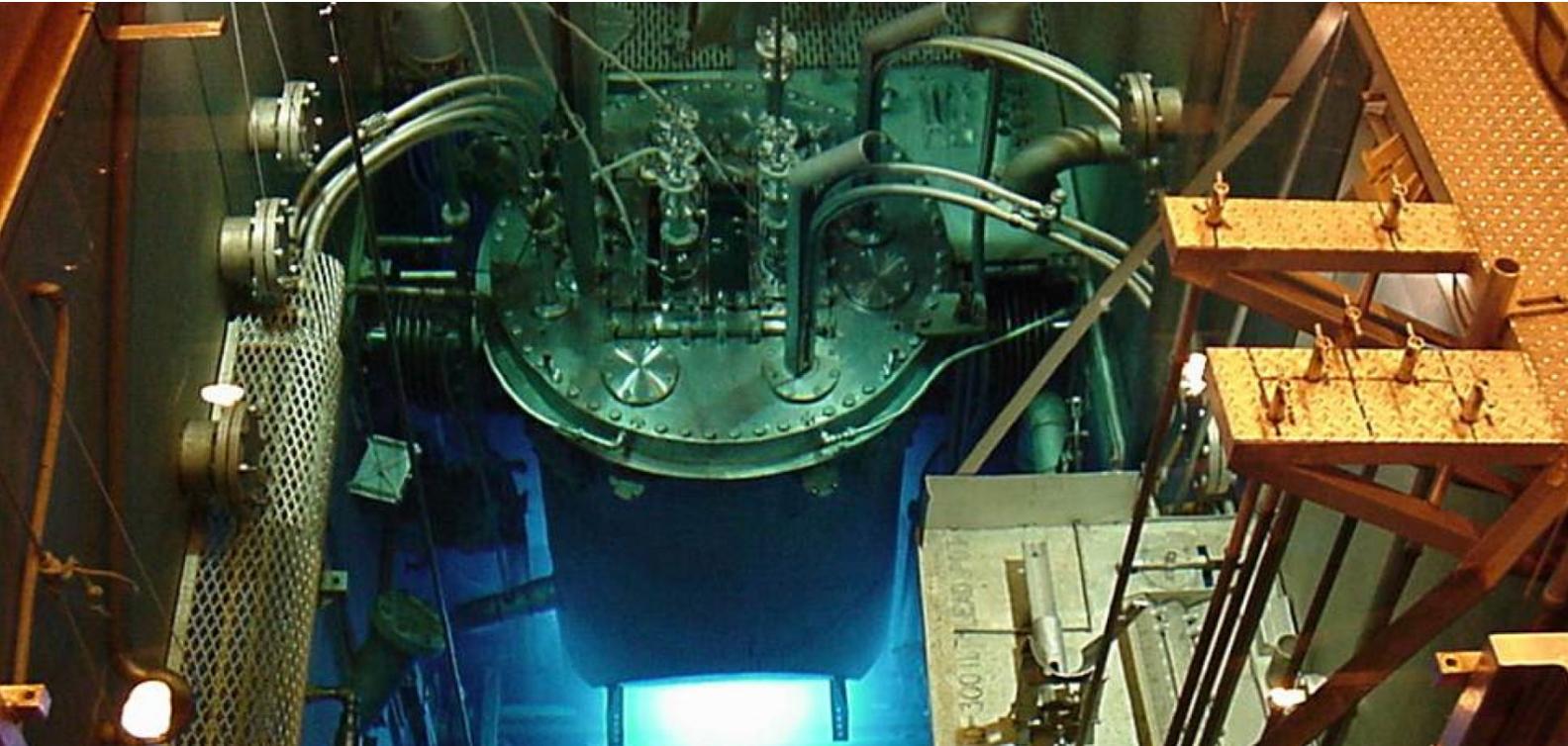


La contribution des réacteurs de recherche à l'imagerie médicale

Par Aleksandra Peeva et Nicole Jawerth



Le réacteur de recherche SAFARI-1 en fonctionnement.

(Photo : Necsa)

Plus de 80 % des images médicales utilisées chaque année aux fins du diagnostic de maladies telles que le cancer sont obtenues à l'aide de produits pharmaceutiques issus, pour la plupart, de réacteurs de recherche. Ces radiopharmaceutiques contiennent du technétium 99m (^{99m}Tc), radio-isotope dérivé du molybdène 99 (^{99}Mo), produit essentiellement dans des réacteurs de recherche.

« Il est possible de produire le molybdène 99 et même le technétium 99m par d'autres moyens, mais les réacteurs de recherche offrent un rapport coût-efficacité particulièrement intéressant et conviennent bien à cette opération, surtout dans le cadre d'une production commerciale à grande échelle », affirme Joao Osso, chef de la Section des radio-isotopes et de la technologie des rayonnements de l'AIEA. « En effet, les réacteurs de recherche peuvent produire de grandes quantités de molybdène 99 ayant les caractéristiques souhaitées, ce qui permet d'isoler ensuite facilement le technétium 99m à l'hôpital, au moyen d'un générateur. Ainsi, l'approvisionnement en radiopharmaceutiques se fait à flux constant et de manière fiable, bénéficiant à davantage de patients. »

Du réacteur au patient

Les réacteurs de recherche sont des réacteurs qui, au lieu de produire de l'électricité, servent avant tout à produire

des neutrons destinés à d'autres applications. Ces neutrons peuvent être utilisés à diverses fins, comme la production de molybdène 99 par irradiation de cibles d'uranium 235.

