

Bulletin 6

Décembre 2014

Gösgen: tout savoir sur la production d'électricité

Page 7



Réacteurs de fusion:
peut-on les rapetisser
à volonté?

Page 4

Gros plan sur des
technologies innovantes

Pages 9 + 14

Avant-première:
Rencontre du Forum
du 9 février 2015

Page 28

Table des matières

Editorial	3	Reflets de l'E-Bulletin	23
Notre communication en 2015	3	En Suisse	23
		A l'étranger	23
Forum	4	La der économique	26
Les réacteurs de fusion compacts: rêve ou réalité?	4	Le billet de Hans Peter Arnold	26
Informations de fond	7	Couac!	27
Nouveaux équipements au pavillon des visiteurs de la centrale nucléaire de Gösgen	7	Une balle dans le pied?	27
L'innovation dans le domaine des réacteurs nucléaires: lit de boulets, sels fondus, thorium	9	Pour mémoire	28
La Chine développe la technologie nucléaire de demain	14		
Cours d'approfondissement 2014: «Identifier, quantifier et accroître les marges de sécurité des centrales nucléaires»	18		
Revue de presse	21		
Les études d'impact socio-économique et environnemental sous le feu des projecteurs et de la critique	21		

Impressum

Rédaction:

Marie-France Aepli (M.A., rédactrice en chef); Beat Bechtold (B.B.); Max Brugger (M.B.); Peter Bucher (P.B.); Matthias Rey (M.Re.); Sandra Rycharz (S.Ry); Michael Schorer (M.S.)

Traduction:

Claire Baechel (C.B.); Dominique Berthet (D.B.)

Editeurs:

Michaël Plaschy, président a. i.
Beat Bechtold, secrétaire général
Forum nucléaire suisse
Konsumstrasse 20, case postale 1021, CH-3000 Berne 14
Tél. +41 31 560 36 50, Fax +41 31 560 36 59
info@forumnucleaire.ch
www.forumnucleaire.ch ou www.ebulletin.ch

Le «Bulletin Forum nucléaire suisse» est l'organe officiel du Forum nucléaire suisse et de la Société suisse des ingénieurs nucléaires (SOSIN).
Il paraît 6 fois par an.

Copyright 2014 by Forum nucléaire suisse ISSN 1661-1470 –
Titre clé: Bulletin (Forum nucléaire suisse) – Titre abrégé selon la norme ISO 4) – Bulletin (Forum nucléaire suisse).

La reproduction des articles est libre sous réserve d'indication de la source.
Prière d'envoyer un justificatif.

© Photo de couverture: KKG

Beat Bechtold

Secrétaire général du Forum nucléaire suisse



Notre communication en 2015

En 2015, le Forum nucléaire suisse poursuivra l'intensification de sa communication entamée cette année. Nous souhaitons ainsi davantage communiquer avec le grand public en diversifiant les canaux utilisés. Conformément à ce qui est inscrit dans nos statuts, notre objectif est de contribuer à une vision positive de l'utilisation de l'énergie nucléaire en nous basant sur les faits. Or le moment est venu de dénoncer clairement les incertitudes quant au rôle joué par l'énergie nucléaire en Suisse, et d'informer davantage la population sur la production d'électricité d'origine nucléaire et les activités de recherche menées actuellement. Nous devons mettre à la disposition des citoyens suisses des faits et des informations objectifs afin qu'ils soient en mesure de comprendre le débat politique. Et cela est d'autant plus important qu'ils seront peut-être amenés à se prononcer sur l'initiative de sortie du nucléaire des Verts indépendamment de la Stratégie énergétique 2050. Par ailleurs, le Conseil des Etats examinera l'année prochaine les décisions du Conseil national relatives à la future politique énergétique de la Suisse. Le Parlement ne devrait cependant se prononcer définitivement sur la Stratégie énergétique 2050 que fin 2015 au plus tôt.

Les possibilités d'influencer la politique fédérale au cours de l'année électorale 2015 devraient être limitées. Il est donc capital que le Forum nucléaire suisse transmette ses contenus directement à la population (ou indirectement par le biais des médias). L'objectif est à la fois de renforcer la confiance de celle-ci dans l'utilisation de l'énergie nucléaire mais aussi sa conscience du problème énergétique, trop faible, ainsi que ses connaissances relatives au développement

