

Les réacteurs de nouvelle génération : des outils sûrs et économiques pour une énergie durable

Par Matthew Fisher

L'industrie nucléaire pourrait bénéficier d'une nouvelle génération de réacteurs, conçus en vue de créer des centrales nucléaires intrinsèquement plus sûres et plus efficaces. Ces réacteurs pourraient contribuer au développement d'une énergie nucléaire plus durable et être utilisés dans des applications industrielles variées.

Les réacteurs avancés : une performance et des caractéristiques de sûreté inégalées

La nouvelle génération de réacteurs a été conçue de manière à remplir plusieurs critères de référence en matière de performance, de sûreté et de fiabilité. Les petits réacteurs modulaires (PRM), par exemple, sont des réacteurs avancés qui peuvent générer jusqu'à 300 MW d'électricité et dont les composants peuvent être transportés sur le site de l'installation sous forme de modules préfabriqués.

« Grâce à leur modèle de construction préfabriqué et à leur petite taille, les PRM impliquent des coûts d'investissement inférieurs à ceux des grands réacteurs classiques actuellement en construction ou en exploitation », explique Stefano Monti, chef de la Section du développement de la technologie électronucléaire de l'AIEA. « De plus, il est prévu que la période de construction soit plus courte car, les modules étant préfabriqués, il suffit de les emporter sur le site d'installation pour les y assembler. Par ailleurs, les PRM sont moins sujets aux accidents graves, car ils ont été conçus de manière à ce que la fréquence d'endommagement du cœur soit réduite », ajoute-t-il.

Ces modèles de réacteurs avancés permettent d'élargir les domaines d'utilisation de l'énergie nucléaire. Jusqu'à présent, cette dernière servait principalement à produire de l'électricité,

mais il existe un large éventail d'applications non électriques pour lesquelles la nouvelle génération de réacteurs pourrait convenir.

« Les avantages qu'offre l'énergie nucléaire ne devraient pas être restreints à la production d'électricité, mais d'autres applications, comme la production de chaleur, devraient être visées », déclare François Gauché, président du Forum international Génération IV et directeur de l'énergie nucléaire au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. « Le concept des petits réacteurs modulaires s'appuie sur la recherche de plus petites unités, d'une construction modulaire, d'une conception simplifiée et d'une sûreté démontrée, en vue de gagner en flexibilité et de faciliter les décisions d'investissement », poursuit-il.

Plusieurs pays sont en train d'élaborer et de concevoir la nouvelle génération de réacteurs, et quatre PRM sont déjà en construction en Argentine, en Chine et en Russie.

Des réacteurs innovants pour une énergie durable

Le réacteur à haute température et lit de boulets (HTR-PM), réacteur refroidi par gaz le plus avancé à ce jour, est actuellement en construction en Chine. « Ce réacteur modulaire est conçu pour optimiser l'efficacité énergétique et est idéal pour effectuer de petites augmentations de capacité des réseaux électriques », explique Yuliang Sun, directeur adjoint et ingénieur en chef adjoint à l'Institut de technologie de l'énergie nucléaire et des énergies nouvelles de l'Université de Tsinghua. Ce type de réacteur convient également à l'application de cogénération d'électricité et de chaleur, en particulier pour la production de chaleur à des niveaux de température plus élevés.

Les réacteurs du futur

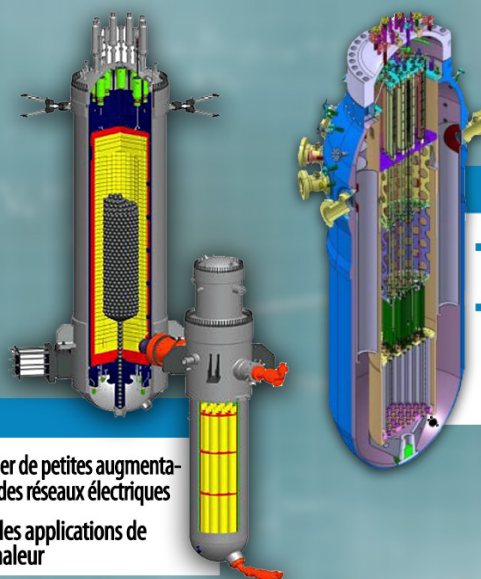


KLT-40S:

- Réacteur de puissance flottant
- Peut être transporté jusqu'à des zones éloignées en vue de la production de chaleur et d'électricité

HTR-PM:

- Idéal pour effectuer de petites augmentations de capacité des réseaux électriques
- Peut servir dans les applications de production de chaleur



CAREM:

- Réacteur à eau sous pression intégré
- Comporte des éléments de sûreté qui ne nécessitent pas d'action du personnel responsable du réacteur

(Infographie : F. Nassif/AIEA)

Un réacteur à eau sous pression (REP) intégré, le CAREM, est en construction en Argentine. Sa mise en service est prévue d'ici la fin de 2018. La conception de ce PRM inclut des éléments de sûreté qui ne nécessitent pas d'action du personnel responsable du réacteur, notamment la capacité d'arrêt automatique en cas de détection d'un problème dans le réacteur.

