

Les centrales nucléaires de la troisième génération

Efficaces, économiques et encore plus sûres

Au cours des dernières décennies, le développement des types de réacteurs avancés a progressé dans le monde entier. L'accent est mis sur une sécurité encore accrue, l'utilisation efficace des ressources et la rentabilité. Ces centrales nucléaires dites de la 3^e génération sont dorénavant prêtes à être mises sur le marché et constituent la base des nouvelles constructions des années et décennies à venir.

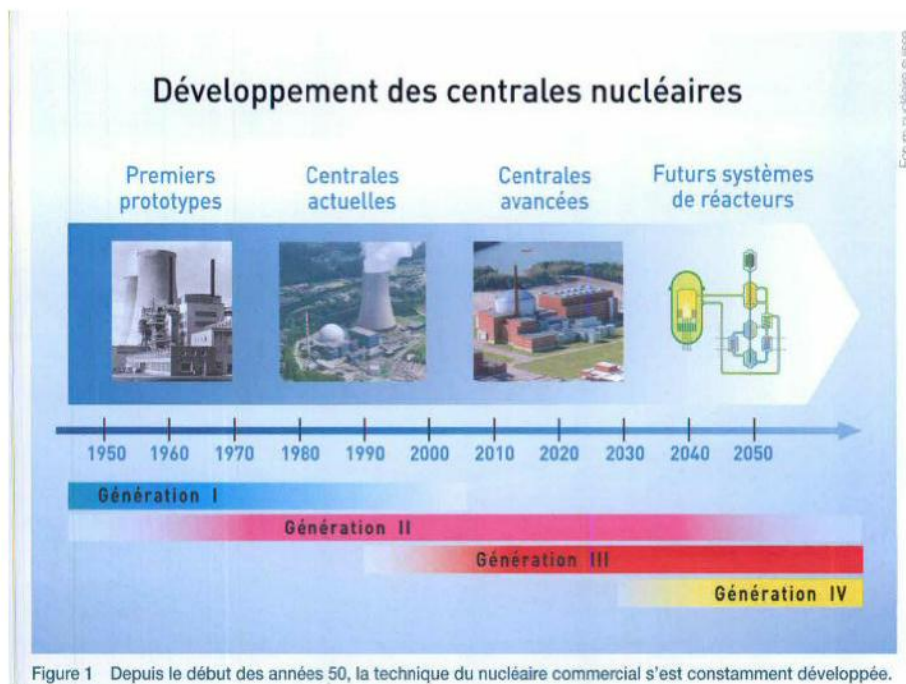


Figure 1 Depuis le début des années 50, la technique du nucléaire commercial s'est constamment développée.

Comme toute autre technique, celle du nucléaire civil se développe toujours plus. A l'heure actuelle, on distingue 4 générations de centrales nucléaires (voir figure 1).

La première génération comprend les prototypes des années 50. Puis ont suivi les centrales nucléaires commerciales de la 2^e génération qui sont actuellement en service en Suisse et dans de nombreux autres pays. Grâce à des travaux de maintenance réalisés avec soin et des rénovations successives, il est possible de prolonger considérablement la durée d'exploitation d'un grand nombre de ces installations qui font leurs preuves au quotidien.

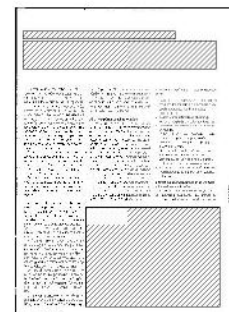
Parallèlement, de nouveaux types de centrales nucléaires avancés de la 3^e génération ont été développés au cours des dernières décennies. Des chercheurs travaillent même déjà à la 4^e génération pour

le monde d'après-demain.

Au cours des dernières années, la technique des réacteurs a été développée de manière accélérée dans le contexte d'une demande croissante du nucléaire dans le monde entier:

- Les centrales nucléaires du boom des années 70 approchent de la fin de leur durée d'exploitation économique. En Suisse, l'économie électrique planifie de nouvelles constructions pour remplacer les 3 installations les plus anciennes Beznau 1, Beznau 2 et Mühleberg, ainsi que les contrats d'importation d'électricité avec la France qui touchent à leur fin.