actuel de l'énergie nucléaire dans le monde. Nous continuerons en 2015 à communiquer sur les avantages de l'énergie nucléaire, mais adapterons le style et les instruments utilisés. Nous souhaitons proposer de nouveaux canaux qui nous permettront de nous adresser de manière rapide et efficace à un public qui ne s'informe pas uniquement par le biais des médias classiques mais recourt également aux médias sociaux. Ces adaptations ne concerneront pas la qualité des instruments, qui restera inchangée, mais nous seront contraints de réduire par endroit la quantité de contenu. Ainsi, le présent Bulletin papier ne sera plus édité qu'une fois par trimestre et sans les rapports mensuels. L'actualité continuera d'être publiée chaque jour sur notre site www.nuklearforum.ch, et la newsletter de l'E-Bulletin le sera une fois par semaine. Par cette définition consciente des priorités, le Forum nucléaire suisse entend pallier le manque de connaissances colossal de la population, dû à l'autocensure pratiquée par les médias proches de l'Etat et à la politique de l'information déséquilibrée de la Confédération, par la mise en place d'un pont d'informations sur le nucléaire.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bechtold'.

Interview du professeur Minh Quang Tran, CRPP



Interview menée par Max Brugger

Les réacteurs de fusion compacts: rêve ou réalité?

L'équipe de développement Skunk Works de l'Américain Lockheed Martin Corporation s'est fait remarquer mi-octobre 2014 lorsqu'elle a publié de nouveaux détails concernant son Compact Fusion Reactor (CFR). Elle a en effet annoncé être en mesure de construire un réacteur de fusion environ dix fois plus petit que par exemple un réacteur tokamak de puissance équivalente. Ainsi, le CFR devrait avoir la taille d'une semi-remorque. Le Forum nucléaire suisse a demandé à Minh Quang Tran, professeur au Centre de Recherches en Physique des Plasmas de l'EPF Lausanne, de quelle manière la taille d'une centrale de fusion s'expliquait sous l'angle de la physique.

Le réacteur expérimental thermonucléaire international (Iter) est actuellement en cours de construction dans le Sud de la France. La cuve du plasma en forme de tore du tokamak mesure environ 11 m de haut pour un diamètre extérieur de 16 m. Pourquoi cette installation est-elle si imposante?

Prof. Minh Quang Tran

Minh Quang Tran est professeur ordinaire de physique des plasmas à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Il mène des activités de recherche dans le domaine de la physique des plasmas et des techniques de chauffage. Minh Quang Tran a été Directeur Général du Centre de Recherches en Physique des Plasmas (CRPP) de 1999 à 2014 et responsable européen de l'EFDA de 2003 à 2004. En tant que membre de la représentation suisse à Euratom (Communauté européenne de l'énergie atomique), il a dirigé ou participé à plusieurs groupes de projet intervenant dans le cadre d'Iter et de DEMO, l'étape après Iter. Il a été élu en Juillet 2014 président de la Société Suisse de Physique.

Pour pouvoir atteindre une puissance thermique de fusion de 500 MW avec Iter, un volume de plasma supérieur à 800 m³ est nécessaire. Dans ce volume, la densité est d'environ 10²⁰ particules par m³. Si l'on souhaitait construire une centrale de fusion plus puissante encore, il faudrait obligatoirement augmenter en conséquence le volume du plasma, à moins que des avancées de physique permettent d'augmenter la densité de particules, mais ce ne sera pas par un ordre de grandeur.

Où se situent selon vous les limites de construction d'un réacteur de fusion compact?

Lors du processus de fusion, des neutrons d'une énergie de 14,1 MeV sont libérés. Afin de protéger la structure de la cuve du plasma ainsi que les composants alentours contre ces neutrons, une couverture de protection d'environ 1 m d'épaisseur est nécessaire.

Que se passerait-il sans cette couverture?

Les matériaux, comme les supraconducteurs, seraient endommagés en raison des flux de neutrons. D'autre part, les neutrons peuvent dégager de l'énergie thermique («nuclear heating») dans les bobines magnétiques supraconductrices dont la température est maintenue en permanence à environ 4 K grâce à de



Coup d'œil à l'intérieur du CFR: bobines magnétiques situées à l'intérieur de la chambre du plasma du réacteur de fusion compact développé par Lockheed Martin.

Photo: Lockheed Martin

l'hélium liquide. Dans le cadre d'Iter, en dépit de la couverture installée, le nuclear heating des bobines magnétiques est d'environ 16 kW, une valeur encore tolérable.

Outre l'épaisseur de la couverture, quels autres paramètres doivent être pris en compte lors de la construction d'un réacteur de fusion?

Le blanket, terme anglais désignant la couverture, est exposé à des contraintes thermiques importantes dont il faut tenir compte. Avec le divertor, il s'agit d'un des composants d'un réacteur les plus délicats. Construire une centrale de fusion de puissance supérieure à Iter mais sensiblement moins volumineuse placerait les ingénieurs face à des défis extrêmement importants.

