

# Feuille d'information

Juin 2011

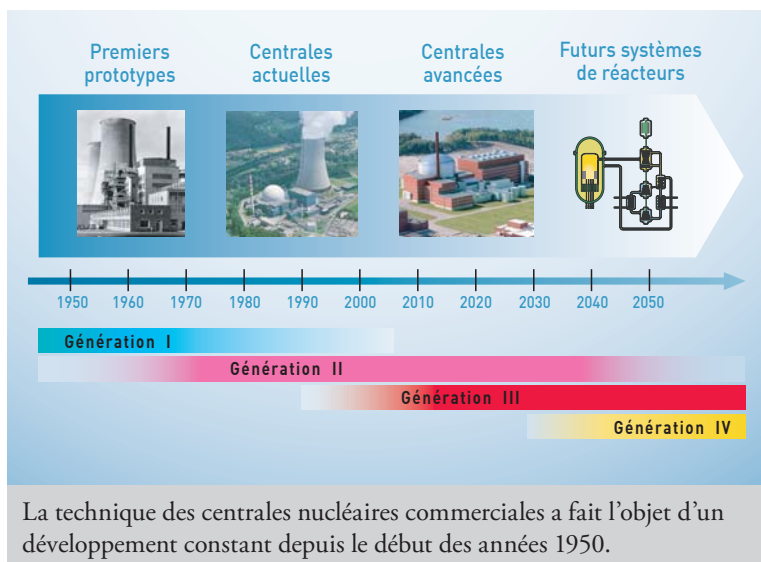
## Les centrales nucléaires de la troisième génération

### Efficaces, économiques et encore plus sûres

Les systèmes de réacteurs avancés ont fait l'objet ces dernières décennies de travaux de développement importants au niveau international. Une nouvelle amélioration de la sûreté, la préservation des ressources et la compétitivité sont au centre de ces efforts. Ces centrales nucléaires dites de la troisième génération ont atteint désormais la maturité industrielle et constituent la base des centrales qui seront construites dans les années et décennies à venir.

#### Développement continu

Comme toute autre technique, le génie nucléaire civil progresse de manière constante. On distingue désormais quatre générations de centrales nucléaires (voir le graphique):



La technique des centrales nucléaires commerciales a fait l'objet d'un développement constant depuis le début des années 1950.

première génération englobe les anciens prototypes des années 1950, auxquels ont succédé les centrales nucléaires commerciales de la deuxième génération actuellement en service en Suisse et dans de nombreux autres pays. Une maintenance précautionneuse et des modernisations constantes permettent de prolonger nettement la durée d'exploitation de nombre de ces installations éprouvées au quotidien.

De nouveaux types de réacteurs avancés dits de la troisième génération ont été développés parallèlement ces dernières décennies. Et les chercheurs travaillent déjà sur la quatrième génération pour le monde d'après-demain.

L'accélération du développement de la technique des réacteurs mise en œuvre ces dernières années doit s'évaluer dans le contexte de la demande croissante d'énergie nucléaire:

- Les centrales nucléaires issues du boom des années 1970 se rapprochent de la fin de leur durée d'exploitation économique. La branche de l'électricité suisse projette de construire de nouvelles centrales pour remplacer les trois plus anciennes de Beznau 1, Beznau 2 et de Mühleberg, ainsi que les contrats d'importation d'électricité avec la France, arrivés à échéance.
- Dans l'avenir, des milliards de personnes habitant dans les pays émergents et les pays en développement voudront elles aussi profiter d'un approvisionnement en électricité fiable.
- Les objectifs de protection du climat exigent que parallèlement à des énergies renouvelables, on utilise de l'énergie nucléaire pauvre



Pose de la cuve du réacteur dans le premier EPR du monde dont la mise en service est prévue en 2012 à Olkiluoto (Finlande). Photo: TVO

en émissions de gaz à effet de serre et respectueuse du climat.

- L'augmentation des prix du pétrole et du gaz rendent l'énergie nucléaire encore plus attrayante qu'auparavant sur le plan économique. Par ailleurs, une partie considérable de l'uranium provient de pays politiquement stables, et les ressources en uranium suffiront encore pendant des siècles, ce qui garantit une sécurité élevée de l'approvisionnement.

