

Feuille d'information

Février 2019

Les centrales nucléaires de troisième génération

La compétitivité par la sûreté optimale

Les systèmes de réacteurs avancés ont fait l'objet ces dernières décennies de travaux de développement importants au niveau international. Ceux proposés actuellement répondent à des exigences de sûreté très élevées et continueront de garantir un approvisionnement en électricité à des prix compétitifs à l'avenir également. Ces centrales nucléaires dites de la troisième génération constituent la base des centrales qui seront construites dans les années à venir.

Comme toute autre technique, le génie nucléaire civil progresse de manière constante. On distingue désormais quatre générations de centrales nucléaires (voir le graphique): la première génération englobe les anciens prototypes des années 1950, auxquels ont succé-

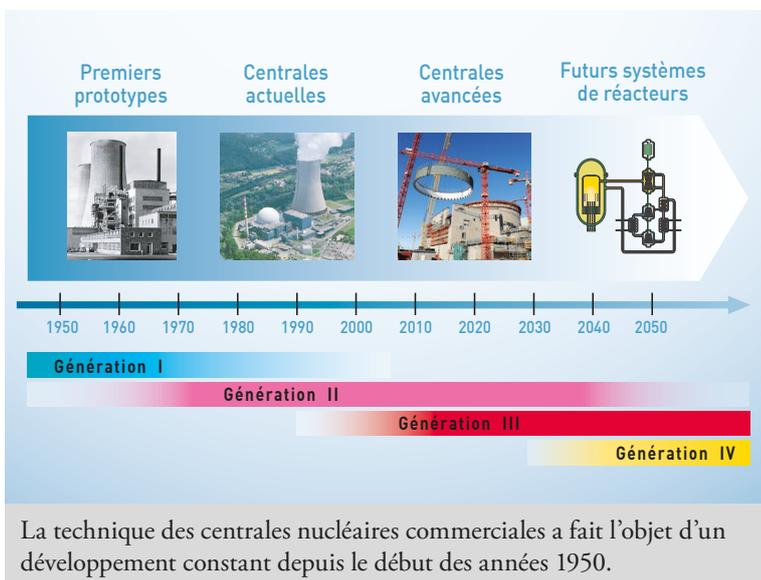
dé les centrales nucléaires commerciales de la deuxième génération actuellement en service en Suisse et dans de nombreux autres pays.

En Suisse, ces installations ont fait l'objet d'une mise à niveau permanente en fonction des derniers acquis technologiques. Les innovations techniques, les expériences issues de l'exploitation et les enseignements tirés des incidents permettent une élévation continue du niveau de sûreté. Les décisions récentes du Conseil fédéral, du Parlement et du peuple suisse de poursuivre l'exploitation des centrales nucléaires suisses pendant encore plusieurs décennies malgré la décision de sortie du nucléaire sont la preuve de leur performance.

En réponse à la faim énergétique

De nouveaux types de réacteurs avancés de la troisième génération ont été développés parallèlement ces dernières décennies. Cela s'explique de la manière suivante:

- La demande en électricité ne cesse d'augmenter au niveau mondial, notamment dans les pays émergents, tels que la Chine et l'Inde, mais aussi dans les pays d'Asie du Sud-Est et du Proche Orient. D'après les estimations de l'Agence internationale de l'énergie de l'OCDE, elle devrait au moins augmenter de 60% d'ici 2040, et ce même dans l'hypothèse d'une utilisation de l'électricité beaucoup plus efficace qu'actuellement.
- Les objectifs de protection du climat exigent que parallèlement à des énergies renouvelables, on utilise de l'énergie nucléaire pauvre en émissions de gaz à effet de serre et





Chantier de deux réacteurs à eau sous pression du type américain avancé AP1000 en Géorgie aux Etats-Unis.

Photo: NRC

respectueuse du climat.

- Les centrales nucléaires issues du boom des années 1970 se rapprochent de la fin de leur durée d'exploitation économique et doivent être remplacées.