Autre particularité du blanket: le tritium utilisé dans le cadre du processus de fusion n'étant pas présent naturellement, il doit être généré. Or ce processus de génération a lieu dans l'enceinte même, ce qui nécessite là encore de la place.

Sans oublier les systèmes de chauffage, les installations de production d'électricité, les échangeurs de chaleur, le système d'extraction du tritium généré dans la couverture. Tout ceci est volumineux!

Lockheed Martin estime pouvoir atteindre une valeur bêta (β) supérieure avec son CFR. Qu'est-ce que cela signifie?

Avant de répondre à votre question, j'aimerais faire remarquer qu'aucune publication scientifique dans des journaux avec arbitrage n'est parue pour étayer cette

déclaration. La valeur β désigne le rapport entre la pression thermique du plasma et la pression magnétique servant à le confiner. Pour une configuration magnétique donnée (par exemple celle du tokamak), elle permet de juger les performances des diverses machines. Mais la qualité d'une configuration ne peut se réduire à β ! Il y a, en plus, les qualités du confinement thermique et particulaire, l'intégration des divers éléments de la machine, son ingénierie.

Il y a plusieurs années, des essais ont été effectués sur des configurations magnétiques spécifiques appelées «Magnetic Mirrors», et des valeurs de β comprises entre 0,6 et 0,7 ont été obtenues. Les expériences ont cependant été interrompues dans les années 1980 en dépit de ces valeurs, puisque, comme expliqué précédemment, une valeur élevée de β seule ne suffit pas! (M.B./C.B.)

L'IPP à propos du concept de réacteur développé par Lockheed Martin

L'Institut allemand Max-Planck de physique des plasmas (IPP) a publié une prise de position relative au concept de réacteur développé par Lockheed Martin Corporation le 23 octobre 2014. Dans celle-ci, la directrice scientifique de l'IPP, la professeure Sibylle Günter, et le responsable du domaine de l'IPP consacré à la théorie du tokamak, le professeur Karl Lackner, ont rappelé que les chercheurs sur la fusion rêvaient depuis longtemps d'une petite centrale de fusion transportable. Or les travaux de recherche ont montré au fil du temps qu'une centrale de fusion devait posséder une taille minimum pour pouvoir fonctionner. Les scientifiques estiment que la taille de celle développée par Lockheed Martin était difficilement conciliable avec la problématique de la couverture. En outre, le Compact Fusion Reactor (CFR) ne représente pas réellement un nouveau concept mais plutôt une combinaison de deux déjà connus: le «Magnetic Cusp» et le «miroir magnétique», qui conduisent à des pertes d'énergie inacceptables. Mme Günter et M. Lackner ont également précisé que la proposition de brevet de Lockheed Martin ne mentionnait à aucun moment comment atteindre un bilan énergétique positif avec la version compacte en question.

Nouveaux équipements au pavillon des visiteurs de la centrale nucléaire de Gösgen