### 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, et un bon nombre de centrales nucléaires actuellement en construction ou projetées fait partie de cette génération.

Leur développement a commencé dès les années 1980. Il s'agit dans de nombreux cas de développements évolutionnaires des types de réacteurs de la deuxième génération. Cette stratégie évolutionnaire permet aux constructeurs d'associer les progrès techniques généraux de ces dernières décennies aux expériences pratiques issues de plus de 12'000 années d'exploitation de réacteurs.

Les travaux de développement continuent d'être centrés sur une nouvelle amélioration

de la sûreté, sur la préservation des ressources et sur la rentabilité. Les systèmes de réacteurs de la troisième génération présentent les caractéristiques communes suivantes:

- Conception des installations standardisée afin de diminuer les délais d'autorisation, les dépenses en capital et la durée de la construction
- Mode de construction robuste et éprouvé, ce qui simplifie l'exploitation et la maintenance
- Optimisation des interfaces entre l'homme et la machine
- Raccourcissement de la durée des mises à l'arrêt et donc amélioration de la disponibilité
- Durée d'exploitation plus longue (en général 60 ans)
- Taux d'efficacité plus élevé et mise à profit améliorée du combustible
- Nouvelle diminution de la probabilité, déjà très faible aujourd'hui, d'une fusion du cœur (voir l'encadré)
- Nouvelle amélioration de la sûreté des installations, aussi contre des agressions extérieures

### Systèmes de sûreté passifs

Les systèmes de sûreté dits passifs constituent un développement innovant. 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



Chantier du premier réacteur à eau sous pression américain du type AP1000 mondial à Sanmen, en Chine.

Illustration: Westinghouse

sans apport externe d'énergie. En cas de dysfonctionnement grave, 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.

### 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).

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 (pas enrichi ou seulement très légèrement). C'est ainsi que l'Energie Atomique du Canada Limitée travaille actuellement sur l'Advanced Candu Reactor (ACR 1000). L'Inde développe elle aussi un réacteur avancé à eau lourde de 300 MW.

### Modulaire, innovant et de petite taille

De petits réacteurs très innovants pouvant être assemblés de manière flexible en grandes unités de production sont, par ailleurs, en voie de développement. Le réacteur modulaire à lit de boulets (Pebble Bed Modular Reactor) a déjà atteint un stade avancé de son utilisation industrielle. Il s'agit en l'espèce d'un réacteur à haute température refroidi au gaz de 165 MW dérivé d'un développement allemand.

En outre, toute une série d'autres petits systèmes de réacteurs sont en train d'être développés aux Etats-Unis et au Japon essentiellement. Ils se prêteront à des réseaux d'électricité d'une moindre capacité de transmission et pourront être utilisés non seulement pour la production d'électricité mais aussi pour d'autres applications telles que le dessalement d'eau de mer ou la fourniture de chaleur à des installations industrielles.

### Sûreté et compétitivité vont ensemble

Depuis la mise en service des premières centrales nucléaires commerciales, les exigences posées à la sûreté des réacteurs sont devenues de plus en plus sévères. La fiabilité et la disponibilité des centrales nucléaires actuelles comme celles des nouvelles installations ont donc été améliorées en conséquence au cours de ces dernières décennies. En matière de centrales nucléaires, sûreté et compétitivité sont indissociables.

L'un des critères déterminants de la sûreté est la probabilité d'occurrence d'une fusion du cœur du réacteur. Le législateur exige actuellement en Suisse que cette probabilité soit inférieure à une fois sur cent mille par année d'exploitation de la centrale. Les systèmes de réacteurs de la troisième génération respectent largement cette exigence.

Les constructeurs et les autorités exigent également des centrales nucléaires de la troisième génération que même en cas d'accident le plus grave possible, les effets de cet accident restent limités à l'installation, c'est-à-dire qu'aucun rejet inadmissible de substances radioactives dans l'environnement ne se produise. Des systèmes passifs et des barrières de construction permettent que la chaleur résiduelle soit évacuée sans atteinte à l'environnement et que les substances radioactives restent confinées.

