

Introduction

Le réacteur à sel fondu **MSFR (Molten Salt Fast Reactor)** fait partie des réacteurs innovant de la IV générations [4]. Le concept de ces réacteurs répond à la volonté de réduction des déchets avec une sûreté accrue. Le combustible du MSFR est du : Thorium (20% ThF₄) et Uranium 233 (2,5% U²³³ UF₄). Il est dissous dans du sel fondu (77,5% LiF). L'Uranium 233 est un radionucléide artificiel. Il peut être produit dans les REP (Réacteur à Eau Pressurisé). Le MSFR peut diverger avec de l'U²³⁵ (enrichi de : 5 à 30%) [1].

« L'utilisation au démarrage de l'U²³³ est-elle « bénéfique » pour la sûreté au regard de l'U²³⁵ enrichi ? »

Fonctionnement d'un MSFR

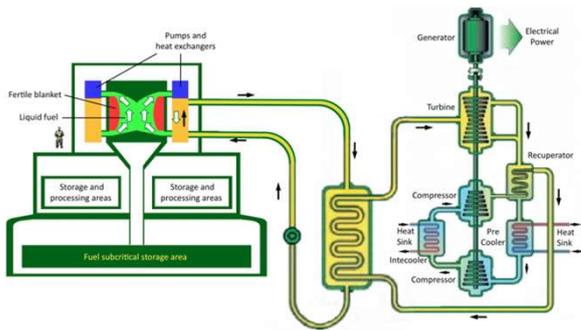


Figure 1 : Réacteur à sels fondus de IV ème génération [3].

Les MSFR sont des réacteurs à **combustible liquide**, à **neutrons rapides**. Ils peuvent être utilisés pour brûler des actinides, produire de l'électricité ou encore produire des radionucléides fissiles.

Le sel fondu sert à la fois de combustible et de liquide caloporteur (figure 1). La « chaleur » est générée dans le cœur du réacteur puis transportée par le sel combustible vers des échangeurs de chaleur avant de retourner dans le cœur du réacteur.

Les produits fissiles et fertiles sont dissous dans un sel de fluorure fondu à haute température (650 à 750°C) [1].

Le **retraitement du combustible liquide est intégré dans le réacteur**. Une épuration ou « élimination » de produits de fission est réalisée. Cette caractéristique offre la possibilité de fonctionner avec des compositions de combustible très variables : une charge fissile initiale l'U²³³, l'U²³⁵ enrichi ou encore des éléments transuraniens issus du retraitement des combustibles usés REP. [3].

Matériels et méthodes

La puissance résiduelle est un élément important pour la « maîtrise » de la sûreté d'un réacteur. Après l'arrêt du réacteur, la puissance résiduelle est la conséquence de la décroissance des radionucléides en l'absence de réactions de fissions.

Il est nécessaire d'évaluer cette puissance résiduelle émise lors d'une réaction de fission, dans le cas du MSFR deux noyaux ont été choisis pour la comparaison, l'U²³³ du fait de son importance dans le cycle thorium, et l'U²³⁵. [2].

Pour cela des simulations numériques ont été réalisées avec des outils développés pour calculer le bilan énergétique des réactions de désintégration dans le MSFR [2] ;

ECI : Isotopic Composition Evolution (Nouvelle outil)

- Une composition isotopique → les chaînes de désintégration,
- Energie des désintégrations
- Contributions des actinides et des produits de fission → puissance résiduelle.

Validation d'ECI en comparaison des résultats de l'outil reconnu DECROI

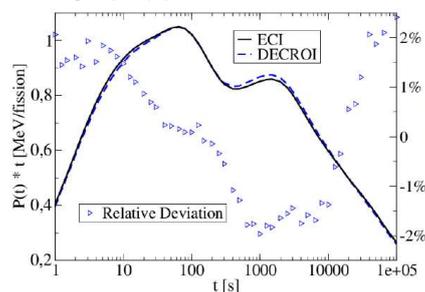
DECROI :

- Permet le calcul de la puissance résiduelle de désintégration pour le combustible Th / U irradié par neutrons thermiques en fonction du temps de refroidissement.

Outil reconnu [5].

Résultats et interprétations

Composante ECI et DECROI du bilan énergétique (Q) de la réaction de fission U²³³



Composante ECI et DECROI du bilan énergétique (Q) de la réaction de fission d'U²³⁵

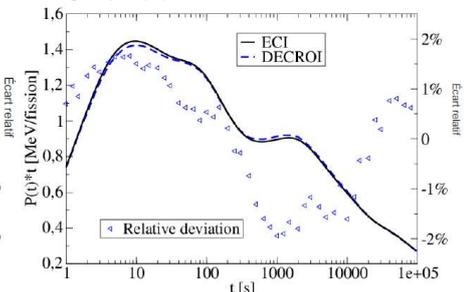


Figure 2 : Comparaison des calculs ECI et DECROI du bilan de la réaction fission élémentaire d'U²³³ et d'U²³⁵ [2].

Il existe une puissance résiduelle qui est la conséquence de la désintégration des fragments de fission. On compare maintenant le bilan énergétique (Q) de la réaction de fission de l'U²³³ et de l'U²³⁵.

On peut constater qu'une seconde après la fission, la puissance résiduelle issue de combustibles d'U²³⁵ (0,74 MeV/ s) est presque 2 fois plus élevée que celui de l'U²³³ (0,40 MeV/ s) comme nous le montre la figure 2 .

Conclusion

Du point de vue de la sûreté du MSFR, la puissance de désintégration obtenue avec des fissions d'U²³³ par rapport aux fissions d'U²³⁵ est un avantage car elles sont plus faible et donc diminue le risque d'échauffement du sel combustible. Les MSFR sont plus sûrs et plus stables car ils n'atteignent pas des températures suffisamment élevées pour la fusion puisque le combustible est à l'état fondu. Le système de retraitement permet d'éliminer une partie des produits de fission qui restent dans le cœur et contribuent à l'échauffement du sel combustible. Ils bénéficient des avantages des RNR (Réacteurs à Neutrons Rapides) tels que la possibilité d'utiliser certains déchets nucléaires comme combustible de démarrage comme les transuraniens (plutonium, curium, neptunium et américium), réduisant la dangerosité des déchets nucléaires existant en les transmutant.

Bibliographie

- [1] Daniel Heuer, Le MSFR (Molten salt fast reactor), Article ,2016.
- [2] M. Brovchenko et al., Preliminary safety calculations to improve the design of Molten Salt Fast Reactor,rapport,April,2012.
- [3] Brovchenko, M. Études préliminaires de sûreté du réacteur à sels fondus MSFR,Thèse,2013.
- [4] Sama BILBAO, The Generation IV International Forum,Article,2018 .
- [5] Gupta M. et al., "Calculs de chaleur de désintégration: évaluation de la désintégration des produits de fission, Données requises pour le carburant Th / U ", INDC (NDS) -0577 Distr. TD, AIEA(2010).