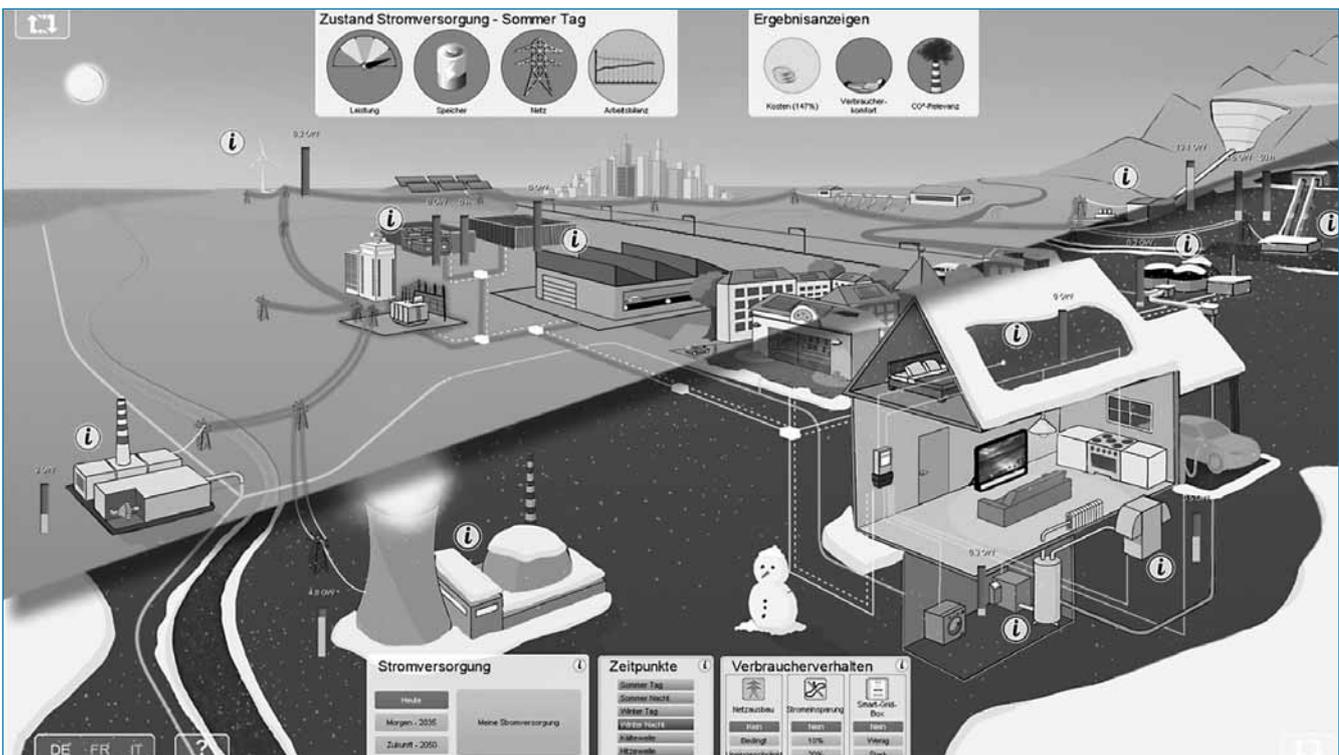
Nous considérons en Suisse que la fiabilité de notre approvisionnement en électricité va de soi. Mais que sait-on des structures de ce système complexe et de l'impact qu'ont les différentes méthodes de production d'électricité sur le réseau? Récemment modernisé, le pavillon des visiteurs de la centrale nucléaire de Gösgen (KKG) répond de façon ludique à ces questions depuis début novembre 2014.

En 2013, la Suisse a consommé quelque 250 térawattheures (TWh) d'énergie, dont près d'un quart (env. 60 TWh) sous forme d'électricité. Etant donné qu'à part le pompage-turbinage, il n'existe actuellement aucune méthode permettant de stocker de grandes quantités d'électricité de façon économiquement rentable, la quantité d'électricité injectée dans le réseau doit en tout temps être exactement la même que celle qui

est consommée. La nouvelle table de simulation du pavillon des visiteurs de la KKG montre comment l'on maintient ce délicat équilibre avec le parc de centrales électriques actuel de la Suisse. Equipée d'un écran tactile sur toute sa surface, cette table permet en outre au visiteur de se glisser dans la peau d'un fournisseur d'électricité et de concevoir son propre parc de centrales électriques. Mais attention: tous les types

L'approvisionnement en énergie doit être assuré aussi bien pendant les belles journées d'été que pendant les longues nuits d'hiver. On voit ici deux segments de la table de simulation se rapportant à cette problématique.

Photo: KKG





Des écrans tactiles permettent aux visiteurs d'accéder rapidement et facilement à des informations sur les différents thèmes traités par l'exposition et de visionner des films.

Photo: KKG

de centrales ne fournissent pas de l'électricité 24 heures sur 24, toutes les centrales ne peuvent pas être raccordées facilement au réseau de transport existant et les coûts jouent également un rôle important.

Action égale réaction

Lorsqu'un visiteur apporte un changement au système d'approvisionnement en électricité existant, il reçoit immédiatement un feed-back. On lui indique par exemple si la modification en question va entraîner des restrictions pour les consommateurs et quel sera son impact sur le coût de l'électricité ainsi que sur le bilan CO₂. Une fois que la personne a constitué son parc de centrales électriques, elle doit se poser la question de savoir si celui-ci fonctionnera de façon fiable sur plusieurs décennies. Les courageux peuvent même vérifier si leur système d'approvisionnement en énergie est à l'épreuve des vagues de chaleur et de froid. Et ceux qui n'auront pas réussi à mettre sur pied un système d'approvisionnement opérationnel peuvent encore imposer des mesures d'économie d'électricité aux consommateurs. Le développement du réseau d'électricité et la mise en place d'un *smart grid* peuvent aussi être plus ou moins fortement encouragés. Des

champs d'affichage actualisés en permanence indiquent si le bilan de puissance du système est équilibré, si les capacités de stockage sont suffisantes, si les réseaux ne sont pas surchargés et, d'une manière générale, si l'énergie est disponible en suffisance.