- A l'avenir, des milliards de personnes dans les pays en voie de développement et les nouveaux pays industrialisés voudront profiter d'un approvisionnement en électri-



cité fiable. La demande en électricité croît à vitesse grand V notamment dans les pays très peuplés comme la Chine et l'Inde.

■ Dans de nombreux pays, les objectifs de protection climatique exigent l'utilisation du nucléaire, qui n'émet que peu de gaz à effet de serre et qui respecte l'environnement, en parallèle aux énergies renouvelables.

■ Les prix croissants du pétrole et du gaz naturel rendent le nucléaire encore plus attrayant du point de vue économique que jusqu'à présent. De plus, une partie considérable de l'uranium provient de pays politiquement stables et les réserves d'uranium de la terre suffisent encore pour des siècles. Ce qui sous-entend une sécurité d'approvisionnement élevée.

Allier l'expérience à l'innovation

Les 2 premières centrales nucléaires avancées de la 3^e génération ont été mises en exploitation en 1996 et 1997 au Japon, et presque toutes les centrales nucléaires actuellement en construction ou en cours de planification appartiennent à cette génération. Leur développement a commencé au début des années 90. Dans beaucoup de cas, il s'agit de la poursuite du développement des types de réacteurs fiables de la 2^e génération. Ce processus évolutif permet aux constructeurs d'allier le progrès technique général des dernières décennies aux expériences pratiques des plus de 12 000 années d'exploitation de réacteurs.

Les travaux mettent notamment l'accent sur une sécurité encore plus poussée, sur l'utilisation efficace des ressources et sur la rentabilité. Les systèmes de réacteurs de la

3^e génération ont les points communs suivants:

- Conception standardisée de l'installation pour réduire les délais d'autorisation, les coûts de capitaux et le temps de construction
- Construction réfléchie et robuste qui simplifie l'exploitation et la maintenance
- Interfaces optimisées entre l'homme et la machine
- Temps d'arrêt pour révision plus courts d'où une disponibilité plus élevée
- Durée d'exploitation plus longue (typiquement 60 ans)

- Rendement plus élevé et mise à profit améliorée du combustible nucléaire
- Diminution de la probabilité aujourd'hui déjà minimale d'une fusion du noyau
- Augmentation accrue de la sécurité des installations, aussi contre les influences extérieures.

Limiter les conséquences d'un incident à l'installation elle-même

Sécurité et rentabilité vont de pair dans les centrales nucléaires. La probabilité qu'un incident grave ait lieu dans les cen-

trales nucléaires occidentales est extrêmement faible. Grâce à la recherche effectuée depuis des décennies en matière de sécurité et la mise en pratique des résultats, la sécurité s'accroît continuellement.

Un des critères de sécurité est la probabilité que le noyau fonde, c'est-à-dire que le combustible nucléaire dans le noyau du réacteur ne puisse plus être suffisamment refroidi et commence à fondre. En Suisse, le législateur exige actuellement que la probabilité qu'un tel événement se produise soit inférieure à un sur cent mille par année d'exploitation du réacteur. Les systèmes de réacteurs modernes de la 3^e génération vont bien au-delà de cet objectif.

En outre, les constructeurs et les autorités posent la condition qu'en cas du pire accident imaginable, aussi invraisemblable qu'il soit, les répercussions se limitent à l'installation et qu'aucun gaz radioactif nocif ne soit émis dans l'environnement.

Une des tâches centrales consiste à éliminer à long terme et de manière fiable la chaleur résiduelle. Cette chaleur résulte de la désintégration spontanée des produits de fission radioactifs générés lors de l'exploitation du réacteur. De la chaleur résiduelle est donc également produite après la mise hors service du réacteur.

En cas d'incident, la plupart des réacteurs actuels évacuent la chaleur résiduelle par des systèmes actifs. Il s'agit là de divers systèmes redondants, contrôlés activement et activés par des alimentations énergétiques extérieures. Pour les nouveaux réacteurs de la 3^e génération, des systèmes de sécurité dits passifs ont été développés.

