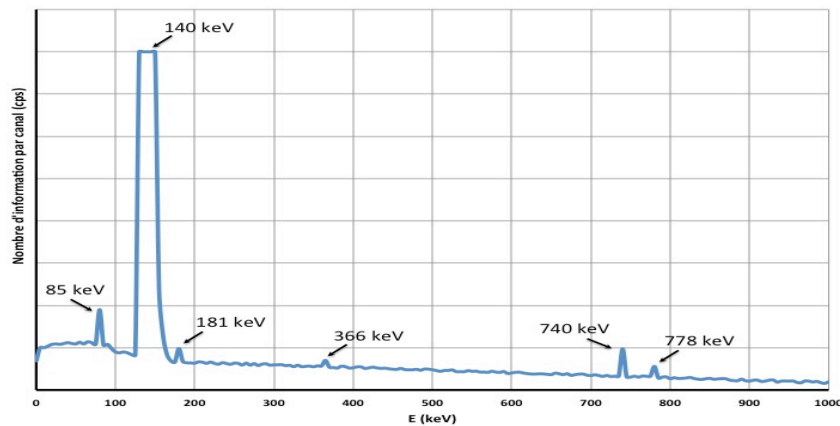
$$\% \text{ d'impuretés : } A_{\text{Mo}} / A_{\text{Totale}} = 222,9 \cdot 10^3 / 258 \cdot 10^6 = 0,086 \%$$

$$\text{PRN} = 99,91 \%$$

QUESTION N° 3 :

Technique n°3 - Essai définitif par spectrométrie gamma

Un échantillon de 37 MBq d'éluat est analysé à l'aide d'un spectromètre à scintillation blindé avec du plomb. Le spectre obtenu est le suivant :



Les aires sous courbe ont donné les valeurs suivantes (1 cps = 1,25 Bq) :

85 keV : 7300 cps ; 140 keV : 200000 cps (signal saturé) ; 181 keV : 1500 cps ; 366 keV : 250 cps ;
740 keV : 3000 cps ; 778 keV : 1075 cps.

Sachant que les propriétés d'émission du ^{99}Mo et du $^{99\text{m}}\text{Tc}$ sont les suivantes :

Isotope	Energie (keV)	Intensité d'émission (%)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	140	100
^{99}Mo	181	6
	366	1
	740	12
	778	4,3

- Quelle est l'origine des photons de 85 keV détectés par le scintillateur ?
- Quelle est l'activité de ^{99}Mo présente dans l'éluat ?
- Quelle est la pureté radionucléidique de l'éluat mesuré par cette technique ?

Proposition de réponse

a)

Les photons de 85 keV détectés correspondent à des rayons X de fluorescence issus de la raie K_{α} du plomb (composant du spectromètre)

b)

EPREUVE D'EXERCICE D'APPLICATION**Exercice N°2 (40 points)**

181 keV : 1500 cps = 1875 Bq (6%) = 31250 Bq

ou 366 keV : 250 cps = 312,5 Bq (1%) = 31250 Bq

ou 740 keV : 3000 cps = 3750 Bq (12%) = 31250 Bq

ou 778 keV : 1075 cps = 1343,75 Bq (4,3%) = 31250 Bq

c)

% impuretés = $A_{\text{Mo}} / A_{\text{Totale}} = 31,25 \cdot 10^3 / 37 \cdot 10^6 = 0,084 \%$

PRN = 99,91 %