Tout savoir sur les différents aspects de la production d'électricité

Le pavillon des visiteurs ne se limite cependant pas à mettre en évidence la complexité que revêt la restructuration d'un système d'approvisionnement en électricité. Un spectacle multimédia rappelle que nous avons besoin d'électricité 24 heures sur 24. Il y a plusieurs réponses à la question de savoir comment couvrir ce besoin. Le visiteur peut ainsi se renseigner non seulement sur l'énergie nucléaire, mais aussi sur des agents énergétiques primaires comme le charbon, le gaz, le pétrole, l'hydraulique, l'éolien, le solaire et la biomasse. Des écrans tactiles dotés d'un menu intuitif sont disponibles à cet effet. Pour chaque matière première, les questions suivantes sont traitées: quelle est l'importance de cette matière première au plan mondial et pour la Suisse? Comment fonctionne une centrale électrique alimentée par cette matière première? En quelle quantité cette matière première est-elle disponible? Quel est l'impact environnemental de la technologie considérée? Fournit-elle de l'énergie en ruban ou est-elle destinée à couvrir les pointes de charge? Quel est le niveau des coûts de production? Quel est le potentiel de développement de cette technologie?

Il est également rappelé au visiteur par quelques exemples que nous sommes exposés jour et nuit à la radioactivité. Les personnes intéressées peuvent en outre demander aux guides de leur montrer les différents dispositifs de sûreté de la centrale nucléaire. On présente également ce qu'il est prévu de faire des assemblages combustibles usés. En outre, une maquette permet aux personnes qui se sont inscrites pour la visite guidée de la centrale de se faire une idée générale de l'installation (M. B. / D. B.)

De plus amples informations sur le pavillon des visiteurs de la KKG sont disponibles sur le site www.kkg.ch.

L'innovation dans le domaine des réacteurs nucléaires: lit de boulets, sels fondus, thorium

Objectif: augmenter la sûreté et la durabilité

Le nucléaire est perçu par l'opinion publique comme une technologie à haut risque. Si des barrières comme la gaine du combustible ou le confinement d'une centrale cessent de remplir leur fonction, comme cela a été le cas à Fukushima, les matières radioactives sont alors susceptibles de rendre inhabitable la zone périphérique. La durabilité de cette technologie suscite également des questions: y aura-t-il assez de combustible au-delà de la durée de vie des centrales nucléaires actuelles? Et comment gérer de façon sûre le combustible nucléaire usé? Le professeur Horst-Michael Prasser se penche sur des technologies susceptibles de décriper la situation.

Les réacteurs nucléaires actuels tirent principalement leur énergie de la fission d'un isotope présent dans la nature, l'uranium 235. Lors de ce processus, de l'eau transformée en vapeur à haute pression entraîne une turbine couplée à un alternateur pour produire de l'électricité. Dans les crayons combustibles s'accumulent des produits de fission de haute activité ainsi que du plutonium et d'autres transuraniens comme l'américium et le curium, qui se transforment par capture neutronique en un isotope non fissile, l'uranium 238. Des gaines de zirconium empêchent que ces particules ne s'échappent. Les crayons combustibles doivent toutefois être refroidis en permanence pour éviter que leur température n'augmente sous l'effet de la chaleur de décroissance résiduelle, ce qui peut entraîner le relâchement de produits de fission même si la réaction en chaîne a déjà été arrêtée.

Le développement de ces réacteurs dits à eau légère était principalement axé sur l'amélioration de la fiabilité du refroidissement en cas de défaillance. Les systèmes de refroidissement de secours ont en effet un point faible: leur alimentation en électricité. Aujourd'hui, les systèmes de sûreté les plus prometteurs sont ceux dits passifs, qui remplissent leur fonction sans alimentation électrique externe. Les flux de réfrigérant nécessaires au refroidissement d'urgence sont par exemple maintenus en circulation par le seul effet de la gravité.

Parallèlement à la poursuite du développement des réacteurs à eau légère, on étudie actuellement de nouvelles approches visant à rendre les centrales

nucléaires plus sûres et plus durables. Dans ce contexte, trois concepts reviennent fréquemment: lit de boulets, sels fondus et thorium. Il est possible que ces technologies remplacent un jour les réacteurs à eau bouillante et à eau sous pression, aujourd'hui très répandus.

