

DES BESOINS GRANDISSANTS

GESTION DU COMBUSTIBLE USE DES CENTRALES NUCLEAIRES

PAR PETER H. DYCK ET MARTIN J. CRIJNS

L'an dernier, du combustible usé représentant environ 10 000 tonnes de métaux lourds (tML) a été déchargé des centrales nucléaires dans le monde entier après avoir été utilisé pour produire de l'électricité. Ce combustible usé a été placé dans des installations spécialement conçues où il est entreposé et surveillé en vue d'être récupéré ultérieurement soit pour être retraité, soit pour être transféré dans des installations de stockage définitif.

Au cours des prochaines années, il est prévu d'entreposer des quantités plus importantes de combustible nucléaire pendant des périodes plus longues. Par conséquent, les entreprises nucléaires du monde entier construisent de nouvelles installations d'entreposage, agrandissent des installations existantes et adoptent des techniques permettant d'assurer un entreposage à long terme plus efficace.

Le présent article donne un aperçu des démarches suivies par les pays pour la gestion du combustible usé des centrales nucléaires et décrit brièvement un certain nombre d'activités de l'AIEA dans ce domaine.

PRINCIPES DE BASE

La gestion du combustible usé recouvre une série d'opérations techniques intégrées. La première de ces opérations consiste à décharger les assemblages combustibles usés du réacteur nucléaire et la dernière soit à mettre directement ces assemblages dans une installation de stockage définitif (cycle du combustible ouvert), soit à les retraiter et à placer dans une installation de stockage définitif les déchets de haute activité résultant

du traitement (cycle du combustible fermé). Le stockage définitif direct consiste à placer le combustible usé dans un endroit tel qu'un dépôt géologique dans des conditions qui ne permettent pas de le récupérer ultérieurement. Le retraitement consiste à séparer le plutonium et l'uranium fissiles des déchets en vue de les réutiliser comme combustible recyclé dans des réacteurs.

Initialement, le cycle du combustible fermé devait permettre de recycler le plutonium et l'uranium séparés dans des réacteurs surgénérateurs.

Toutefois, le retardement et l'annulation de programmes de surgénérateurs ont amené à recycler les matières fissiles séparées dans des réacteurs thermiques déjà en service. Actuellement, il est procédé au recyclage du plutonium en réacteur thermique (sous forme de combustible à mélange d'oxydes ou combustible MOX) surtout en Belgique, en France, en Allemagne, au Japon et en Suisse. Il est procédé au recyclage de l'uranium en réacteur thermique en Fédération de Russie et au Royaume-Uni, et il est prévu de le faire en Allemagne.

Une troisième option pour la gestion du combustible usé consiste à différer l'adoption des décisions et à recourir à l'entreposage. Cette option permet aux exploitants de surveiller en permanence le combustible usé entreposé et de le récupérer ultérieurement en vue soit de son stockage définitif direct, soit de son retraitement. La plupart des pays ayant des programmes électronucléaires utilisent cette option. (Voir le tableau à la page suivante.)

Le choix d'une stratégie pour le combustible usé est une décision complexe pour laquelle il faut

tenir compte de nombreux facteurs et notamment de considérations liées aux politiques, à l'économie, aux garanties et à la protection de l'environnement. Indépendamment de leur stratégie de gestion du combustible usé, la plupart des pays ont en commun le besoin constant d'accroître les capacités d'entreposage.

L'EVOLUTION DES PRATIQUES

Aux débuts de l'électronucléaire, les pays qui avaient opté pour le cycle du combustible nucléaire fermé entreposaient généralement les assemblages combustibles usés sous eau dans des râteliers ou dans des conteneurs dans les piscines de stockage des réacteurs, puis les transféraient dans les piscines de stockage d'une usine de retraitement.

Toutefois, l'insuffisance des capacités d'entreposage des usines de retraitement a changé la donne. En outre, certains pays n'ont pas opté pour le cycle du combustible nucléaire fermé mais ont décidé d'entreposer le combustible usé en attendant de décider de son affectation finale. Par conséquent, les compagnies électronucléaires ont commencé à accroître les capacités de leurs piscines de stockage du combustible usé. En outre, des installations d'entreposage de type piscine ont été construites soit sur le site des réacteurs, soit ailleurs. Depuis,

M. Dyck fait partie du personnel de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la technologie des déchets de l'AIEA et M. Crijns travaille comme consultant dans cette division.

aucune installation de stockage définitif n'a été construite et la demande de capacité d'entreposage à long terme s'est considérablement accrue. Pour y répondre, on a mis au point d'autres techniques consistant à entreposer à sec le combustible usé en milieu gazeux dans des conteneurs, des silos ou des caves situés généralement hors du site des réacteurs.

