

UNE PREOCCUPATION CROISSANTE

LA GESTION DU COMBUSTIBLE USÉ DES REACTEURS DE RECHERCHE

PAR IAIN G. RITCHIE

Il y a plus de 550 réacteurs nucléaires de recherche dans le monde, en fonctionnement ou à l'arrêt. Le combustible utilisé de ces réacteurs est très souvent entreposé en l'attente d'une décision sur sa destination finale. Ces dernières années, les problèmes que pose ce stockage du combustible utilisé sont apparus plus préoccupants au sein de la communauté nucléaire internationale. On s'inquiète en particulier du vieillissement des installations de stockage, de la prolongation de leur durée de vie et de l'évacuation finale des assemblages combustibles utilisés. Sur les sites des réacteurs de recherche comme des réacteurs d'essai, le combustible utilisé est entreposé pour des périodes plus longues qu'on ne l'avait prévu à l'origine, et en plus grandes quantités.

Voulant prendre la mesure des problèmes et se doter d'une base de données sur le sujet, l'AIEA a demandé des informations aux exploitants de réacteurs de recherche dans ses Etats Membres. Les renseignements obtenus jusqu'ici pour la Base de données sur le combustible utilisé des réacteurs de recherche portent sur un nombre limité mais représentatif d'installations. Ils complètent ceux que contient déjà la base plus ancienne de données relatives aux réacteurs de recherche.

Le présent article s'appuie sur l'information ainsi rassemblée pour offrir un tableau d'ensemble de la gestion et du stockage du combustible utilisé des réacteurs de recherche dans le contexte des programmes nationaux et internationaux existant dans ce domaine.

CONTEXTE MONDIAL

Deux programmes principaux dominent les activités relatives à la

gestion, au stockage temporaire et à l'évacuation finale du combustible utilisé des réacteurs de recherche et des réacteurs d'essai:

Le programme Enrichissement réduit pour les réacteurs de recherche et d'essai (Reduced Enrichment for Research and Test Reactors — RERTR). Lancé aux Etats-Unis pour appuyer la politique américaine de non-prolifération nucléaire, ce programme vise la conversion du cœur des réacteurs de recherche pour permettre l'emploi d'uranium faiblement enrichi (LEU) au lieu d'uranium fortement enrichi (HEU). C'est presque un programme mondial maintenant que la Fédération de Russie apporte son plein appui et que des discussions sont en cours avec la Chine. Le programme RERTR a déjà limité et, s'il devient mondial, finira par éliminer entièrement le commerce de HEU destiné aux réacteurs de recherche, ce qui est en fin de compte dans l'intérêt de la communauté internationale. Dans de nombreux cas, cependant, la conversion au LEU a compliqué les problèmes de gestion du combustible utilisé parce que les installations en question se sont retrouvées avec le HEU utilisé, et ont eu parfois après conversion au LEU une plus forte consommation de combustible.

Le programme de "reprise". Lors de la mise en service des réacteurs de recherche il y a plusieurs dizaines d'années, on avait supposé dans la plupart des cas que le combustible utilisé serait finalement réexpédié dans le pays d'origine, le pays où il avait été initialement enrichi. Or, dans de nombreux cas, le retour du combustible utilisé dans le pays d'origine, pour diverses raisons, n'a toujours pas eu lieu. Il s'ensuit que,

dans certains pays, du combustible qui subit les effets du vieillissement et en particulier des phénomènes de corrosion est actuellement entreposé dans des installations qui n'étaient pas conçues pour un stockage de si longue durée. Les deux principaux pays d'origine sont les Etats-Unis et la Fédération de Russie.

En mai 1996, les Etats-Unis ont confirmé leur intention de reprendre le combustible d'origine américaine utilisé dans des réacteurs de recherche étrangers, revenant ainsi à la politique qui était la leur antérieurement. Il est à souhaiter que d'autres pays fournisseurs, partenaires des Etats-Unis dans le programme RERTR, suivent cet exemple et mettent sur pied leurs propres programmes de reprise du combustible utilisé des réacteurs de recherche étrangers initialement fourni par eux.