Le KLT-40S, réacteur de puissance flottant en construction en Russie, constitue un cas tout à fait particulier. Ce type de réacteur pourrait servir à produire de la chaleur et de l'électricité, ainsi qu'à alimenter en électricité des consommateurs isolés dans des zones lointaines. Le RITM-200, également en construction en Russie, doit servir à la propulsion marine d'un brise-glace, mais peut aussi être utilisé comme PRM terrestre ou monté sur une barge, en vue de la production de chaleur et d'électricité.

Des réacteurs à neutrons rapides pour une énergie nucléaire plus efficace

Les réacteurs à neutrons rapides sont conçus pour produire 60 à 70 fois plus d'énergie à partir d'uranium que les réacteurs à neutrons thermiques de la génération actuelle. Ces réacteurs, qui recyclent le combustible usé et utilisent des neutrons « rapides » (neutrons résultant de la fission non ralentis par un modérateur), sont donc très efficaces, produisent beaucoup moins de déchets nucléaires et offrent de nombreuses possibilités d'applications non électriques de l'énergie nucléaire, en particulier dans des processus industriels.

Le seul réacteur à neutrons rapides exploité à des fins commerciales est le réacteur russe BN-800. Il a été connecté au réseau électrique en décembre 2015, fonctionne avec du combustible à mélange d'oxydes et possède des caractéristiques de sûreté avancées. De plus, il consomme très peu de combustible.

« Le réacteur BN-800 constitue une nouvelle étape vers la pleine commercialisation des réacteurs à neutrons rapides, qui pourront concurrencer les réacteurs à eau sous pression en matière de coût », explique Vyacheslav Pershukov, directeur général adjoint de Rosatom.

L'AIEA appuie les progrès de ces technologies innovantes et accueille en particulier une série de conférences sur les nouvelles technologies de réacteurs dans le cadre du développement durable. En juin 2017, elle a organisé à Iekaterinbourg (Russie) la troisième Conférence internationale sur les réacteurs à neutrons rapides et les cycles du combustible connexes. Ces événements rassemblent un large éventail de professionnels du domaine, qui débattent de la meilleure manière d'utiliser les nouveaux modèles de réacteurs en vue de l'approvisionnement en énergie propre et durable.

De nouveaux modèles pour répondre à de nouveaux défis

Les PRM présentent de nombreux avantages, mais certaines difficultés liées à leur mise en œuvre subsistent. « Étant donné

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Patricia Paviet

Directrice, Bureau des matières et des technologies chimiques, Ministère de l'énergie des États-Unis



Patricia Paviet supervise les activités de recherche-développement liées à la partie terminale du cycle du combustible nucléaire, notamment la récupération des matières et le développement des formes de déchets, la protection des matières, l'obligation de rendre compte et les technologies de contrôle. Avant de rejoindre le Ministère de l'énergie

des États-Unis, elle a été directrice adjointe de l'Institut des sciences et techniques nucléaires pour l'enseignement et la recherche sur le cycle du combustible au Laboratoire national de l'Idaho. Elle y était responsable du renforcement des partenariats de l'université et de leur extension dans des domaines tels que la science des actinides, les séparations, les garanties et l'instrumentation. Patricia Paviet est la présidente de l'équipe spéciale d'enseignement et de formation du Forum international Génération IV.

« La vigueur, la prospérité et la durabilité futures du cycle du combustible nucléaire dépendent de la formation d'ingénieurs du nucléaire, de scientifiques et de radiochimistes spécialisés. Nous aurons également besoin d'idées nouvelles et de solutions innovantes. L'enseignement et la formation doivent être des priorités, afin non seulement de répondre au défi du maintien d'un personnel solide et bien formé, mais aussi d'assurer la croissance prévue dans ce domaine. »

que les PRM n'ont pas encore été mis en service, il reste encore à consolider une infrastructure réglementaire spécifique à ces réacteurs », explique Stefano Monti. « Se doter d'une seule salle de commande pour tous les modules d'une installation comportant des PRM constitue un autre défi. Il n'existe à ce jour aucune infrastructure de ce type et la mise en place réussie d'une telle salle pourrait aider à rationaliser le fonctionnement des réacteurs », ajoute-t-il. Il conclut en notant que, bien que l'octroi d'autorisations relatives à des PRM risque de prendre davantage de temps au début, le processus devrait s'accélérer considérablement une fois qu'un cadre réglementaire sera bien établi.