Réacteurs à lit de boulets

Avec le réacteur à lit de boulets refroidi à l'hélium, on peut entièrement renoncer à un système de refroidissement visant à évacuer la chaleur résiduelle. Le combustible est placé dans des microbilles d'env. 0,5 mm, qui sont recouvertes d'une couche résistante et hermétique de carbure de silicium. Plusieurs milliers de ces particules enrobées («coated particles») sont regroupées dans des boules de graphite d'env. 60 mm. La couche de carbure de silicium remplace les tubes de gainage des crayons combustibles utilisés dans les réacteurs à eau légère. Elle supporte toutefois des températures nettement plus élevées que le zirconium dont sont composés ces tubes. Les éléments radioactifs présents dans le combustible, et en particulier les radioisotopes volatils des gaz nobles que sont le krypton et le xénon, l'iode 131 (radioactif) ainsi que le césium 137 et le césium 134, deux isotopes particulièrement problématiques qui dans le cas de Fukushima ont contaminé de vastes portions de territoire, sont confinés de façon sûre par la couche de carbure de silicium.

On charge dans la cuve du réacteur le nombre d'éléments combustibles sphériques nécessaire à l'obtention de la masse critique à la température de fonctionnement souhaitée. La combustion est compensée par

l'ajout permanent de nouveaux éléments combustibles et non, comme c'est le cas dans les réacteurs à eau légère, par le retrait continu d'absorbants de neutrons. Il y a toujours dans le réacteur la quantité exacte de matière fissile nécessaire au maintien de la réaction en chaîne, et rien de plus. Conjointement à de fortes rétroactions négatives qui atténuent la réaction en chaîne lorsque la température augmente, ce système amène de nouvelles caractéristiques de sûreté importantes: même en cas de perte totale du refroidissement à l'hélium, la température du combustible ne dépasse pas la plage admissible, car la puissance du réacteur

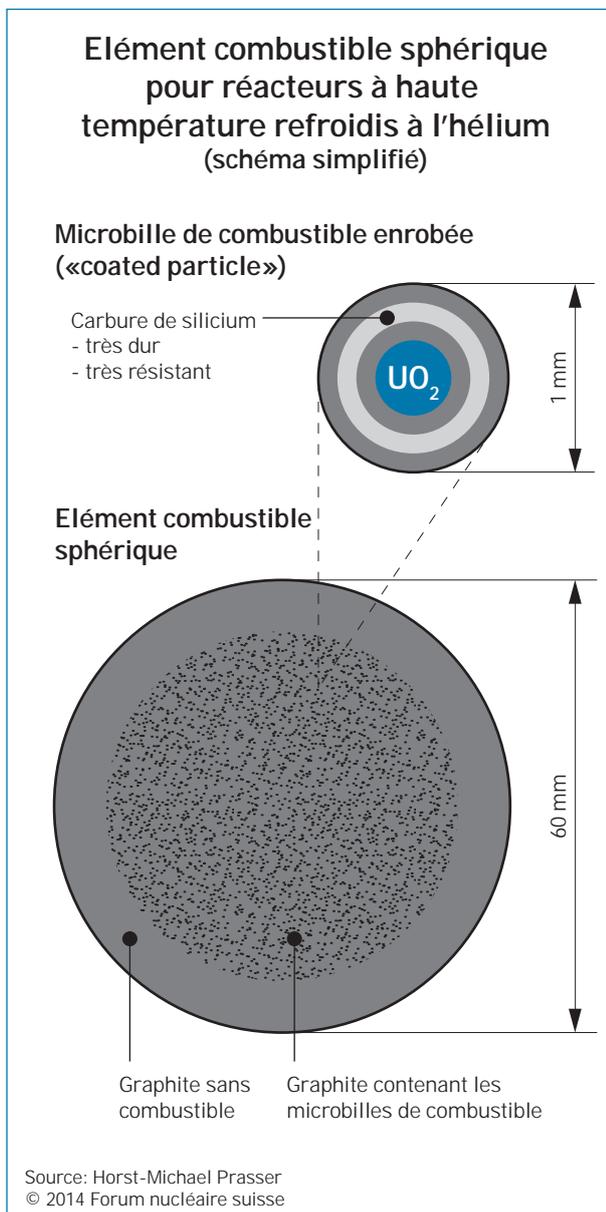
retombe d'elle-même à un niveau auquel la chaleur qui se dégage encore peut être évacuée par les parois du réacteur. Le réacteur est donc intrinsèquement sûr en cas de perte du refroidissement.