Bien que l'AIEA ait pleinement appuyé dès l'origine le programme RERTR, c'est seulement en 1993 que la Division du cycle du combustible nucléaire et de la technologie des déchets a étendu son programme pour pouvoir s'occuper spécialement du combustible utilisé des réacteurs de recherche et d'essai. Ces activités couvrent maintenant le recueil, l'analyse et la diffusion d'informations sur le stockage et la gestion du combustible utilisé et l'expérience correspondante, l'établissement de normes, et la fourniture d'une assistance technique aux Etats Membres en développement.

M. Ritchie est membre de la Section du cycle du combustible nucléaire et des matières nucléaires à la Division du cycle du combustible nucléaire et de la technologie des déchets de l'AIEA.

Plusieurs points préoccupants étaient visibles dès le début de 1993. De nombreux réacteurs de recherche se trouvaient ou allaient rapidement se trouver dans une situation de crise, chaque fois due aux problèmes du stockage et de la gestion du combustible usé et aux contraintes imposées par la législation nationale. Il était clair que l'on avait atteint ou que l'on était près d'atteindre dans de nombreux cas les limites de la capacité de stockage de combustible usé, et on s'inquiétait, en se plaçant au point de vue de la science des matériaux, d'avoir des matériaux vieillissants entreposés dans des stockages vieillissants.

Les activités de l'AIEA dans ce domaine ont été conçues pour répondre à ces préoccupations. Mais la première chose qu'il y avait à faire était de se procurer une vue d'ensemble de la gestion et du stockage du combustible usé à l'échelle mondiale. A la date de décembre 1997, la base de données AIEA sur les réacteurs de recherche (RRDB) contenait des renseignements sur 589 réacteurs répartis par régions du monde, dont 269 en fonctionnement et 303 arrêtés. Douze autres étaient en construction, six en projet, et un dans une situation mal vérifiée.

La courbe de distribution des âges des réacteurs de recherche en service recensés dans la RRDB culmine vers 30-40 ans. Pour être plus précis, 19 % des réacteurs ont entre 20 et 29 ans et 51 % entre 30 et 39 ans. Un fort pourcentage (46 %) des réacteurs de recherche en service fonctionnent à 100 ou moins de 100 kW de puissance thermique. Ces 122 réacteurs ont presque tous du combustible pour leur vie entière et ne connaîtront pas de problèmes de combustible usé avant leur mise à l'arrêt définitif.

DIMENSION DES PROBLEMES

En exploitant les réponses aux questionnaires envoyés aux Etats Membres, l'Agence met sur pied une

base de données sur le combustible usé des réacteurs de recherche (Research Reactor Spent Fuel Database - RRSFDB). Bien qu'il n'y ait encore de données que sur environ 210 réacteurs, l'analyse de l'information disponible permet de définir plus clairement les problèmes auxquels les pays sont confrontés. Dans les mois et les années à venir, il faudra continuer à alimenter la base de données afin d'avoir une idée plus claire et plus exacte de la situation, et de pouvoir traiter correctement les problèmes. L'analyse des renseignements recueillis jusqu'ici fournit le tableau suivant.

Les types de combustible et les géométries des assemblages combustibles des réacteurs de recherche et d'essai sont d'une grande diversité. En conséquence, il faut souvent des conditions de stockage spéciales, ainsi que différents types de châssis de transport et différentes techniques pour traiter le problème des éléments combustibles défectueux.

Le plus souvent, les éléments combustibles pour réacteurs de recherche sont transportés sous forme d'assemblages. C'est pourquoi, dans la RRSFDB, le combustible usé est comptabilisé par assemblages, un assemblage combustible étant défini comme "la plus petite unité de combustible pouvant être déplacée en cours de fonctionnement normal du réacteur ou en stockage". Dans une installation donnée sont généralement stockés différents types de combustible usé ou des combustibles d'enrichissement différent. Par exemple, le stockage peut contenir un ou plusieurs types de combustible HEU datant d'avant la conversion du coeur, et un ou plusieurs types de combustible LEU datant d'après la conversion.