Divers types d'installations d'entreposage sous eau ou à sec sont actuellement en service ou en construction dans différents pays. Le combustible usé peut être entreposé de façon sûre pendant de longues durées (certains éléments combustibles usés le sont depuis plus de 30 ans).

D'une manière générale, on utilise ou on prévoit d'utiliser des technologies et des systèmes variés. Dans la plupart des pays, les piscines de stockage des réacteurs sont rééquipées ou vont être rééquipées de râteliers très compacts qui absorbent les neutrons afin de mieux utiliser la capacité d'entreposage disponible. Dans certains cas (par exemple en Slovaquie et en Afrique du Sud), des râteliers ultra-compacts seront utilisés pour entreposer le combustible usé pendant la durée de vie prévue du réacteur. Dans le cas des piscines situées hors du site des réacteurs, on utilise des conteneurs en acier améliorés permettant de disposer le combustible de façon plus compacte afin d'accroître la capacité d'entreposage.

En 1997, la quantité mondiale totale de combustible usé produite par tous les types de réacteurs dans les centrales nucléaires a représenté environ 10 500 tML. La quantité totale de combustible usé accumulée dans le monde entier à la fin de 1997 était d'environ 200 000 tML et, selon les prévisions, la quantité cumulée qui sera produite d'ici 2010 pourrait dépasser 340 000 tML.

DEMARCHES SUIVIES DANS DIFFERENTS PAYS POUR LA GESTION DU COMBUSTIBLE USE

Pays	Décision différée	Stockage définitif	Retraitement
Afrique du Sud		■	
Allemagne		■	●
Argentine	◆		
Belgique	◆		●
Brésil	◆		
Bulgarie	◆		●
Canada		■	
Chine			●
Corée (Rép. de)	◆		
Espagne		■	
Etats-Unis d'Amérique		■	
Fédération de Russie		■	●
Finlande		■	
France			●
Hongrie	◆		●
Inde			●
Italie	◆		●
Japon			●
Lituanie		■	
Mexique	◆		
Pakistan	◆		
Pays-Bas			●
République tchèque	◆	■	●
Roumanie		■	
Royaume-Uni			●
Slovaquie		■	●
Slovénie	◆		
Suède		■	
Suisse	◆		●
Ukraine	◆	■	●

Note: Certains pays appliquent différentes démarches à différents types de combustibles. En outre, certains pays suivent une démarche tout en étudiant la possibilité d'en appliquer d'autres à l'avenir.

Environ 130 000 tML sont actuellement stockées dans des installations situées sur les sites des réacteurs ou hors de ces sites en attendant d'être soit retraitées, soit stockées définitivement. (Voir le tableau à la page suivante.)

La quantité de combustible usé accumulée représente 20 fois la capacité annuelle totale de retraitement actuelle.

En supposant qu'une partie du combustible usé qui sera produit à l'avenir sera retraité, on prévoit qu'il faudra stocker en 2010 une quantité d'environ 230 000 tML. Etant donné que l'on ne s'attend pas que les premières installations de stockage définitif à grande échelle soient mises en service d'ici

là, le stockage provisoire devrait rester la principale option bien après l'an 2000.

NOUVELLES NATIONALES

Au cours des trois dernières années, certains pays ont pris des mesures importantes pour améliorer leur capacité de gestion du combustible usé:

■ Au Canada, deux installations de stockage provisoire à sec hors des sites des réacteurs ont été mises en service en 1995 et 1996.