La puissance thermique du réacteur doit toutefois être limitée à un ordre de grandeur de 200 à 300 MW, faute de quoi il est impossible d'en maintenir la température maximale au-dessous de 1600 °C. Au-dessus de cette température, l'iode et le césium commencent à diffuser à travers la couche de carbure de silicium, pénètrent dans le circuit d'hélium et peuvent à partir de là se répandre dans l'environnement en cas de conditions défavorables. De ce fait, les centrales nucléaires à réacteurs à lit de boulets sont conçues de façon modulaire: plusieurs réacteurs produisent de la chaleur pour une turbine commune.

Les premiers prototypes de réacteurs à lit de boulets ont été construits en Allemagne¹. Le manque de maturité de certaines solutions technologiques et la diminution de l'acceptation du public ont entraîné l'abandon des projets du centre de recherche de Jülich et de Hamm-Uentrop. Le concept a été repris par la Chine, qui en a poursuivi le développement. Les essais menés sur le réacteur d'essai HTR10 de l'Université Tsinghua de Pékin ayant été couronnés de succès, la Chine a lancé sur le site de Weihai (province de Shandong) la construction du HTR-PM, qui est doté de deux réacteurs offrant une puissance thermique de 250 MW chacun et une puissance électrique totale de 200 MW².

Réacteurs à sels fondus

Tandis que le réacteur à lit de boulets mise sur un nouveau concept de barrières – celui des «particules enrobées» –, on essaie avec le réacteur à sels fondus de maintenir à un niveau aussi bas que possible l'inventaire radioactif présent dans le cœur du réacteur^{3,4}. Ainsi, en cas d'accident, un rejet important n'est plus possible. Le réacteur contient des sels fondus dont la température est comprise entre 500 et 700 °C, voire plus élevée. La matière fissile proprement dite est dissoute dans un mélange fondu de sels tels que le fluorure de lithium, le fluorure de béryllium ou le fluorure de zirconium. Il peut s'agir de nucléides fissiles, comme



¹ Schulten R., «Pebble bed HTRs», *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 5 (1978), pp. 357–374

² Zhang Z. et al., «Current status and technical description of Chinese 2x250 MWth HTR-PM demonstration plant», *Nuclear Engineering and Design* 239 (2009), pp. 1212–1219

³ MacPherson H. G., «The Molten Salt Reactor Adventure», *Nuclear Science and Engineering* 90 (1985), pp. 374–380

⁴ LeBlanc D., «Molten salt reactors: A new beginning for an old idea», *Nuclear Engineering and Design* 240 (2010), pp. 1644–1656

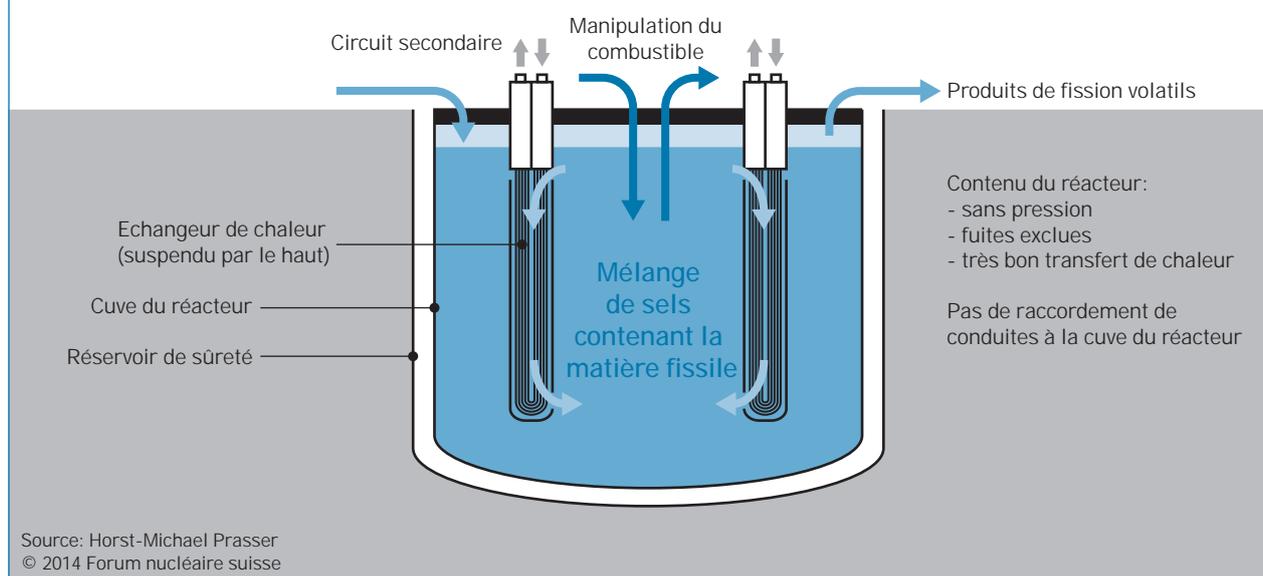
l'uranium 235, le plutonium 239, voire l'uranium 233, qui est produit à partir de thorium. Si l'on ajoute à ce mélange les nucléides de départ nécessaires, à savoir de l'uranium 238 ou du thorium 232, le réacteur peut fonctionner comme générateur de plutonium 239 ou d'uranium 233. Des transuraniens comme l'américium et le curium issus des déchets d'autres filières de réacteurs peuvent aussi être fissionnés et donc éliminés si on les ajoute au mélange.