Innovation et expérience

Les deux premières centrales nucléaires avancées de la troisième génération ont été mises en service au Japon en 1996 et en 1997. Des centrales de dernière technologie ont été entre-temps connectées au réseau en Corée du Sud, en Chine, en Inde, en Iran et en Russie, pendant qu'elles sont en cours de construction en Europe (France, Finlande, Grande-Bretagne), au Bangladesh, en Biélorussie, en Chine, en Corée du Sud, aux Etats-Unis, au Japon, au Pakistan, en Russie, en Turquie et aux Emirats arabes unis. D'autres pays tels que l'Egypte, la Hongrie, ou encore la Pologne, lanceront des travaux similaires dans les années à venir.

Leur développement a commencé dès les années 1980 sur la base des expériences acquises de l'exploitation des réacteurs fiables de la deuxième génération, mais aussi des accidents tels que celui de la centrale américaine de Three Mile Island en 1979, qui avait abouti à une fusion partielle du cœur du réacteur.

La conception des réacteurs de la troisième génération garantit qu'en cas d'accident d'exploitation, quel qu'il soit, aucune quantité importante de substances radioactives ne peut être libérée aux alentours de la centrale, et que le sol ne peut être contaminé pour une longue période. Les conséquences maximales sur la population ne doivent pas être plus importantes que celles de n'importe quel autre risque inhérent à la civilisation tel que les accidents chimiques, les explosions de gaz ou les ruptures de barrage.

Systèmes de sûreté passifs

La fiabilité des systèmes de refroidissement d'urgence permettant d'empêcher les dégâts au cœur ont fait l'objet de nouvelles améliorations pour les réacteurs de la troisième génération. Pour ce faire, le nombre de systèmes indépendants les uns des autres a notamment été augmenté, ainsi que leur degré de protection contre les influences extérieures telles que les séismes, les inondations ou encore les crashes aériens.

Autre développement très innovant de ces dernières décennies: les systèmes de sûreté dits passifs. Ils se fondent sur des lois naturelles de la physique telles que la gravité. Contrairement aux systèmes de sûreté actifs, les systèmes passifs n'ont pas besoin de pompes ou de soupapes actionnées par un moteur, et ils remplissent leur fonction sans apport externe d'énergie. En cas de dysfonctionnement grave,



Photo: CGN

Le premier EPR au mondial est entré en service fin juin 2018, à Taishan, en Chine. La deuxième tranche suivra prochainement.

aucune intervention de l'homme n'est nécessaire pendant 12 à 72 heures, selon le type du réacteur. Pratiquement tous les systèmes de réacteurs de la troisième génération disposent de tels systèmes de sûreté d'un type nouveau.

Une protection même en cas de fusion du cœur

Cependant, si une défaillance de l'ensemble des systèmes de protection et une survenue d'un dégât au cœur devaient se produire, une telle probabilité étant inférieure à un cas tous les millions d'années pour les réacteurs de troisième génération, des mesures préventives sont intégrées afin que la fusion du cœur soit contenue dans l'enceinte de confinement et fasse l'objet d'un refroidissement. De plus, les substances radioactives volatiles qui sont libérées sont retenues dans l'installation de manière très efficace.

La capacité de maîtrise des conséquences de dégâts au cœur, basée sur la conception, est le principal élément qui distingue les réacteurs de la seconde de ceux de la troisième génération. Un pas en avant décisif a été fait en matière de sûreté des centrales avec le développement de la troisième génération.

Des fournisseurs dans le monde entier

Les réacteurs de la troisième génération ont atteint aujourd'hui la maturité industrielle. Des constructeurs européens, d'Amérique du Nord, d'Asie orientale et de Russie proposent de telles centrales nucléaires sur le marché. Il s'agit pour la plupart de développements plus ou moins innovants des *réacteurs à eau légère* très fiables qui sont actuellement largement répandus dans le monde (voir le tableau page 4) et en service en Suisse.