■ En République tchèque, l'installation d'entreposage à sec de Dukovany, dont la capacité est de 600 tML, a été autorisée en janvier 1997 pour une durée de

**CAPACITES D'ENTREPOSAGE ET QUANTITES DE COMBUSTIBLE USE DANS CERTAINS PAYS
EN 1997** (en tonnes de métaux lourds)

Pays	Capacités sur les sites des réacteurs	Quantités sur les sites des réacteurs	Capacités hors des sites des réacteurs			Quantités hors des sites des réacteurs
			En service	En construction	Prévues	
Afrique du Sud	670	392				
Allemagne	4 561	2 756	7 767	585		594
Brésil	576	130				
Bulgarie	828	387	600			356
Canada	31 407	22 555	8 567		14 496	1 930
Chine		177		550		
Corée, Rép. de	5251	3 072	609	812		609
Espagne	4390	2 000				
Etats-Unis	60 700	35 300	2 164	2 000	43 000	2 164
Fédération de Russie	5230	3 480	13 800	1 900	13 000	6 046
Finlande	676	204	1 047			684
France	11 290	5 795	14 400			9 159
Hongrie	480	357	160			54
Japon	9 920	5 800	213	3 000		169
Lituanie	2 093	1 380		352		
Rép. tchèque	480	306	600			232
Roumanie	940	100				
Royaume-Uni	3 345	1 035	11 153			7 157
Slovaquie	480	150	600			523
Suède	1 500	730	5 000		3 000	2 703
Ukraine	3 051	1 650	2 000			1 695
Total	147 868	87 756	68 680	9 199	73 496	34 075

dix ans. A la fin de 1997, elle contenait 232 tML.

■ En France, l'usine de fabrication de combustible à mélange d'oxydes MELOX a atteint son niveau de production autorisé, à savoir 120 tML. Il a également été décidé de charger du combustible MOX dans 28 réacteurs, dont 12 utilisent déjà ce type de combustible.

■ En Hongrie, une installation modulaire d'entreposage à sec a été mise en service en 1997; 54 tML y étaient entreposées à la fin de l'année.

■ En Inde, on a achevé les essais nécessaires à l'autorisation de la nouvelle usine de retraitement de Kalpakkam.

■ Au Japon, on attend l'autorisation des autorités locales pour mettre en service l'installation d'entreposage sous eau de 3 000 tML à Rokkasho Mura. Il est prévu de commencer à exécuter en 1999 un programme d'utilisation de combustible MOX dans des réacteurs à eau ordinaire.

■ La République de Corée est en train d'examiner les options

envisageables à l'avenir après avoir abandonné, pour des raisons géologiques, le site qu'elle avait choisi auparavant pour la construction d'une l'installation centrale de stockage provisoire. A Wolsung, une installation d'entreposage à sec de 609 tML a été construite et une autre, d'une capacité de 812 tML, est en construction. En outre, il est envisagé de construire une installation expérimentale en vue de la réutilisation de combustible usé provenant de réacteurs à eau ordinaire dans des réacteurs à eau lourde sous pression.

■ En Fédération de Russie, une installation de stockage provisoire sous eau conçue pour recevoir 2 000 tML de combustible usé provenant de réacteurs RBMK a été mise en service à la centrale nucléaire de Smolensk.

■ La Suède poursuit les travaux de conception d'une installation d'encapsulation du combustible usé avant stockage définitif. La procédure de demande d'autorisation devrait être achevée au début du siècle prochain. En outre, des mesures ont été prises

en vue d'obtenir l'autorisation d'accroître de 3 000 tML pour 2004 la capacité de l'installation centrale d'entreposage.

■ Au Royaume-Uni, l'organisme de réglementation a accordé, après consultation du public, l'autorisation d'exploiter l'installation de retraitement THORP. La demande déposée par NIREX en vue d'obtenir l'autorisation de planifier une installation de caractérisation des roches à Sellafield a été rejetée. Diverses options sont à l'examen.

■ En Ukraine, un projet d'installation d'entreposage à sec en fûts sur le site de Zaporojie est examiné par l'organisme de réglementation.

■ Aux Etats-Unis, trois nouvelles installations d'entreposage à sec ont été mises en service sur des sites de centrales nucléaires. Plusieurs systèmes d'entreposage à sec destinés à être utilisés sur des sites de réacteurs ou ailleurs sont actuellement examinés par la Commission de réglementation nucléaire.

LA COOPERATION INTERNATIONALE ET L'AIEA

Avec un groupe consultatif d'experts de ses Etats Membres, l'AIEA examine régulièrement la situation et les perspectives en ce qui concerne la gestion du combustible usé des réacteurs nucléaires et, ce faisant, analyse les faits nouveaux importants et les principales tendances et détermine les domaines techniques dans lesquels il est nécessaire d'intensifier la coopération. Les pays souhaitant recourir davantage aux techniques de télémanipulation pour la manutention des éléments combustibles usés, l'Agence a notamment axé ses travaux sur cette question. Ces techniques sont utilisées pour décharger le combustible des réacteurs ainsi que pour des activités liées au retraitement et, dans le cas du stockage définitif direct, pour l'emballage final.

