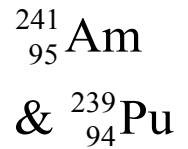




Société Nucléaire Canadienne

Feuillet éducatif sur l'américium-241 et le plutonium-239

www.cns-snc.ca



L'américium-241 (${}^{241}\text{Am}$) est utilisé en très petites quantités dans les détecteurs de fumée résidentiels. L'américium présente plusieurs similarités au plutonium (Pu). Mais tandis que le public accepte l'utilisation de petites quantités de ${}^{241}\text{Am}$ dans les détecteurs de fumée à la maison, la réaction au transport de n'importe quelle quantité de ${}^{239}\text{Pu}$, même avec toutes sortes de règles et contrôles, est tout à fait différente. Un journal populaire^{1,2} nota que malgré que l'américium et le neptunium soient tous deux sujets à la fission, ils ne sont pas couverts par les mesures de sauvegarde de l'AIEA. Ce feuillet tente de mettre ce sujet en contexte.

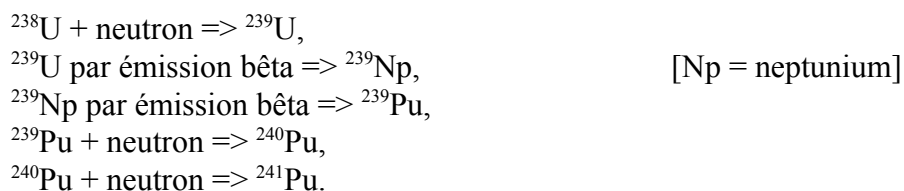
L' ${}^{241}\text{Am}$ émet un rayonnement alpha à haute énergie, ainsi que des rayons gamma de basse énergie. Les particules énergétiques alpha sont absorbées à l'intérieur même du détecteur de fumée, tandis que la plupart des rayons gamma s'échappent. Il ne peut y avoir de contact fortuit avec l'américium; ceci est assuré par la construction du détecteur de fumée. L'américium est en forme d'oxyde métallique résistant aux processus biochimiques, au cas très improbable où il serait ingéré.

Le nombre atomique de l'américium est 95, et sa masse atomique moyenne est 243. En forme métallique, l'américium est un métal argenté, qui se ternit lentement à l'air et qui est soluble en acide. L'américium n'a pas d'isotopes stables, il est donc extrêmement rare dans la nature. Des 13 isotopes de l'américium, l' ${}^{243}\text{Am}$ est le plus stable, avec une demi-vie de plus de 7 500 ans, mais l' ${}^{241}\text{Am}$, qui a une demi-vie de 470 ans, fut le premier isotope à être isolé. (Après une demi-vie, une moitié de la quantité originale d'un isotope radioactif s'est désintégrée, et l'autre moitié demeure.)

Le nombre atomique du plutonium est 94, et sa masse atomique moyenne est 240. En forme métallique, le plutonium est un métal argenté, mais pas aussi brillant que l'américium. Il se ternit aussi lentement à l'air, et est soluble en acide. Le plutonium n'a pas d'isotopes stables, il est donc extrêmement rare dans la nature. On en trouve des quantités minuscules dans le minerai d'uranium. Des 16 isotopes du plutonium, le ${}^{244}\text{Pu}$ est le plus stable, avec une demi-vie d'environ 80 million d'années. Plusieurs de ces isotopes sont sujets à la fission par neutrons thermiques. Certains des isotopes sont sujets à la fission par neutrons rapides (comme l' ${}^{241}\text{Am}$). Le ${}^{239}\text{Pu}$ a une demi-vie de 24 400 ans, et une section efficace élevée pour la fission par neutron thermique. Le ${}^{239}\text{Pu}$ se désintègre par émission d'une particule alpha d'énergie 5,243 MeV, ou par fission spontanée.

Source

Le plutonium-241 (${}^{241}\text{Pu}$), qui représente environ 12% du contenu d'un pourcent de plutonium dans le combustible épuisé typique d'un réacteur à eau légère, a une demi-vie de 14 ans, et se désintègre vers l' ${}^{241}\text{Am}$ par émission bêta. (Ces proportions sont différentes dans un réacteur CANDU® à eau lourde.) Le ${}^{241}\text{Pu}$ est produit dans n'importe quel réacteur nucléaire par la capture d'un neutron par l'uranium-238 (${}^{238}\text{U}$). Les étapes de ce processus sont:



¹ Albright, David, and O'Neil, Kevin, "Challenges of Fissile Material Control", Institute for Science and International Security (ISIS), 1999

² Rothstein, Linda, "Explosive Secrets", The Bulletin of the Atomic Scientists, 55, No. 2, mars/avril 1999.