Systèmes de sécurité passifs

Les systèmes de sécurité passifs sont le

résultat de la recherche internationale et du développement au cours des dernières décennies. A la différence des systèmes de sécurité actifs, les systèmes passifs n'ont besoin ni de pompe ou ni de valve motorisée et fonctionnent sans énergie extérieure. Ils se basent sur l'action commune des lois naturelles (comme par exemple la pesanteur) et des propriétés matérielles, des structures techniques et de l'énergie interne du processus.

En cas de dysfonctionnement dans une centrale, les systèmes de sécurité passifs remplissent leur tâche sans l'intervention de l'homme ou de la technique. L'utilisation de tels systèmes de sécurité dans les nouveaux concepts de réacteur permet de simplifier le système global et contribue ainsi à augmenter le standard de sécurité, tout en réduisant les coûts de fabrication de telles installations. De nombreux réacteurs de la 3^e génération contiennent de tels systèmes de sécurité passifs.

Des fournisseurs du monde entier

Les types de réacteur de la 3^e génération sont prêts à être mis sur le marché. Des producteurs d'Europe, d'Amérique du Nord, d'Asie de l'Est et de Russie proposent de telles centrales nucléaires sur le marché mondial. Pour la plupart, il s'agit de développements innovants des réacteurs à eau légère, très fiables et très répandus à l'heure actuelle, comme en Suisse.

Dans la famille des réacteurs à eau lourde qui, à la différence des réacteurs à eau légère, peuvent fonctionner avec de

l'uranium naturel (pas ou très peu enrichi), les systèmes de la 3^e génération sont en cours de préparation. Ainsi, l'Atomic Energy of Canada travaille actuellement sur l'Advanced Candu Reactor (ACR 1000) d'une puissance d'environ 1200 MW. L'Inde développe aussi un réacteur à eau lourde avancé d'une puissance de 300 MW.

Petits, modulaires et innovants

De petits réacteurs très innovants sont aussi en cours de développement. Ils peuvent être assemblés de manière modulaire en de grandes unités de production.

Au niveau de l'application dans l'industrie, le Pebble Bed Modular Reactor (PBMR) est déjà très avancé. Il s'agit d'un réacteur à haute température refroidi au gaz d'environ 160 MW qui remonte à un développement allemand et dont le prototype devrait être construit prochainement en Afrique du Sud. Dans le PBMR, le combustible nucléaire est contenu dans des boules de graphite de la grandeur de boules de billard. Du point de vue physique, toute fusion du noyau est impossible.

Un peu plus grand et d'une puissance de 335 MW, l'«Iris» (International Reactor Innovative and Secure) est très novateur du point de vue technique. Il est mis au point par un consortium sous la direction de Westinghouse.

Ces 2 systèmes se trouvent actuellement en examen auprès des autorités de surveillance américaines. (*Forum nucléaire suisse/bs*)



Figure 2 La 3^e génération en construction: livraison de la cuve de confinement du réacteur pour le réacteur européen à eau pressurisée (EPR) à Olkiluoto en Finlande. En Asie, plusieurs réacteurs de la 3^e génération sont déjà en exploitation.

