

Atelier régional de conservation NUCLEART de Grenoble

La France dispose d'une installation unique en Europe pour la préservation des objets du Patrimoine. C'est l'Atelier régional de conservation NUCLEART de Grenoble. Créé en 1969, à l'initiative de Louis de Nadaillac, un ingénieur du Commissariat à l'Energie Atomique, c'est aujourd'hui un « Groupement d'Intérêt Public et Culturel ».

Les activités en matière de restauration de cet organisme se sont diversifiées, mais sa principale originalité est de posséder depuis ses débuts une **installation d'irradiation au cobalt 60** de grande dimension.

L'irradiation a lieu dans une casemate. Les barreaux de cobalt-60, constituant la source, sont entreposés dans une piscine de 4,25 mètres de profondeur et entourée d'un mur de béton de 1,25 m d'épaisseur. Cette profondeur est suffisante pour que l'on puisse observer la source sans danger dans sa position de repos. Un système de rails fait passer les barreaux de la piscine à la casemate au moment de l'irradiation. Ils regagnent la piscine après celle-ci. Comme l'irradiation ne génère pas de radioactivité, on peut pénétrer dans la casemate et manipuler les objets dès la fin du traitement. Un hublot de verre au plomb permet de voir l'intérieur de la casemate et de suivre l'opération de consolidation ou de désinfection.

L'irradiation par les rayons gamma protège les objets anciens de dégradations en éliminant des champignons, des larves, insectes et bactéries. Les rayons gamma du cobalt 60 constituent un outil de choix pour éliminer à froid et avec une grande fiabilité moisissures et parasites.

Du point de vue biologique, un rayonnement gamma intense provoque des lésions dans les molécules d'ADN, siège de l'information génétique des micro-organismes. Il interagit sur la totalité de la cellule, entraînant la destruction des organismes.

Le rayonnement est très pénétrant et irradie l'ensemble du volume traité. Il ne nécessite pas l'utilisation de produits chimiques et s'effectue à température et pression ambiante. Un objet n'a pas besoin d'être sorti de l'emballage qui a servi à le transporter. Les momies peuvent rester dans leur sarcophage.

La simple **désinfection**, traitement curatif, demande une irradiation d'assez courte durée des objets. La **stérilisation** demande des irradiations nettement plus intenses. Il est nécessaire d'adapter la dose de rayonnement à la nature des parasites que l'on désire détruire. Ainsi une désinfection dure de une à quelques heures, alors qu'une stérilisation nécessite une vingtaine d'heures. Il faut par exemple, 500 Grays (Gy) pour stériliser les insectes xylophages et 2000 Gy pour tuer la croissance de certains champignons, 10 000 Gy ou davantage pour une stérilisation. Cette technique est très adaptée à la désinfection de mobilier, de statues, d'objets ethnographiques, de momies, etc... Elle est aussi utilisée à l'échelle industrielle pour la conservation de certains aliments.

L'intérêt de la consolidation par irradiation réside dans le fait de pouvoir contrôler le dégagement de chaleur de la **réaction de polymérisation** au sein de l'objet, en modifiant le débit de dose de rayonnement gamma. On démarre la réaction avec un débit de dose de l'ordre de 1kGy/heure, et lorsque la température à l'intérieur du bois atteint une valeur de l'ordre de 60-70°C, on réduit le débit de dose en éloignant l'objet de la source de rayonnement, afin de faire décroître cette température. La durée totale de l'opération est de l'ordre de 48 heures, avec des débits de dose variables pour éviter que la température au sein de l'objet ne dépasse pas les 70°C. Il fait environ une dose de 20000 Grays pour une radiopolymérisation.

Etude d'une source de cobalt 60

1) Production du cobalt 60

A l'état naturel, on trouve 100 % de $^{59}_{27}\text{Co}$, élément stable.

- Quel est le nombre de protons et le nombre de neutrons contenus dans le $^{59}_{27}\text{Co}$?
- Comment peut-on obtenir du cobalt 60 ?

2) Désintégration du cobalt 60

Le cobalt $^{60}_{27}\text{Co}$ se désintègre par émission β^- pour donner du nickel Ni dans un état excité.

- Ecrire l'équation de désintégration.
- Le noyau excité de nickel revient dans son état fondamental en émettant successivement 2 photons : γ_1 et γ_2 , d'énergie $E_1 = 1,173 \text{ MeV}$ et $E_2 = 1,332 \text{ MeV}$, avec une intensité : $I_\gamma : 100 \%$. Donner le schéma de la désintégration du cobalt 60.
- Montrer que l'énergie totale libérée au cours de cette désintégration est $E = 2,824 \text{ MeV}$.

$$m_{\text{Co}} = 59,933822 \text{ u}$$

$$m_{\text{Ni}} = 59,930790 \text{ u}$$

$$m_e = 5,485 \cdot 10^{-4} \text{ u}$$

$$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Masse molaire du } ^{60}_{27}\text{Co} = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- Entre quelles limites varie l'énergie cinétique des particules β^- émises ? Donner le spectre d'émission β^- .
- Tracer le spectre d'émission γ
- En pratique, on utilise un compteur à scintillation pour tracer ce spectre. Donner le principe de ce compteur.

3) Décroissance radioactive d'une source du cobalt 60

La période radioactive du cobalt 60 est : $T_{1/2} \approx 5 \text{ ans}$.

- Quelle est la définition de la période radioactive d'un échantillon radioactif ?
- A la sortie du réacteur nucléaire, la source de cobalt 60 a une activité : $A_0 = 3 \cdot 10^6 \text{ GBq}$.
- Combien y a-t-il de noyaux dans cette source ?
- Quelle est sa masse m ?
- Quelle est l'activité de cette source après les temps t suivants :

$t_{(\text{ans})}$	1	5	10
$A_{(\text{GBq})}$			

Faut-il renouveler régulièrement la source ?

4) Interaction rayonnement - matière

a) Les interactions des photons γ émis par le cobalt 60 avec la matière se font par effet photoélectrique et par effet Compton.

Décrire l'effet photoélectrique.

Pourquoi dit-on que le rayonnement γ est un rayonnement ionisant ?

b) Les barreaux de cobalt 60 sont entreposés au fond d'une piscine de stockage remplie avec 4,25 m d'eau et entourée de 1,5 m de béton.

Cette profondeur vous semble-t-elle suffisante pour protéger les employés de l'usine ?

Coefficient d'atténuation linéaire de l'eau pour les photons émis : $\mu = 0,07 \text{ cm}^{-1}$

c) Les objets irradiés sont introduits dans une casemate de 4 m x 4 m. Pour que le traitement soit efficace, ils doivent recevoir une dose de 1000 Gy (grays) la première heure de telle sorte que la température soit de l'ordre de $60^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}$, c'est à dire absorber une énergie de 1000 Joules par kilogramme.

Sachant qu'une source d'activité : $A = 1 \text{ GBq}$ délivre une dose : $D = 365 \mu\text{Gy}$ en 1 h à 1 m, quelle est l'activité de la source ?

d) Que devient la dose absorbée si l'objet est déplacé à 2 m de la source de cobalt ?

La température de l'objet varie-t-elle ?

e) Ces doses absorbées vous semblent-elles importante ?

La dose totale reçue pour une radiopolymérisation est de l'ordre de 20 000 Gy et la durée totale de l'irradiation est de 48 h.

La momie de Ramsès II a reçu cette même dose lors de sa désinsectisation.