

LES POLITIQUES POSSIBLES DE GESTION DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS SONT-ELLES RELIÉES AU CHOIX DE LA FILIÈRE ?

J.P. SCHAPIRA, *Institut de Physique Nucléaire, BP n° 1, 91406 ORSAY*

Une filière nucléaire basée sur un réacteur fonctionnant avec de l'uranium ou du plutonium est un ensemble d'opérations industrielles visant à atteindre l'un ou l'autre, ou les deux à la fois, des objectifs suivants :

- produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie libérée au cours des fissions induites par les neutrons sur les noyaux fissiles U-235 ou/et Pu-239, 241.
- produire du plutonium à partir des réactions de capture neutronique sur l'isotope U-238 non fissile.

Ces opérations peuvent se subdiviser en trois étapes :

- en amont du réacteur la fabrication du combustible nucléaire.
- dans le réacteur la consommation du combustible nucléaire jusqu'à son déchargement.
- en aval du réacteur la gestion du combustible irradié et son éventuelle utilisation.

Autant les deux premières étapes sont caractéristiques d'une filière donnée, définie d'abord par le type de réacteur et de combustible qu'on y introduit, autant il est possible de se référer à différents modes de gestion des combustibles irradiés selon que l'on poursuit principalement ou non le deuxième objectif qui est celui de produire du plutonium à partir des combustibles irradiés.

Bien que de nombreux types de réacteurs aient été étudiés et proposés depuis la fin de la deuxième guerre mon-

diale, trois filières se sont finalement imposées au plan industriel : la filière à uranium naturel graphite-gaz (~ 17 Gw(e))* , la filière à eau ordinaire et uranium enrichi, de loin la plus répandue au niveau mondial ($\cong 290$ Gw(e))* , et la filière à eau lourde et uranium naturel ou faiblement enrichi utilisée essentiellement au Canada ($\cong 18$ Gw(e))* .

Les politiques possibles de gestion des combustibles irradiés se ramènent à deux grandes options :

- la première est celle du retraitement immédiat après une durée de refroidissement d'environ 3 à 4 ans en piscine, option qui permet d'extraire le plutonium formé ainsi que l'uranium. Cette opération engendre des volumes importants de déchets technologiques (actuellement 21 par tonne d'uranium (tU) alors qu'une tonne d'uranium représente un volume de $0,5$ m³), fixe la majorité de l'activité due aux produits de fission dans une matrice de verre ($0,12$ m³/tU) et produit des déchets de procédé contaminés avec du plutonium (jusqu'à 1 % environ) et conditionnés dans du bitume et du béton. L'ensemble de ces déchets doit conduire à un stockage définitif en profondeur, et en surface pour ceux contenant peu d'émetteurs- α .
- la deuxième est celle de l'entreposage pendant plu-

* puissances installées et en construction au niveau mondial au 1.01.81.

sieurs décennies en piscine ou à sec des combustibles irradiés en l'état, en vue de procéder soit à un retraitement différé, soit au stockage définitif en couches géologiques profondes.

Les deux politiques possibles de gestion ainsi définies ne peuvent être départagées, en l'état des techniques, sur le seul critère de la sûreté liée aux déchets contenus dans les combustibles irradiés. En effet, le retraitement, bien qu'il ait l'apparence de la rigueur dans ce domaine, est une opération qui présente dans la pratique industrielle actuelle plus d'inconvénients que d'avantages : production de nombreux déchets- α technologiques et de procédé, conditionnés dans des matrices (béton, bitumes) difficilement qualifiables pour la sûreté à long terme, abandon dans les verres de la totalité des émetteurs- α autres que le plutonium, tels le neptunium, l'américium, et le curium, représentant près de 50 % de l'activité initiale.

