

I - Introduction

Le but d'un réacteur nucléaire est généralement de produire de l'électricité. Cependant, certains réacteurs sont créés afin de répondre à d'autres attentes. **Ce sont les réacteurs de recherche.**

Leur objectif principal : Servir de source de neutrons pour la recherche et pour le développement de la filière électronucléaire. Ceci dans le but de faire avancer les investigations dans un grand nombre de domaines : l'étude du comportement des matériaux et combustibles nucléaires sous irradiation mais également à la recherche fondamentale, à la médecine nucléaire, à la formation de personnel ou encore à l'enseignement.

Actuellement, sur les 650 réacteurs de recherche construits depuis le milieu du XXe siècle, 240 sont encore utilisés. Parmi ceux-ci, moins de 50 possèdent une puissance comprise entre 10 et 250 MW et seulement une trentaine peuvent être considérés comme d'importantes installations nucléaires.

II – Conception générale d'un réacteur de recherche

Cependant, **certaines différences sont essentielles au fonctionnement de ces réacteurs de recherche.** L'uranium normalement enrichi à 3 % est **ici enrichi à 93 %**, ce qui permet de réduire la taille du réacteur et la masse de combustible. Les températures de fonctionnement sont nettement plus faibles, ce sont des réacteurs froids. Les gaines de combustibles sont donc autorisées à être en aluminium qui possède un très bon rendement neutronique.

Le flux de neutrons doit atteindre une valeur allant de 1.10^{13} à 1.10^{15} neutrons /cm.s. Il est composé de neutrons rapides, thermiques et en cours de ralentissement.

	Réacteur à eau pressurisée Type Bugey	Réacteur à Haut Flux ILL de Grenoble
Puissance thermique	2.775 MW	57 MW
Puissance électrique	925 MW	----
Volume du cœur	25 m ³	45 litres
Nature du combustible	UO ₂	UAl
Masse du combustible	72,5 t	9,2 kg
Enrichissement en ²³⁵ U	3,5 %	93%
Masse ²³⁵ U	2.800 kg	8,6 kg
Densité moyenne de puissance	110 kW/l	1.300 kW/l
Pression de fonctionnement	155 bars	14 bars
Température entrée/sortie	286°/323°	39°/47°
Flux de neutrons thermiques	3.10^{13} n/cm ² .s	$1.5.10^{15}$ n/cm ² .s

Figure 1 : Tableau présentant un exemple entre les différences de 2 types de réacteurs [2]

III – Principales utilisations

1. La recherche appliquée

Possédant un flux plus important, la durée des expériences dans ces réacteurs est fortement réduite. Une irradiation reçue en réacteur de recherche peut parfois représenter 10 fois celle reçue dans un réacteur classique. Ces expériences servent à **l'amélioration des performances des combustibles et matériaux utilisés** actuellement en simulant un vieillissement prématuré ainsi qu'à la **sélection et à la caractérisation des matériaux et combustibles pour les réacteurs de futures générations.**



Figure 2 : Piscine du réacteur Osiris [5]

Ex : Le réacteur Osiris (CEA Saclay), réacteur d'irradiation technologique utilisé par la France de 1966 à 2015.



Figure 3 : Réacteur Cabri [5]

Certains réacteurs sont conçus dans le but de simuler des essais dans le domaine de la sûreté. Plus précisément, ils permettent d'**étudier le comportement d'éléments combustibles** de réacteurs électronucléaires à eau dans **des situations accidentelles particulières.**

Ex : le réacteur Cabri (CEA Cadarache), créé en 1962 et encore en fonctionnement, permet de soumettre un échantillon de combustible nucléaire, neuf ou irradié, aux conditions qui résulteraient d'un accident de réactivité.

IV – Création d'un nouveau combustible

Originellement, les réacteurs de recherche utilisaient du combustible (UAl ou U₃Si₂) jugé difficilement retraitable, ils étaient donc envoyés aux États-Unis pour être retraités. À la fin du XXe siècle, les États-Unis ont déclaré qu'il ne retraiteraient plus les combustibles étrangers hautement enrichis. Les pays possédant des réacteurs expérimentaux décident alors de rechercher un nouveau combustible qui permettra une augmentation significative de la densité afin d'assurer la conversion de l'ensemble des réacteurs et qui sera facilement retraitable.

Le combustible choisi est alors le UMo7-9 (alliage d'U et de Mo avec 7 à 9 % en poids de Mo). Il permettra un gain sur la charge en uranium d'environ 40 % et **est considéré comme facilement retraitable** par les études réalisées en commun entre le CEA et ORANO.

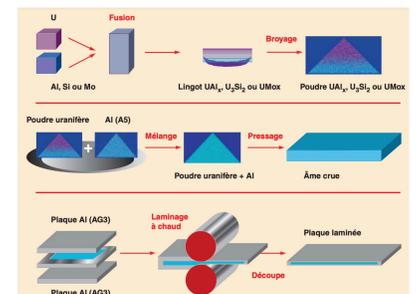


Figure 4 : Procédé de fabrication du combustible [5]

Par la suite, de nombreux tests ont été réalisés pour démontrer la sûreté de ce nouveau combustible.

Le premier était de **démontrer son bon comportement sous irradiation.** Le combustible fut testé dans 4 réacteurs différents et dans des conditions différentes afin de multiplier les données acquises.

La transition du combustible pour les réacteurs sélectionnés est en cours de réalisation et elle s'accompagne souvent d'une rénovation d'équipements importants pour la sûreté.

V - Conclusion

Les réacteurs de recherche ont connu leur essor après la période de la Seconde Guerre mondiale et ont nettement permis de développer les sciences et techniques du nucléaire. Aujourd'hui, on constate une baisse régulière des réacteurs de recherche en service. Les pays voisins de la France (Espagne, Italie, Danemark, ...) ont décidé de ne plus faire ce pari et ne possèdent plus de réacteurs de recherche. Cependant, la France continue d'investir dans ce domaine. Au milieu des années 1990, l'état annonce le projet d'un réacteur de 100 MW dédié aux essais de matériaux et de combustibles pour assurer la relève des réacteurs d'essais français et européens en fin de vie.

Ce réacteur se nomme le RJH (Réacteur Jules Horowitz). Il permettra également d'assurer la production de radioéléments comme le technétium-99m pour la médecine nucléaire et l'industrie non-nucléaire. Il pourra subvenir à 25 % des besoins de l'Union européenne en moyenne annuelle, voire à 50 % temporairement, en cas de besoin. Sa mise en service initialement prévue pour 2018 devrait intervenir dans les années à venir.



Figure 5 : Réacteur RJH en construction [5]

Bibliographie

- [1] P.Trocelier et al., « Tester les matériaux sous irradiation », Réacteurs nucléaires expérimentaux, CEA, p71-111, 2012.
- [2] P.Rouault, « Les réacteurs de recherche et d'expérimentation », 2019.
- [3] A.Ballgny et al., « Combustibles pour réacteur de recherche », CEA, 2012.
- [4] J.Couturier et al., « Les différents types de réacteurs de recherche », Élément de sûreté nucléaire – Les réacteurs de recherche, IRSN, 2019.
- [5] Photos provenant de <https://www.cea.fr/>