La technologie et la sûreté d'une installation régionale d'entreposage du combustible irradié suscitent aussi beaucoup d'intérêt. Plusieurs pays ayant de petits programmes nucléaires doivent pourvoir au stockage provisoire et définitif de leur combustible usé. D'un point de vue économique, ils ne voient pas l'intérêt de se doter de leurs propres installations d'entreposage. Des experts mandatés par l'AIEA ont commencé à recueillir et à évaluer des informations concernant une éventuelle installation régionale d'entreposage du combustible usé, projet qui, en principe, semble réalisable.

L'AIEA aide des pays d'Europe centrale et orientale à exploiter les principaux types de centrales nucléaires qui ont été construits dans ces pays (réacteurs VVER et RBMK). Cette aide est fournie dans le cadre d'un programme extrabudgétaire sur la sûreté de ces réacteurs qui a été mis en route en 1995 et qui est financé par le

Gouvernement japonais. En octobre 1997, des experts ont assisté à une réunion de comité technique et à un atelier sur la mise en service d'installations d'entreposage à sec. Ils ont examiné de façon approfondie les principales étapes conduisant à la mise en service de telles installations, les ressources nécessaires, les procédures d'autorisation, les objectifs en matière de radioprotection, les principes fondamentaux de sûreté et les normes et pratiques. Entre autres activités, l'AIEA prévoit d'organiser, en 1998, un atelier sur la sûreté de l'entreposage à long terme du combustible usé, et plus particulièrement du combustible usé des réacteurs VVER et RBMK.

Dans le cadre de ce programme extrabudgétaire, plusieurs pays ont mené à bien des études sur le comportement du combustible usé. En Hongrie, par exemple, l'Institut de recherche sur l'énergie atomique (KFKI) a effectué des calculs thermohydrauliques sur le comportement du combustible usé pendant l'entreposage à long terme au moyen du code COBRA-SFS. La documentation pertinente (description et manuel du modèle et guides divers) a été élaborée. Cette activité a notamment eu pour résultat que tous les Etats Membres exploitant des centrales nucléaires VVER peuvent utiliser ce code pour améliorer la sûreté de l'entreposage du combustible usé.

Un concept qui suscite l'intérêt croissant des pays est la prise en compte du taux de combustion dans les procédures d'autorisation des systèmes de gestion du combustible usé. On entend par là la prise en considération de la réduction de la réactivité du combustible résultant du changement de composition qu'il subit pendant l'irradiation à l'intérieur du cœur; les données nécessaires sont obtenues au moyen de calculs physiques concernant le combustible. Pour les systèmes

d'entreposage et de transport du combustible usé, la prise en compte du taux de combustion pourrait se traduire par une plus grande efficacité. Par exemple, cela permettrait d'accroître la capacité d'entreposage en disposant le combustible usé de façon plus compacte ainsi que d'augmenter la capacité des châteaux de transport de combustible usé afin de réduire le nombre d'expéditions nécessaires. D'autres applications liées au transport, au stockage provisoire ou définitif ou au retraitement sont possibles. Bien que ce concept soit surtout intéressant d'un point de vue économique, il présente également des avantages pour la santé et la sûreté du public et pour la protection de l'environnement. Des experts réunis par l'AIEA ont examiné récemment ce sujet et l'Agence va publier un document technique faisant le point de la situation dans les pays en ce qui concerne la prise en compte du taux de combustion dans les systèmes de gestion du combustible usé.

L'AIEA a publié en outre trois documents sur la sûreté de la gestion du combustible usé des centrales nucléaires: un guide sur la sûreté de l'entreposage du combustible usé des réacteurs nucléaires, un guide sur l'exploitation de ces installations et un document sur l'élaboration de rapports de sûreté pour l'entreposage du combustible usé.

Ces activités s'inscrivent dans le cadre d'efforts visant à aider les pays à répondre efficacement aux nouveaux défis techniques que pose la gestion du combustible usé. Pour l'instant, on dispose d'environ 40 ans d'expérience de l'entreposage à long terme du combustible usé des centrales nucléaires. Toutefois, on table sur le fait qu'il faudra entreposer le combustible usé pendant des périodes beaucoup plus longues, et de nouvelles initiatives devront être prises pour améliorer les techniques et les méthodes d'entreposage. □