On trouve également des systèmes de la troisième génération en préparation dans la famille des *réacteurs à eau lourde* qui, contrairement aux réacteurs à eau légère, peuvent être exploités avec de l'uranium naturel qui n'est pas enrichi. Des *réacteurs très innovants de petite taille (SMRs, Small Modular Reactors)* pouvant être assemblés de manière flexible en grandes unités de production sont également en voie de développement. (Voir la feuille d'information «Les futurs systèmes de réacteurs» du Forum nucléaire suisse).

Génération III: la solution à Fukushima

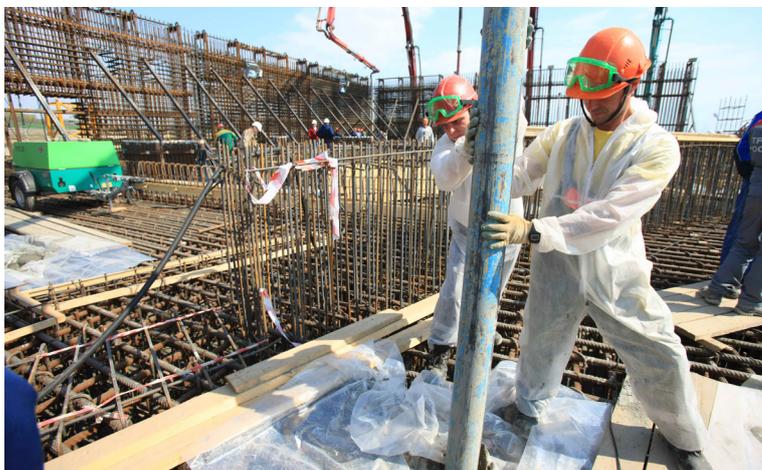
L'accident de réacteur survenu à la centrale nucléaire japonaise de Fukushima-Daiichi a été provoqué par une catastrophe naturelle d'une rare ampleur. Un séisme dans l'océan a en effet provoqué un tsunami qui a submergé l'installation insuffisamment protégée contre ce type de risque.

Les analyses du déroulement de l'accident ont montré qu'aucune modification majeure de la conception des installations de la troisième génération ne devra être apportée. Les défaillances survenues à Fukushima telles que la panne d'électricité, l'incapacité de refroidissement et les explosions d'hydrogène ont déjà été largement abordées dans les années 1980 et avaient conduit en Suisse à des modernisations des équipements. Contrairement à la Suisse, ces connaissances n'ont pas été exploitées dans les installations japonaises plus anciennes.

Sur le plan de la sûreté, les centrales de troisième génération sont la solution à l'accident de Fukushima: les mesures préventives qui ont manqué au Japon pour maîtriser la catastrophe sont en effet déjà intégrées dans celles-ci, et les frais de construction d'installations modernes ne devraient pas être beaucoup plus élevés après Fukushima. Il n'en sera probablement pas de même pour les coûts du capital du fait d'une plus grande réticence de la part des institutions financières.

Forum nucléaire suisse
Frohburgstrasse 20
4600 Olten

Téléphone 031 560 36 50
info@forumnucleaire.ch
www.forumnucleaire.ch



Koursk, avril 2018: lancement de la construction du premier réacteur VVER-TOI au monde. Il s'agit du dernier développement des réacteurs à eau sous pression russes de la troisième génération.