Forum nucléaire suisse  
Case postale 1021  
3000 Berne 14  
Téléphone 031 560 36 50  
Téléfax 031 560 36 59  
info@forumnucleaire.ch  
www.forumnucleaire.ch

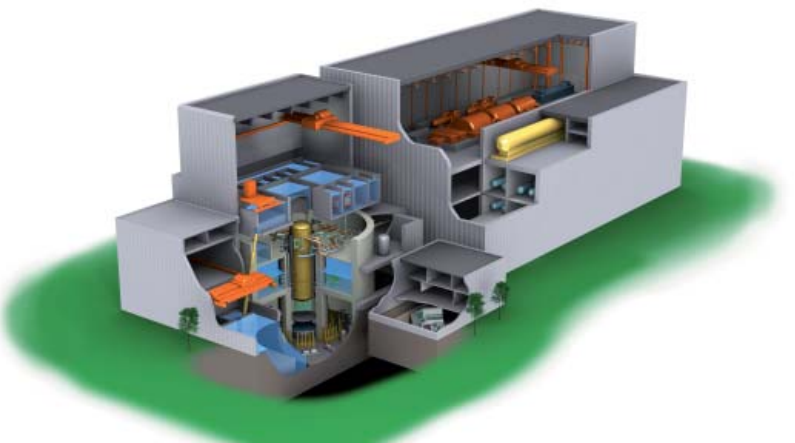


Schéma du réacteur américain à eau bouillante du type ESBWR. De premières demandes de construction ont été présentées aux Etats-Unis.