Comme tout radio-isotope, le molybdène 99 est un atome instable, sujet à la décroissance radioactive. Il faut 66 heures pour que la moitié d'une quantité de molybdène 99 produite, quelle qu'elle soit, se désintègre. Ce laps de temps est appelé « période ». Le produit de la décroissance radioactive du molybdène 99 (appelé « produit de filiation » ou « descendant ») est le technétium 99m.

Pour obtenir le technétium 99m, on transfère les cibles d'uranium 235 irradiées dans une unité de traitement, habituellement située à proximité d'un réacteur de recherche. On y sépare le molybdène 99 des autres produits de fission et le purifie. Le molybdène 99 purifié est ensuite emmené dans une installation de production disposant de générateurs de $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, qui sont des dispositifs servant à contenir et à transporter le molybdène 99 et à en extraire chimiquement le technétium 99m à l'hôpital même ou dans une autre installation médicale.

Dans un générateur classique, de l'oxyde d'aluminium contenant du molybdène 99 est lavé au moyen d'une solution saline. Le molybdène 99 reste lié à l'oxyde tandis que la solution retire

le technétium 99m. On obtient ainsi une solution de technétium 99m qui sert à produire différents radiopharmaceutiques pouvant être injectés dans le corps d'un patient. Une fois dans l'organisme, les faibles quantités de rayonnement résultant de la désintégration du technétium 99m sont détectées par une caméra spéciale placée à l'extérieur de l'organisme du patient de façon à obtenir des images médicales aux fins du diagnostic de maladies.

Périodes courtes et production à flux constant

Le technétium 99m ayant une période de six heures, il doit être utilisé rapidement après son extraction sinon il perd son efficacité. Étant donné la courte durée de vie du molybdène 99 et celle encore plus courte du technétium 99m, il est nécessaire de produire ces radio-isotopes en continu pour répondre à la demande mondiale.

L'un des principaux producteurs mondiaux de molybdène 99 et d'autres radio-isotopes est l'installation sud-africaine de recherche atomique fondamentale (SAFARI-1), qui fait partie de l'entreprise publique South African Nuclear Energy Corporation (Necsa). Elle abrite le principal réacteur de recherche produisant des isotopes médicaux sur le continent africain. Grâce à une collaboration avec NTP Radioisotopes (entreprise productrice de radio-isotopes, filiale de Necsa), le réacteur SAFARI-1 est devenu l'un des cinq plus grands fournisseurs mondiaux de molybdène 99 et contribue à l'approvisionnement en radio-isotopes de plus de 50 pays dans le monde entier. Sa production répond à environ 20 % de la demande mondiale de molybdène 99, et le technétium 99m produit par des générateurs à partir de molybdène 99 issu de SAFARI-1 est utilisé dans plus de 40 hôpitaux et autres installations médicales dans toute l'Afrique.

« Pour donner à ce réacteur une envergure mondiale dans le domaine des produits radiochimiques et des radiopharmaceutiques, il a fallu mettre en œuvre des systèmes de gestion, des programmes de maintenance, une formation du personnel et des plans stratégiques de manière structurée et contrôlée », affirme Koos de Bruyn, cadre supérieur à SAFARI-1. Les efforts ainsi déployés ont également servi l'utilisation secondaire du réacteur à des fins de recherche et d'enseignement, ainsi qu'à des fins industrielles.

Grâce à l'appui de l'AIEA, SAFARI-1 a été constamment développé et amélioré depuis le début de son exploitation en 1965, notamment avec le remplacement du combustible à l'uranium hautement enrichi par du combustible à l'uranium faiblement enrichi en 2009 (pour plus d'informations à ce sujet, voir page 26) et le passage de cibles à l'uranium hautement enrichi à des cibles à l'uranium faiblement enrichi, achevé en 2017. Ces activités ont permis d'assurer une meilleure utilisation du réacteur et une transition réussie vers un usage plus commercial.

« Dans les années 1990, nous avons changé notre méthode d'exploitation et mis davantage l'accent sur la maintenance et



Une plaque cible de molybdène 99 et le support utilisé pour irradier les plaques dans un réacteur de recherche.

(Photo : Necsa)

la gestion, notamment en constituant une équipe spéciale de personnes hautement qualifiées dans divers domaines. Cela nous a permis de passer d'une faible utilisation du réacteur à une utilisation extrêmement soutenue de notre installation, dont la viabilité se trouve ainsi renforcée », précise Koos de Bruyn. Sur neuf ans, de 1995 à 2004, le réacteur a été plus utilisé qu'au cours des trois décennies précédentes. Sept années ont ensuite suffi pour parvenir à un résultat identique. En 2019, l'utilisation de SAFARI-1 a quasiment quadruplé par rapport à 1995.

Au cours des 15 dernières années, SAFARI-1 a été exploité 24 heures sur 24 presque en continu environ 300 jours par an. Il est prévu qu'il continue d'assurer un approvisionnement en molybdène 99 jusqu'en 2030 au moins. Toutefois, compte tenu de son vieillissement, son remplacement par un nouveau réacteur de recherche polyvalent de 15 à 30 MWth est envisagé. Des premières études de faisabilité à son achèvement, ce processus pourrait durer jusqu'à dix ans.

« Si un nouveau réacteur de recherche polyvalent est construit, il sera conçu de façon à pouvoir fonctionner de manière souple pendant 60 ans au moins. Ainsi, nous pourrions nous adapter à d'éventuels changements, comme les fluctuations du marché des isotopes ou l'évolution des besoins de la recherche, tout en procurant à l'Afrique du Sud et à la région une installation essentielle pour tester des matériaux et mettre au point des combustibles nucléaires », affirme Koos de Bruyn.