Comme l'a bien souligné le Groupe de Travail sur la gestion des combustibles irradiés, présidé par le Pr. CAS-TAING, seul un retraitement plus élaboré que celui pratiqué actuellement et prévu dans les nouvelles usines de retraitement (UP3, UP2-800 en France, Thorp II au Royaume-Uni), pourrait prétendre satisfaire aux préoccupations de sûreté à long terme. Bien que le stockage définitif des combustibles irradiés évite la production de tous ces déchets intermédiaires, il reste à montrer le degré de sûreté atteint dans une telle option. C'est à cette question que tentent de répondre les Suédois avec le projet KBS-III d'enfouissement de combustibles irradiés en couches géologiques profondes. On est donc, du point de vue de la sûreté, libre a priori de choisir entre ces deux options, même dans le cas des combustibles uranium métal gainés au magnésium issus de la filière à uranium naturel, qui ne supportent pas un entreposage sous eau de longue durée, mais peuvent être entreposés à sec (projet réalisé au Royaume-Uni près de la centrale nucléaire de Wylfa, depuis 1979).

Nous allons montrer dans le cas des trois filières mentionnées plus haut que ce n'est pas le choix d'un type de réacteur ou d'une filière qui influence d'une manière décisive les politiques possibles de gestion des combustibles irradiés, mais plutôt les objectifs poursuivis avec l'adoption de telle ou telle filière :

La filière à uranium naturel graphite-gaz

Aux Etats-Unis, cette filière est jusqu'à présent exclusivement réservée à l'irradiation de barreaux d'uranium produisant du plutonium militaire très riche en Pu-239 fissile. Ce corps est extrait depuis la fin de la deuxième guerre mondiale par retraitement dans des usines militaires (Hanford, Savannah River entre autres), qui ont produit environ 100 tonnes de plutonium.

Le développement en France et au Royaume-Uni de cette filière (UNGG, Magnox) avait en revanche pour objectif de produire à la fois de l'électricité et du plutonium de qualité suffisante pour les besoins militaires.

L'extraction de ce plutonium s'effectue en Grande-Bretagne à Windscale dès 1954 et en France à Marcoule (usine UP1) et à La Hague (usine UP2 depuis 1966).

Dans le cas de la France, une partie du tonnage cumulé estimé, à environ 14 tonnes jusqu'en 1981, a été utilisé

pour alimenter également les réacteurs à neutrons rapides Rapsodie et Phénix.

La filière à eau ordinaire

Avec cette filière, les choix de politiques de gestion deviennent plus complexes. Cette filière est à caractère civil et vise a priori à ne produire que de l'électricité. Le plutonium formé à la suite d'une irradiation neutronique bien plus importante que dans la filière précédente, n'est pas de bonne qualité militaire (présence de Pu-240), bien que les Américains aient montré que l'on pouvait l'utiliser pour faire une bombe atomique (mais de mauvaise qualité). Le recyclage limité de l'uranium encore légèrement enrichi et du plutonium extraits par retraitement, n'est pas sérieusement envisagé pour des raisons à la fois techniques et économiques. Enfin cette filière est de loin la plus répandue dans le monde, dans des pays n'ayant pas à leur disposition les technologies de retraitement. Tout milite donc ici pour que l'on adopte une politique d'entreposage des combustibles irradiés. C'est ce vers quoi s'engagent d'ailleurs un certain nombre de pays, dont les Etats-Unis, ne serait-ce que parce qu'on ne voit pas apparaître à l'horizon 2000 des capacités de retraitement à la hauteur des besoins, et que cette option est moins coûteuse que celle du retraitement.

