

XA8007577

International
Nuclear
Fuel
Cycle
Evaluation

INFCE

INFCE/DEP./WG.8/14

Remplacement dans le combustible des piles de recherche de
l'uranium très enrichi par de l'uranium peu ou moyennement
enrichi

REPLACEMENT DANS LE COMBUSTIBLE DES PILES
DE RECHERCHE DE L'URANIUM TRÈS ENRICHÉ
PAR DE L'URANIUM PEU OU MOYENNEMENT ENRICHÉ

J.P. SCHWARTZ

Communication présentée au Groupe Consultatif
sur les programmes de rénovation des réacteurs de recherche
et d'augmentation de leur puissance

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Vienne (Autriche) 23-26 Mai 1978

Le remplacement de l'uranium à 90 % ou 93 % U_{235} , actuellement utilisé dans les réacteurs de recherche, peut s'envisager selon deux voies différentes, suivant le niveau d'enrichissement recherché et suivant la technologie à laquelle on fait appel.

- On conserve la technologie UAl des éléments existants. L'enrichissement se situe dans la gamme 20 à 40 % suivant le type et l'utilisation du réacteur. L'abaissement d'enrichissement doit alors être compensé, au moins en partie, par un accroissement de la proportion massique d'uranium dans le composé UAl, ainsi que par l'augmentation d'épaisseur de l'âme combustible proprement dite; on retrouve alors une masse d' U_{235} suffisante dans l'assemblage.

- On passe à la technologie oxyde UO_2 gainé zircaloy. L'enrichissement est dans la fourchette 3 à 8 %. Le faible enrichissement est compensé par la forte densité du composé combustible ($10,2 \text{ g/cm}^3$ pour l'oxyde UO_2 au lieu de 3 g/cm^3 environ pour UAl). Pour évacuer des puissances volumiques importantes, le combustible doit être mis en oeuvre sous forme de plaques.

La détermination d'un nouvel assemblage combustible se pose globalement dans des termes semblables pour les deux combustibles. Toutefois, les contraintes concrètes au niveau de la mise en oeuvre pratique sont particulières à chaque technologie, entraînant des solutions spécifiques.

1 - Rappel de la situation actuelle

L'évolution dans la définition des éléments combustibles UAl, qui s'est produite durant les 25 dernières années, a été motivée par la recherche de performances de plus en plus poussées. Tels qu'ils existent aujourd'hui, les éléments UAl ont été dessinés avec pour principal objectif un flux rapide disponible élevé, jusqu'à $3.10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pour une énergie $E > 1 \text{ MeV}$ dans les dispositifs d'irradiation (le cas des réacteurs spécialisés pour les faisceaux sortis n'est pas différent, bien que les performances aient été poussées plus loin, au RHF de Grenoble notamment).

Le flux rapide étant directement proportionnel à la puissance volumique, celle-ci doit être importante, atteignant 400 kW/dm^3 en moyenne dans le coeur. Elle est obtenue grâce à un fractionnement poussé du réseau, plaques minces de 1,27 mm et canaux d'eau étroits de 2,1 mm, conduisant à une surface d'échange élevée par unité de volume.

Par ailleurs, pour limiter la taille du coeur, donc sa puissance, à la valeur juste nécessaire pour disposer d'un volume expérimental suffisant, le bilan de réactivité est largement positif : le rapport de modération est maintenu à un niveau convenable et la masse d' U_{235} par unité de volume est portée à $90 \text{ g } U_{235}/\text{dm}^3$ moyenne sur le coeur grâce à la progression de la proportion massique d'uranium (26 %) dans le composé UAl (jusqu'à $120 \text{ g } U_5/\text{dm}^3$ et 33 % pour le RHF), et bien sûr à l'utilisation d'U enrichi à 93 %.

Le passage à des éléments contenant un combustible moins enrichi entraîne, quelle que soit la technologie, l'augmentation de l'épaisseur de plaque : pour mettre suffisamment d'uranium (cas UAl) ou pour des raisons de fabrication (cas UO_2). Il s'ensuit une opposition marquée entre, d'une part un coût de cycle économique exigeant une bonne réactivité du réseau, donc un rapport de modération favorable et ainsi peu de plaques, épaisses, par assemblage, séparées de larges espaces d'eau, et d'autre part des performances élevées accessibles seulement par une grande division du milieu combustible correspondant à des plaques relativement minces, nombreuses, et à des canaux étroits.