Photo: Rosatom

Système, fournisseur	Puissance	Niveau de développement	Caractéristiques
Réacteurs à eau sous pression			
AP1000 Advanced Passive Plant <i>Westinghouse</i>	~ 1100 MW	<ul style="list-style-type: none"> • Chine: 4 tranches en service • USA: 2 tranches en construction, 2 autres planifiées • Certifié aux USA; pré-examiné 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 trois 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 <i>Korea Hydro & Nuclear Power Co.</i>	1400 MW	<ul style="list-style-type: none"> • Corée du Sud: 1 tranche en service, 5 tranches en construction • Emirats arabes unis: 4 tranches en construction 	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 • Sûreté améliorée • Compétitivité améliorée
ACPR1000 / ACP1000 / Hualong One Advanced Chinese Pressurized Water Reactor <i>China General Nuclear Power Corp. (CGN) / China National Nuclear Corp. (CNNC)</i>	1100 MW 1150 MW	<ul style="list-style-type: none"> • ACPR1000 (CGN): 1 tranche en service et 3 tranches en construction en Chine • ACP1000 (CNNC): 2 tranches en construction au Pakistan, 1 autre planifiée • Hualong One: (CGN/CNNC): 4 tranches en construction en Chine 	Développement des réacteurs à eau sous pression franco-chinois CPR1000 (CGN) et CP1000 (CNNC): <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de sûreté passifs et actifs • Bâtiment réacteur protégé par une double coque en béton • ACPR1000: Aire d'étalement pour la récupération d'un cœur fondu • Hualong One: Le cœur fondu peut être retenu dans la cuve du réacteur
EPR Evolutionary Pressurized Water Reactor <i>Areva</i>	~ 1600 MW	<ul style="list-style-type: none"> • 1 tranche en service en Chine • 4 tranches en construction: 1 en Chine, 1 en Finlande, 1 en France, 1 en Grande-Bretagne • Grande-Bretagne: 1 tranche autorisée, 2 autres planifiées • Projets en Inde • Présentation de la certification aux USA 	Développement des réacteurs français et allemands actuels à eau sous pression: <ul style="list-style-type: none"> • Bâtiment réacteur et deux des quatre bâtiments de sûreté protégés par une double coque en béton • Aire 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
VVER (série AES) Terme venant du russe «réacteur de puissance à caloporteur et modérateur eau» <i>Rosatom</i>	1000 MW - 1200 MW	<ul style="list-style-type: none"> • 4 tranches en service en Chine, 2 en Inde, 1 en Iran, 2 en Russie • 11 tranches en construction: 2 au Bangladesh, 2 en Biélorussie, 2 en Inde, 4 en Russie, 1 en Turquie • Projets en Chine, en Egypte, en Finlande, en Hongrie, en Inde, en Iran, en Russie et en Turquie 	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 • Aire d'étalement spécial pour la récupération d'un cœur fondu puis pour le refroidissement passif • Efficacité du combustible améliorée
Atmea1 Evolutionary Pressurized Water Reactor <i>Areva / Mitsubishi Heavy Industries</i>	1000 MW - 1150 MW	<ul style="list-style-type: none"> • Pré-examen de l'autorité de surveillance française réussi • Projets en Turquie 	Combinaison de la technologie de l'EPR et de l'APWR de Mitsubishi: <ul style="list-style-type: none"> • Aire d'étalement spécial pour la récupération d'un cœur fondu et le refroidissement passif consécutif • Systèmes de sûreté actifs et passifs • Efficacité du combustible améliorée
Réacteurs à eau bouillante			
ABWR Advanced Boiling Water Reactor <i>General Electric Hitachi / Toshiba</i>	1350 MW - 1600 MW	<ul style="list-style-type: none"> • Japon: 4 tranches actuellement à l'arrêt • 4 tranches en construction: 2 au Japon et 2 à Taiwan • Projets au Japon • USA: 2 tranches autorisées • Certifié en Grande-Bretagne et 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 <i>General Electric Hitachi</i>	~ 1500 MW	<ul style="list-style-type: none"> • USA: 2 tranches autorisées; demandes de construction de 6 tranches présentées, dont 4 suspendues • Certifié aux USA; pré-examiné en Grande-Bretagne 	Développement innovant de l'ABWR: <ul style="list-style-type: none"> • Conception très simplifiée, construction modulaire • Circulation naturelle en exploitation normale (pas de pompes de recirculation); systèmes de sûreté actifs et passifs • En cas d'incident, sûreté passive pendant trois jours sans intervention d'opérateurs • Le cœur fondu peut être retenu dans le confinement