Système, fournisseur	Puissance	Niveau de développement	Caractéristiques
Réacteurs à eau sous pression			
AP 1000 Advanced Passive Plant Westinghouse	~ 1100 MW	<ul style="list-style-type: none"> - Construction imminente de 4 tranches en Chine - USA: demandes de construction de 12 tranches présentées; demandes de construction de 2 tranches annoncées - Certifié aux USA; pré-examen en Grande-Bretagne 	Développement innovant de la technologie américaine Westinghouse <ul style="list-style-type: none"> - Conception très simplifiée, construction modulaire et compacte, courte durée de construction - Nombreux composants déjà en service dans des centrales actuelles - Systèmes de sûreté actifs et passifs - En cas d'incident, sûreté passive pendant 3 jours sans intervention d'opérateurs - Le cœur fondu peut être retenu dans la cuve du réacteur; évacuation passive de la chaleur résiduelle
APR 1400 Advanced Power Reactor Korea Hydro & Nuclear Power Co.	~ 1400 MW	<ul style="list-style-type: none"> - Corée du Sud: 1 tranche en construction; construction imminente d'une tranche; 2 tranches projetées - Certifié aux USA 	Développement du système 80+ de la Combustion Engineering (C-E) américaine, prévu comme futur réacteur standard en Corée du Sud: <ul style="list-style-type: none"> - Construction et exploitation simplifiées, durée de construction raccourcie - Sûreté améliorée - Compétitivité améliorée
APWR 1500 US/EU APWR Advanced Pressurized Water Reactor Mitsubishi Heavy Industries	1500 MW 1700 MW	<ul style="list-style-type: none"> - 2 tranches projetées au Japon - USA: demandes de construction de 2 tranches présentées - Présentation de la certification aux USA 	Développement des réacteurs à eau sous pression japonais actuels: <ul style="list-style-type: none"> - Systèmes de sûreté passifs et actifs - Construction compacte - Maintenance simplifiée - Efficacité du combustible améliorée
EPR European Pressurized Water Reactor US EPR Evolutionary Pressurized Water Reactor Areva NP	~ 1600 MW	<ul style="list-style-type: none"> - 2 tranches en construction (Finlande, France); construction imminente de 2 tranches en Chine - USA: 4 demandes de construction présentées; demandes de construction de 3 tranches annoncées - Certification aux USA demandée; pré-examen en Grande-Bretagne 	Développement des réacteurs français et allemands actuels à eau sous pression: <ul style="list-style-type: none"> - Bâtiment réacteur et 2 des 4 bâtiments de sûreté protégés par une double coque en béton - Réservoir d'étalement spécial pour la récupération d'un cœur fondu et le refroidissement passif consécutif - Construction simplifiée - Pilotage et maintenance simplifiés - Efficacité du combustible améliorée
WER (série AES) Type venant du russe «réacteur de puissance à caloporteur et modérateur eau» Rosatom	1000 MW 1200 MW	<ul style="list-style-type: none"> - 2 tranches en service en Chine - 66 tranches en construction: 2 en Inde et 4 en Russie - Construction imminente de 2 tranches en Bulgarie; projets en Chine, Inde, Russie 	Développement de la filière russe de réacteurs à eau sous pression: <ul style="list-style-type: none"> - Sûreté améliorée - Systèmes de sûreté actifs et passifs - Efficacité du combustible améliorée
Réacteurs à eau bouillante			
ABWR Advanced Boiling Water Reactor General Electric Hitachi Toshiba	1350 – 1600 MW	<ul style="list-style-type: none"> - 4 tranches en service au Japon - 3 tranches en construction: 1 au Japon et 2 à Taiwan - Japon: 5 tranches planifiées - USA: demandes de construction de 2 tranches présentées - Certifié aux USA 	Développement des réacteurs à eau bouillante de General Electric: <ul style="list-style-type: none"> - Simplification de la construction/exploitation, coûts de construction réduits, durée de construction raccourcie - Sûreté élevée par un développement des systèmes de sûreté - Protection élevée contre des agressions extérieures - Efficacité du combustible améliorée
ESBWR Economic and Simplified Boiling Water Reactor General Electric Hitachi	~ 1500 MW	<ul style="list-style-type: none"> - USA: demandes de construction de 4 tranches présentées - Demande de certification aux USA présentée; pré-examen en Grande-Bretagne 	Développement innovant de l'ABWR: <ul style="list-style-type: none"> - Conception très simplifiée, construction modulaire, courte durée de construction - Circulation naturelle en exploitation normale (pas de pompes de recirculation) - Systèmes de sûreté actifs et passifs - En cas d'incident, sûreté passive pendant 3 jours sans intervention d'opérateurs - Le cœur fondu peut être retenu dans le confinement; évacuation passive de la chaleur résiduelle
SWR 1000 (Kerena) Réacteur à eau bouillante Areva NP	1250 MW	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnu comme autorisable en Finlande - Maturité industrielle atteinte: tests du système et perfectionnement en cours en vue d'une première procédure de certification 	Développement des réacteurs allemands à eau bouillante: <ul style="list-style-type: none"> - Conception simplifiée, construction compacte - Systèmes de sûreté actifs et passifs - En cas d'incident, sûreté passive pendant 3 jours sans intervention d'opérateurs - Le cœur fondu peut être retenu dans le confinement; évacuation passive de la chaleur résiduelle - Efficacité du combustible améliorée

Centrales nucléaires de la 3^e génération. Etat actuel: voir la feuille d'information sous www.forumnucléaire.ch.