Le compromis qui peut être proposé dépend fortement, pour chaque technologie, du contexte dans lequel il se place : niveau de performances - piles existantes aux performances élevées, bridées par les caractéristiques de leurs équipements (échangeurs, pompes, bloc-pile ...) ou piles nouvelles.

2 - Technologie UAl

On dispose actuellement en France d'une expérience de fabrication (à la CERCA) et d'irradiation (au CEA) :

- pour des plaques dont l'épaisseur d'âme combustible varie de 0,50 à 1,5 mm
- pour des proportions massiques d'uranium dans le composé UAl allant de 22 % à 40 %.

Dans les études très préliminaires auxquelles le CEA s'est livré jusqu'à présent, on a adopté ces deux limites comme butée de la technologie actuelle, sans qu'il faille leur accorder une valeur stricte.

Dans l'optique d'une recherche de la diminution maximale d'enrichissement on se place d'emblée à 40 % d'uranium dans UA1. Par contre, la détermination de l'épaisseur de combustible pose immédiatement le problème du réacteur auquel on se réfère.

En se basant sur un réacteur en fonctionnement, aux performances élevées, OSIRIS, on arrive aux estimations suivantes :

- une valeur minimale envisageable mais fortement pénalisante sur le plan économique (cycle court) et performances (flux surfacique élevés) correspond à un enrichissement de 30 % et une épaisseur de combustible de 1,5 mm.
- une valeur aux alentours de 40 % U_{235} donne une durée de cycle voisine de la durée actuelle (pour 15 plaques avec 1,5 mm UA1). Les performances en puissance volumique, donc en flux rapides, sont sensiblement réduites, suivant les possibilités dont on dispose pour l'adaptation du débit primaire (pompes, échangeurs). On peut aussi réduire le cycle et limiter la réduction de performances. Le compromis est à établir de façon précise.

Pour un réacteur aux objectifs limités, l'enrichissement peut être abaissé, en acceptant une pénalisation économique modérée, autour de 30 %, avec la même plaque combustible que ci-dessus mais en nombre inférieur assurant une meilleure modération.

Pour des réacteurs de puissance quasi nulle on atteindrait un enrichissement de 20 % seulement.

3 - Technologie UO_2

La technologie des plaques combustibles composées de combustibles "ceramel" gainés de zircaloy est déjà largement développée au CEA.

L'adaptation d'un tel combustible a déjà été présentée dans une communication [1] du CEA publiée à l'occasion du Symposium sur l'avenir des réacteurs de recherche.

La définition de l'assemblage combustible donne lieu à un compromis analogue sur l'épaisseur du combustible UO_2 qui doit être mince pour faciliter l'évacuation d'une puissance volumique élevée mais ce qui désavantage le bilan de réactivité; les contraintes technologiques se situent ici au niveau de la fabrication de "caramels" minces et dans les limitations en fonctionnement du couple puissance spécifique - taux de combustion. Les conclusions concernant les performances du réacteur sont de même nature que celles développées au paragraphe précédent :

- réacteurs aux performances élevées; réduction de ces performances en fonction de la possibilité d'adaptation du réacteur.
- réacteurs aux objectifs limités; possibilité d'éviter une pénalisation sensible.
- l'enrichissement se trouve dans la plage 8 % à 3 % U_{235} .

Conclusion

Les raisons qui ont conduit à l'emploi d'uranium enrichi à 93 % U_{235} sont toujours actuelles : réaliser le meilleur compromis bilan de réactivité - performances.

L'utilisation d'uranium moins enrichi se présente donc comme une contrainte dont on s'accommode de façon plus ou moins satisfaisante selon les cas. La pénalisation est d'autant plus forte que les performances du réacteur sont élevées et que le réacteur, s'il existe déjà, possède des possibilités d'adaptation limitées. Pour des projets moins ambitieux la faisabilité demeure.

Référence

[1] J.M. CERLES et J.P. SCHWARTZ

"Choix et utilisation d'un combustible à faible enrichissement dans les réacteurs de recherche de hautes performances".

Communication au Symposium S.E.E.A. sur l'Avenir des Réacteurs de Recherche - Grenoble, Novembre 1977.