En tout, 62 870 assemblages combustibles usés sont en stockage dans les installations qui ont répondu aux questionnaires, auxquels s'ajoutent 32 932 assemblages dans les coeurs en fonctionnement. Sur les 62 870 assemblages, 46 394 se

trouvent dans les pays industrialisés et 16 476 dans les pays en développement, 22 686 étant constitués de combustible HEU et 40 184 de combustible LEU.

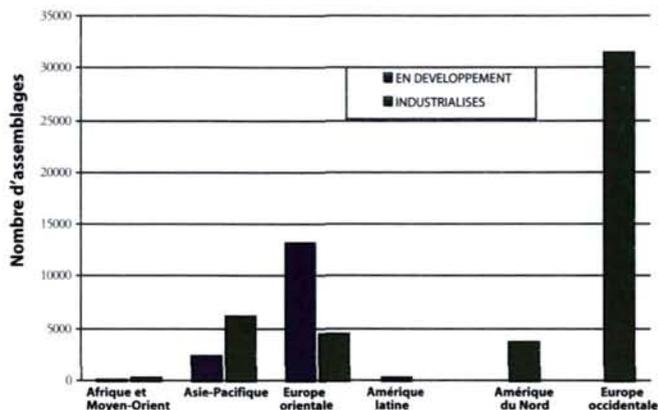
Concernant leur répartition par types, dans une proportion importante (28 %) les combustibles des réacteurs de recherche apparaissent dans la RRSFDB sous la rubrique "autres". Il y a en effet beaucoup de combustibles expérimentaux et exotiques, et ceci pose des problèmes pour leur stockage, leur transport et leur évacuation finale.

Si on considère la répartition régionale, on voit que la majorité des assemblages combustibles usés en stockage se trouvent dans les pays industrialisés. (Voir graphique page 30.) Si on examine les lieux d'origine du combustible usé (lieu de l'enrichissement) recensés dans la RRSFDB, on voit, comme on pouvait s'y attendre, que les Etats-Unis ont fourni tout le combustible enrichi d'Amérique du Nord et la plus grande partie de celui se trouvant en Asie et dans le Pacifique, et que la Russie (ou l'ex-Union soviétique) a fourni l'essentiel du combustible enrichi d'Europe orientale.

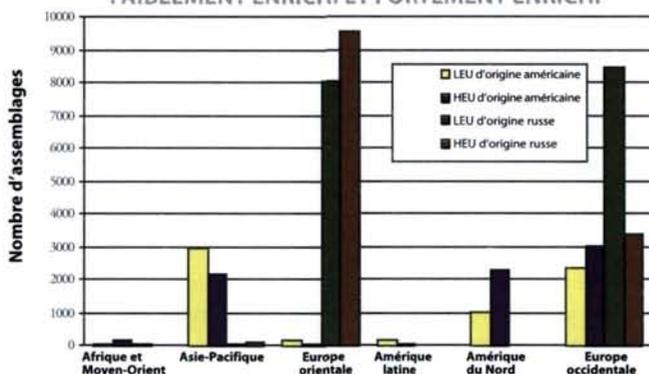
Le combustible d'origine américaine et russe comprend 7 756 assemblages HEU et 6 775 assemblages LEU d'origine américaine, et 13 035 assemblages HEU et 16 620 assemblages LEU d'origine russe. Il est intéressant d'observer que le combustible HEU l'emporte sur le LEU en Amérique du Nord alors qu'on constate l'inverse en Europe occidentale. (Voir graphique page 30.) Pour une part, la raison de ce fait est qu'il y a eu plus de conversions du coeur des réacteurs de recherche en Europe occidentale qu'en Amérique du Nord. On notera qu'une fraction notable du combustible HEU d'origine russe était initialement enrichi à 36 % seulement, alors que la plus grande partie du combustible HEU d'origine américaine était initialement enrichi à 90 % ou plus.