Illustration: General Electric

## Réacteurs à eau légère de la troisième génération (sélection, état mi-juin 2011\*)

Système, fournisseur	Puissance	Niveau de développement	Caractéristiques
<b>Réacteurs à eau sous pression</b>			
<b>AP1000</b> Advanced Passive Plant <i>Westinghouse</i>	~ 1100 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chine: 4 tranches en construction; construction imminente de 10 tranches</li> <li>USA: demandes de construction de 12 tranches présentées</li> <li>Certifié aux USA; pré-examen en Grande-Bretagne</li> </ul>	Développement innovant de la technologie américaine Westinghouse: 4 <ul style="list-style-type: none"> <li>Conception très simplifiée, construction modulaire et compacte, courte durée de construction</li> <li>Nombreux composants déjà en service dans des centrales actuelles</li> <li>Systèmes de sûreté actifs et passifs</li> <li>En cas d'incident, sûreté passive pendant trois jours sans intervention d'opérateurs</li> <li>Le cœur fondu peut être retenu dans la cuve du réacteur; évacuation passive de la chaleur résiduelle</li> </ul>
<b>APR 1400</b> Advanced Power Reactor <i>Korea Hydro &amp; Nuclear Power Co.</i>	1400 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corée du Sud: 2 tranches en construction; construction imminente de 2 tranches</li> <li>4 tranches commandées par les Emirats arabes unis</li> </ul>	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"> <li>Construction et exploitation simplifiées, durée de construction raccourcie</li> <li>Sûreté améliorée</li> <li>Compétitivité améliorée</li> </ul>
<b>APWR 1500 US/EU APWR</b> Advanced Pressurized Water Reactor <i>Mitsubishi Heavy Industries</i>	1500 MW 1700 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 tranches projetées au Japon</li> <li>USA: demandes de construction de 3 tranches présentées</li> <li>Présentation de la certification aux USA</li> </ul>	Développement des réacteurs à eau sous pression japonais actuels: <ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes de sûreté passifs et actifs</li> <li>Construction compacte</li> <li>Maintenance simplifiée</li> <li>Efficacité du combustible améliorée</li> </ul>
<b>EPR</b> Evolutionary Pressurized Water Reactor <i>Areva</i>	~ 1600 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 tranches en construction (1 en Finlande, 1 en France, 2 en Chine)</li> <li>USA: demandes de construction de 4 tranches présentées, dont 2 suspendue</li> <li>Certification aux USA demandée; pré-examen en Grande-Bretagne</li> </ul>	Développement des réacteurs français et allemands actuels à eau sous pression: <ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiment réacteur et deux des quatre bâtiments de sûreté protégés par une double coque en béton</li> <li>Réservoir d'étalement spécial pour la récupération d'un cœur fondu et le refroidissement passif consécutif</li> <li>Construction simplifiée</li> <li>Pilotage et maintenance simplifiés</li> <li>Efficacité du combustible améliorée</li> </ul>
<b>VVER (série AES)</b> 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"> <li>2 tranches en service en Chine</li> <li>6 tranches en construction: 2 en Inde et 4 en Russie</li> <li>Construction imminente de 2 tranches en Bulgarie; projets en Biélorussie, en Chine, Inde, Russie, Turquie et au Viêt Nam</li> </ul>	Développement de la filière russe de réacteurs à eau sous pression: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sûreté améliorée</li> <li>Systèmes de sûreté actifs et passifs</li> <li>Efficacité du combustible améliorée</li> </ul>
<b>Atmea1</b> Evolutionary Pressurized Water Reactor <i>Areva / Mitsubishi Heavy Industries</i>	1000 MW - 1150 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>A l'étude auprès de l'autorité de surveillance française jusqu'au début de 2011</li> <li>Projets en France et en Jordanie</li> </ul>	Combinaison et développement avancé de l'EPR et de l'APWR: <ul style="list-style-type: none"> <li>Réservoir d'étalement spécial pour la récupération d'un cœur fondu et le refroidissement passif consécutif</li> <li>Systèmes de sûreté actifs et passifs</li> <li>Efficacité du combustible améliorée</li> </ul>
<b>Réacteurs à eau bouillante</b>			
<b>ABWR</b> Advanced Boiling Water Reactor <i>General Electric Hitachi Toshiba</i>	1350 MW - 1600 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 tranches en service au Japon</li> <li>4 tranches en construction: 2 au Japon et 2 à Taiwan</li> <li>Japon: 6 tranches planifiées</li> <li>USA: demandes de construction de 4 tranches présentées, dont 2 suspendues</li> <li>Certifié aux USA</li> </ul>	Développement des réacteurs à eau bouillante de General Electric: <ul style="list-style-type: none"> <li>Simplification de la construction/exploitation, coûts de construction réduits, durée de construction raccourcie</li> <li>Sûreté élevée par un développement des systèmes de sûreté</li> <li>Protection élevée contre des agressions extérieures</li> <li>Efficacité du combustible améliorée</li> </ul>
<b>ESBWR</b> Economic and Simplified Boiling Water Reactor <i>General Electric Hitachi</i>	~ 1500 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>USA: demandes de construction de 3 tranches présentées, dont 2 suspendues</li> <li>Demande de certification aux USA présentée; pré-examen en Grande-Bretagne</li> </ul>	Développement innovant de l'ABWR: <ul style="list-style-type: none"> <li>Conception très simplifiée, construction modulaire, courte durée de construction</li> <li>Circulation naturelle en exploitation normale (pas de pompes de recirculation)</li> <li>Systèmes de sûreté actifs et passifs</li> <li>En cas d'incident, sûreté passive pendant trois jours sans intervention d'opérateurs</li> <li>Le cœur fondu peut être retenu dans le confinement; évacuation passive de la chaleur résiduelle</li> </ul>
<b>Kerena (SWR 1000)</b> Réacteur à eau bouillante <i>Areva</i>	1250 MW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconnu comme autorisable en Finlande</li> <li>Maturité industrielle atteinte; tests du système et perfectionnement en cours en vue d'une première procédure de certification</li> </ul>	Développement des réacteurs allemands à eau bouillante: <ul style="list-style-type: none"> <li>Conception simplifiée, construction compacte</li> <li>Systèmes de sûreté actifs et passifs</li> <li>En cas d'incident, sûreté passive pendant trois jours sans intervention d'opérateurs</li> <li>Le cœur fondu peut être retenu dans le confinement; évacuation passive de la chaleur résiduelle</li> <li>Efficacité du combustible améliorée</li> </ul>

\*Etat actuel: voir la feuille d'information sous [www.forumnucleaire.ch](http://www.forumnucleaire.ch)