

# La tomographie par émission de positons : TEP

On utilise essentiellement le fluorodesoxyglucose FDG marqué au fluor 18 pour ce type d'examen.

## 1) Production du fluor 18 : $^{18}_9\text{F}$

Le fluor 18 est fabriqué après collision entre un noyau d'oxygène 18 à l'état liquide :  $^{18}_8\text{O}$  et un proton  $^1_1\text{p}$  de haute énergie cinétique :  $E_c = 18 \text{ MeV}$ , issu d'un cyclotron.

Une autre particule élémentaire est émise lors de cette collision.

Ecrire la réaction nucléaire en précisant les 2 lois utilisées.

Quelle est la particule formée en même temps que le fluor 18 ?

## 2) Désintégration du fluor 18

Le fluor  $^{18}_9\text{F}$  se désintègre par émission  $\beta^+$  pour donner de l'oxygène O, le noyau de l'oxygène se retrouvant dans son état fondamental.

a) Ecrire l'équation de désintégration.

b) Donner le schéma de désintégration du fluor 18.

c) Montrer que l'énergie totale libérée au cours de cette désintégration est :  $E = 0,635 \text{ MeV}$ .

$$m_{\text{F}} = 18,000938 \text{ u}$$

$$m_{\text{O}} = 17,999160 \text{ u}$$

$$m_e = 5,4858 \cdot 10^{-4} \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$$

Entre quelles valeurs varie l'énergie des  $\beta^+$  ? Pourquoi ?

d) Pourquoi le fluor 18 peut-il être détecté par l'intermédiaire de 2 photons d'annihilation  $\gamma$  d'énergie  $E = 511 \text{ keV}$  émis dans des directions opposées ?

e) Donner le spectre théorique d'émission de ces photons  $\gamma$ .

## 3) Détection des photons d'annihilation $\gamma$

Un dispositif composé d'un cristal scintillateur, une photocathode et un photomultiplicateur permet de détecter les photons  $\gamma$ .

a) Le cristal scintillateur BGO : **B**ismuth **G**ermanium **O**xide, a une épaisseur 2 pouces  $\frac{1}{4}$ , soit 5,71 cm. Les photons de scintillation émis ont pour longueur d'onde :  $\lambda' = 410 \text{ nm}$ .

Si un photon d'annihilation d'énergie :  $E = 511 \text{ keV}$  cède toute son énergie à un électron, comment s'appelle cet effet ?

Combien de photons de scintillation sont émis ?

Pourquoi le cristal scintillateur doit-il être si épais ?

b) Quel autre effet se produit quand les photons interagissent dans le scintillateur ?

c) Derrière le cristal, se trouvent une photocathode et un photomultiplicateur PM.

Donner leurs principes.

d) Donner l'allure du spectre de détection de ces photons d'annihilation.

#### 4) Activité de la source radioactive

A la sortie du réacteur, un automate de synthèse permet de remplacer un groupement OH du glucose par du fluor 18. La molécule marquée a alors des propriétés analogues au glucose. Dans l'organisme, elle se fixe dans les cellules cancéreuses, qui ont un métabolisme augmenté par rapport aux cellules saines.

Plusieurs doses sont produites en même temps pour réaliser 3 examens.

Le premier examen a lieu à 10 h et on injecte au patient une dose d'activité :  $A = 260 \text{ MBq}$ .  
La période radioactive du fluor 18 est :  $T_{1/2} = 112 \text{ minutes} = 1,83 \text{ h}$ .

a) Quel est le nombre  $N$  de noyaux de fluor 18 contenus dans une dose ?  $N = A/\lambda$

A quelle masse de fluor 18 cela correspond-il ?

b) Un deuxième patient a son examen 2 heures plus tard et on doit également lui injecter une dose d'activité :  $A = 260 \text{ MBq}$ .

Quelle était l'activité  $A_0$  de cette dose à 10 h du matin ?

c) Un troisième patient a son examen 6 heures plus tard et on doit également lui injecter une dose d'activité :  $A = 260 \text{ MBq}$ .

Quelle était l'activité  $A'_0$  de cette dose à 10 h du matin ?

d) Au bout de combien de temps l'activité initiale  $A$  aura-t-elle diminué de 99,9% ?

e) En déduire pourquoi le cyclotron doit se trouver près de l'endroit où l'examen est réalisé.

f) En fait, 99,9 % de la radioactivité a disparu après  $7 T_{1/2}$  dans l'organisme. Pourquoi ?

#### 5) Radioprotection

La couche de demi-atténuation des photons  $\gamma$  de 511 keV est :  $x_{1/2} = 4,0 \text{ mm}$  pour le plomb.

a) Une enceinte blindée a une épaisseur :  $x = 50 \text{ mm}$ .

Quel est le pourcentage du rayonnement transmis par cette enceinte ?

b) Pourquoi le port d'un tablier de plomb d'épaisseur :  $e = 0,4 \text{ mm}$  n'est-il d'aucune utilité pour se protéger ?

c) Une source de 260 MBq entraîne un débit de dose de  $60 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  à une distance :  $d_0 = 1 \text{ m}$  de la source. Quel est le débit de dose à une distance :  $d = 3 \text{ m}$  de la source ?

d) L'examen TEP entraîne une exposition corps entier de 3,5 mSv pour le patient. Cette exposition est-elle supérieure aux normes annuelles tolérées pour le grand public ?