Le ^{241}Pu se désintègre (par émission d'une particule bêta) dans le réacteur, ainsi qu'après sa sortie du réacteur, produisant de l' ^{241}Am . Le ^{239}Pu est un précurseur à la production d' ^{241}Am .

Sujet à la fission

L' ^{241}Am aussi se désintègre par fission spontanée, mais ceci est très rare. L' ^{241}Am est considéré sujet à la fission par neutrons rapides. Il est donc possible de concevoir une masse sphérique d' ^{241}Am qui pourrait soutenir une réaction fission en chaîne initiée par neutrons rapides. Une masse sphérique critique d' ^{241}Am aurait un rayon d'environ 11,5 cm et une masse de 83 kg. L'énergie de désintégration par émission alpha, totalisant environ 11 W, serait presque entièrement absorbée dans cette masse. Le métal, assez dense pour absorber également une grande partie du rayonnement gamma à basse énergie, demeurerait quand même une très puissante source gamma, requérant un blindage pour manutention en toute sûreté. Au prix commercial de l' ^{241}Am (1 500\$ américains le gramme) cette quantité coûterait environ 124 000 000\$, en supposant même qu'on puisse l'acheter. Cette quantité est équivalente à la masse totale d' ^{241}Am dans environ 400 million de détecteurs de fumée. (Avec une telle quantité, on pourrait s'attendre à un « escompte de volume » ... sans parler des questions stratégiques.)

Fissile³

Une masse sphérique critique de ^{239}Pu aurait une masse d'environ 8 kg – dépendant de la technologie utilisée. Comme le ^{239}Pu a une demi-vie beaucoup plus longue, le rayonnement serait beaucoup moins intense que celui de la sphère d' ^{241}Am : l'émission d'énergie par unité de temps serait inférieure à 2% de celle de la sphère d'américium. La sphère de plutonium serait donc beaucoup plus facile à manutentionner (si elle n'est pas contaminée avec d'autres nucléides).

Les combustibles d'oxydes mixtes (« MOX »)

Cela fait plusieurs années que les combustibles d'oxydes mixtes sont en développement. Ces combustibles sont utilisés de manière routinière dans certains réacteurs civils de puissance en Europe et en Asie. Des expériences d'irradiation de tels matériaux de combustibles ont été exécutées aux Laboratoires de Chalk River, dans les réacteurs NRX et NRU. Dans le combustible à oxydes mixtes, le ^{239}Pu existe en forme d'oxyde, tout comme l' ^{241}Am dans les détecteurs de fumée, mais en plus grande quantité.

Une fraction de la puissance des réacteurs CANDU provient de la fission du ^{239}Pu - qui est généré dans le combustible pendant sa présence dans le réacteur. Cette fraction est plus élevée dans le CANDU que dans un réacteur à eau légère, parce que le flux thermique de neutrons dans le combustible est plus élevé pour une puissance de réacteur donnée, et que l' ^{238}U est plus abondant, puisque le combustible n'est pas enrichi. Le réacteur génère du matériel fissile à partir de l' ^{238}U .

Dans l'avenir, quand l'uranium sera moins facilement disponible, la régénération de matériel fissile, et les cycles de combustible utilisant d'autres éléments, tels le thorium (qui a déjà trouvé une utilisation limitée en Inde), gagneront d'importance dans la génération d'énergie nucléaire. Jusqu'au début des années 1970, l'approvisionnement en uranium était considéré limité à court terme, et le développement de la technologie des oxydes mixtes recevait plus d'attention chez les vendeurs de réacteurs, y inclus l'EACL. Mais depuis lors ce développement est considéré présenter un intérêt surtout dans les pays n'ayant pas d'approvisionnement indigène en uranium.

³ Srinivasan, M. et al, "Systematics of Criticality Data of Special Actinide Nuclides Deduced Through the Trombay Criticality Formula," Nuclear Science and Engineering, **102**, 295-309, (1989).