L'option retraitement est toutefois retenue pour une partie des combustibles irradiés pour les raisons suivantes :

- constitution d'un stock de plutonium pour alimenter d'éventuels réacteurs à neutrons rapides, type Superphénix. C'est l'option actuellement présentée par le Commissariat à l'Energie Atomique, basée sur l'hypothèse, très controversée d'ailleurs, d'une raréfaction inéluctable de l'uranium, rendant nécessaire une utilisation énergétique plus complète de ce produit dans les réacteurs à neutrons rapides via le plutonium.
- utilisation militaire du plutonium extrait des combustibles à eau ordinaire. On peut constater à cet égard deux faits. D'abord, les pays possédant actuellement l'arme nucléaire envisagent de construire de nouveaux vecteurs portant des charges nucléaires au plutonium. Il est actuellement envisagé aux Etats-Unis de fabriquer environ 15 000 explosifs nucléaires devant équiper aussi bien les nouveaux missiles, type Pershing, que des armes tactiques. Or, les quantités correspondantes de plutonium de qualité militaire font actuellement défaut. On constate ensuite que plusieurs centaines de tonnes (rien que 180 tonnes résultant du seul programme français d'ici l'an 2000) se trouveront dans les combustibles irradiés déchargés des réacteurs à eau ordinaire au niveau mondial. Il existe diverses méthodes pour extraire de ce plutonium, lui-même extrait par retraitement, l'isotope fissile 239, nécessaire pour façonner un explosif militaire. Par exemple, la séparation isotopique par laser à laquelle on travaille activement aux Etats-Unis, au laboratoire de Livermore (une unité de production serait opérationnelle vers 1990).

La remise en route envisagée de l'usine de retraitement commercial de Barnwell, arrêtée par le Président CARTER en 1977, apparaît comme un élément d'une telle stratégie. Une autre possibilité évoquée de temps à autre en France (déclaration du Général THIRY, « Le Monde », 19.1.78) est celle de la production de plutonium de qualité militaire, dans les couvertures d'uranium appauvri ou naturel d'un surgénérateur, pluto-

niium aisé à extraire ensuite par retraitement. On estime qu'un réacteur de type Superphénix pourrait ainsi produire 350 kg/an de Pu-239. Dans cette optique, un réacteur rapide apparaîtrait comme un convertisseur isotopique de plutonium avec un rendement de l'ordre de 10 % environ.

La filière à eau lourde

Cette filière, développée au Canada pour la production électrique permet, sans enrichissement préalable, une meilleure utilisation de l'uranium naturel : 7500 Mwj(th) extrait d'une tonne d'uranium, comparé à 4500 pour la filière uranium naturel graphite-gaz (UNGG). Parce que d'autre part le combustible irradié, constitué d'oxyde d'uranium comme dans le cas de la filière à eau ordinaire, dégage peu de chaleur, les Canadiens ont dès le début envisagé l'entreposage comme politique de gestion de leurs combustibles irradiés. Il n'a pas été également jugé intéressant au plan économique d'extraire le plutonium restant, celui-ci étant à une concentration relativement faible dans le combustible irradié (environ 3 kg/tU, comparé à 9 kg/tU pour le combustible irradié-eau ordinaire). Dans ce cas, le retraitement n'est pas l'option retenue. Mais là encore, le retraitement est un passage obligé si l'on veut extraire le plutonium à des fins militaires, comme l'a fait, semble-t-il, l'Inde avant l'explosion de leur première bombe en 1974.

On voit donc dans les trois cas précédents que la politique choisie en matière de gestion des combustibles irradiés n'est pas liée aux caractéristiques physiques de la filière choisie, mais à l'objectif poursuivi, de nature politico-industrielle. La manière dont sont effectivement ensuite gérés les déchets liés aux options de fin du cycle est un autre problème qui relève à la fois de l'acquisition de technologies distinctes de celles des réacteurs, d'études de sûreté et bien évidemment du système de prise de décision.

Le seul cas où le mode de gestion des combustibles irradiés est complètement déterminé par la filière est celui des réacteurs à neutrons rapides utilisant le plutonium comme combustible de base. Cet élément doit en effet être systématiquement réextrait des combustibles irradiés pour être de nouveau rechargé dans le réacteur, du moins dans le cas d'un parc actuellement inexistant de réacteurs de ce type. ■