On a aussi comparé le nombre d'assemblages combustibles usés

REPARTITION PAR REGION DU COMBUSTIBLE USE DES REACTEURS DE RECHERCHE, PAYS EN DEVELOPPEMENT ET PAYS INDUSTRIALISES



REPARTITION GEOGRAPHIQUE DU COMBUSTIBLE A URANIUM D'ORIGINE AMERICAINE ET RUSSE, FAIBLEMENT ENRICHI ET FORTEMENT ENRICHI



HEU et LEU d'origine américaine et russe dans les réacteurs de recherche étrangers qui pourraient être concernés par les programmes de reprise. Actuellement, 15 531 assemblages combustibles usés d'origine américaine se trouvent dans des réacteurs de recherche étrangers tandis que le nombre équivalent d'assemblages d'origine russe est de 29 673.

Comme indiqué précédemment, la RRSFDB recense un petit pourcentage seulement des réacteurs de recherche connus dans le monde; néanmoins ces données suffisent pour donner une idée de la dimension du problème. Sur la base de ces informations et d'une connaissance approximative du nombre d'assemblages usés chaque année, les projections indiquent une tendance ascendante pour les huit prochaines années.

Méthodes de stockage. La forme de stockage de loin la plus répandue est celle de l'entreposage en piscine ou bassin au réacteur même. Lorsqu'on considère que l'âge moyen de ces installations, d'après les renseignements contenus dans la RRSFDB, est de 25 ans, la bonne tenue du stockage sous eau, là où la chimie de l'eau a été contrôlée, est remarquable. En fait, sur bien des combustibles de réacteurs d'essai et de matériaux à gaine d'aluminium et bien des revêtements de piscine en aluminium, on ne trouve pas ou peu de signes de corrosion, localisée ou générale, alors qu'il y a eu pendant plus de 30 ans contact avec l'eau du réacteur. A l'inverse, dans les cas où on a laissé la gaine d'aluminium se dégrader à cause de la mauvaise qualité de l'eau, le

combustible est sérieusement endommagé par la corrosion.

Les informations reçues indiquent que de nombreuses installations ont aussi, à titre auxiliaire, une piscine ou un puits de stockage à sec en dehors du site du réacteur. Dans ces installations à distance du réacteur, la tendance est au transfert du combustible du stockage sous eau au stockage à sec, ce qui évite certaines dépenses que représentent les installations de traitement de l'eau et leur entretien.

Il est évident que le stockage à sec exige moins de surveillance et de maintenance que le stockage sous eau, et dans la plupart des stockages à sec l'activité est mesurée en continu. Plusieurs exploitants cependant reconnaissent l'importance d'un contrôle de l'hygrométrie dans les installations de stockage à sec.

Dans son enquête, l'AIEA s'est aussi intéressée aux préoccupations exprimées par les opérateurs de réacteurs au sujet de la gestion de leur combustible usé. On n'est pas surpris de constater qu'en majorité ils se préoccupent de l'évacuation définitive de leur combustible. Ensuite, ils s'inquiètent de leur capacité de stockage limitée et de la dégradation des matériaux. Curieusement, ils manifestent maintenant moins d'inquiétude concernant l'aspect financier que dans leurs réponses antérieures au questionnaire de l'AIEA. Ceci est sans doute dû, pour une part au moins, au programme américain de "reprise" qui finance l'évacuation du combustible usé des réacteurs de recherche dans les pays à faible revenu possédant du combustible fourni par les Etats-Unis.

TROUVER DES SOLUTIONS

Le tableau d'ensemble qui se dégage de l'analyse faite par l'AIEA au sujet de la gestion du combustible usé des réacteurs de recherche met en relief la nécessité d'une plus grande coopération internationale en vue de résoudre les problèmes et les questions en suspens, et tout d'abord pour prendre conscience

ACTIVITES D'APPUI DE L'AGENCE

Par diverses voies, l'AIEA appuie les efforts nationaux et mondiaux dans le domaine de la gestion du combustible usé des réacteurs de recherche et réacteurs d'essai. L'Agence, qui établit et tient à jour des bases de données sur les réacteurs de recherche et leurs programmes de gestion du combustible usé, a activement appuyé le programme des Etats-Unis appelé Enrichissement réduit pour les réacteurs de recherche et les réacteurs d'essai (RERTR), qui poursuit des objectifs de non-prolifération nucléaire.

Elle a aussi participé comme observateur à la plupart des réunions du groupe ad hoc d'exploitants de réacteurs de recherche, connu sous le nom Edlow Group, qui s'est attaché avec succès à rapatrier le combustible usé d'origine américaine se trouvant dans les réacteurs de recherche étrangers. A cette fin, le Directeur général de l'AIEA a écrit en juillet 1993 au Secrétaire du Département de l'énergie des Etats-Unis et en février 1995 au Ministre de l'énergie atomique de la Fédération de Russie, et émis l'idée que ces deux partenaires principaux du RERTR pourraient faciliter l'objectif de non-prolifération du RERTR en reprenant le combustible des réacteurs de recherche étrangers. Pour soutenir le programme américain de reprise, spécialement lorsqu'il s'agit d'Etats Membres en développement, l'Agence a organisé des activités pour aider ces Etats à préparer leur combustible usé pour réexpédition dans le pays d'origine. Les principales activités ont été un cours donné au Laboratoire national d'Argonne aux Etats-Unis du 13 au 24 janvier 1997, et la rédaction d'un projet de guide, *Guide sur la préparation technique et administrative de l'expédition du combustible usé des réacteurs de recherche dans le pays d'origine*.

D'autres activités récentes ont associé des experts nationaux et internationaux à la préparation d'un guide de sûreté, *Conception, exploitation et analyse de sûreté des installations de stockage du combustible usé des réacteurs de recherche*, qui a été proposé pour

publication. Au cours de l'année 1997, l'AIEA a en outre organisé une réunion de comité technique pour rassembler et évaluer l'information existante concernant les procédures et les techniques de gestion des combustibles défectueux des réacteurs de recherche, et une réunion de groupe consultatif sur la gestion et le stockage des combustibles usés expérimentaux et exotiques des réacteurs de recherche et d'essai. Egalement, l'Agence peut, par l'intermédiaire du Programme consultatif sur la gestion du combustible irradié (IFMAP), offrir des avis aux exploitants d'installations de stockage de combustible usé, et apporter une assistance plus tangible aux Etats Membres en développement par le biais des programmes d'assistance et de coopération techniques.

Constatant que la dégradation des matériaux, des équipements et des installations sous l'effet du vieillissement représente une préoccupation croissante pour de nombreux exploitants, l'Agence a organisé plusieurs activités dans le domaine de la science des matériaux. En particulier, un document sur la durabilité des combustibles et des composants nucléaires en stockage sous eau est publié par l'Agence. Ce document contient, au sujet des combustibles à gaine d'aluminium pour réacteurs de recherche, des renseignements qui proviennent du programme de recherche coordonnée sur la dégradation des matériaux sous irradiation dans les stockages de combustible usé. Un autre projet de recherche coordonnée est spécialement consacré au gainage du combustible des réacteurs de recherche et porte spécialement sur la surveillance de la corrosion et la lutte contre la corrosion dans les stockages sous eau. Ces programmes sont complétés par une série d'ateliers régionaux qui ont été organisés pour traiter de tous les aspects de la manutention, de la gestion, du stockage, et de la préparation pour le transport du combustible usé.

plus largement de la dimension et de l'urgence de ces problèmes.

Il est évident aussi que les programmes de reprise du combustible des réacteurs de recherche étrangers, s'ils sont et lorsqu'ils seront lancés, ne dureront pas indéfiniment. A un certain point dans un avenir qui n'est pas très éloigné (en 2006 pour les réacteurs de recherche étrangers utilisant le combustible provenant des Etats-

Unis), les exploitants devront imaginer leurs propres solutions concernant l'évacuation définitive de leur combustible usé. Pour les pays n'ayant pas de programme électronucléaire, la construction de dépôts en formations géologiques pour les quantités relativement faibles de combustible usé provenant d'un ou de deux réacteurs de recherche n'est naturellement pas envisageable. Pour ces pays, la

solution idéale serait d'avoir accès à un stockage intermédiaire régional et ensuite à un dépôt régional ou international pour combustible de réacteurs de recherche. Le temps est venu d'examiner sérieusement des solutions régionales ou internationales et de commencer à se préparer pour le jour où l'on ne pourra plus recourir ni aux programmes de reprise ni à l'option du retraitement. □