Les réacteurs à sels fondus sont très souples en ce qui concerne la composition du combustible. Comme on n'y met que la quantité de matière fissile nécessaire au maintien de la réaction en chaîne, ces réacteurs n'ont pas de réactivité excédentaire, ce qui est un avantage du point de vue de la sûreté, tout comme le fait que la cuve du réacteur n'est pas sous pression. Selon que le réacteur est modéré ou non au graphite, on peut utiliser des neutrons rapides ou des neutrons thermiques. La décision dépend de la question de savoir quel processus de surgénération ou de transmutation on veut réaliser. Dans tous les cas, les réacteurs à sels fondus présentent un excellent bilan neutronique. Comme le réacteur ne comporte pas d'éléments d'architecture internes, il n'y a pas de pertes neutroniques dues à l'absorption des neutrons par des matériaux de construction. Dès lors, l'excédent de neutrons est comparativement important, ce qui permet une surgénération et une transmutation très efficaces.

Comme dans le cas du réacteur à lit de boulets refroidi à l'hélium, la température de fonctionnement élevée du réacteur permet un bon rendement thermique des systèmes de conversion d'énergie alimentés ou la fourniture de chaleur à usage industriel. A ces températures, les produits de fission volatils sortent d'eux-mêmes du mélange de sels. On peut intensifier ce processus en introduisant un gaz inerte dans le mélange. Les produits de fission à l'état gazeux ou facilement volatils peuvent ainsi être extraits en continu du mélange, puis conditionnés et stockés séparément. En cas d'accident, le relâchement de matières radioactives serait ainsi de plusieurs ordres de grandeur inférieur à celui qui se produit en cas de perte des barrières d'un réacteur dans lequel les produits de fission se sont accumulés tout au long du cycle de vie.

Cette caractéristique est la principale innovation de sûreté offerte par le développement des réacteurs à sels fondus. La très répandue aversion pour le risque, qui donne plus de poids à l'ampleur (importante) des dommages possibles qu'à leur probabilité de survenance (faible), est avant tout alimentée par le vaste inventaire radioactif présent dans les installations. Les barrières contre le relâchement de cet inventaire ne font que diminuer la probabilité de survenance de dommages, car on peut toujours imaginer et affiner des scénarios menant à leur destruction. Une approche axée sur la séparation spatiale du réacteur et de ses

Architecture possible d'un réacteur à sels fondus de type piscine



qui constitue l'un des défis à relever. On pourrait dans un premier temps commencer par réutiliser le graphite, mais le réacteur à lit de boulets en resterait quand même à peu près au niveau de durabilité des réacteurs à eau légère actuels. Pour atteindre un nouveau niveau de qualité, il faudrait réussir à fermer le cycle du combustible, c'est-à-dire à recycler tout l'uranium et tous les transuraniens, ce qui reste l'apanage des réacteurs à neutrons rapides et des réacteurs à sels fondus.

Les réacteurs à sels fondus offrent une approche entièrement nouvelle permettant d'accroître la sûreté en réduisant l'inventaire radioactif présent dans le réacteur: les produits de fission volatils sont retirés en continu du mélange de sels et conditionnés sous une forme adaptée à leur évacuation. Le bon bilan neutronique du système et sa grande souplesse à l'égard de la composition du combustible permettent de l'utiliser au choix comme surgénérateur ou comme transmutateur. Là aussi, l'énergie thermique est délivrée à une température élevée.

Le thorium est une matière fertile intéressante pour l'avenir. Une fois transformée en uranium 233, elle permet d'alimenter différents systèmes de réacteurs. Les réacteurs à lit de boulets, et surtout les réacteurs à sels fondus, se prêtent particulièrement bien à l'uti-

lisation de thorium. L'avantage principal réside dans la réduction spectaculaire de la production d'actinides mineurs à longue période radioactive et radiotoxicité élevée. Les durées de confinement en dépôts en couches géologiques profondes pourraient ainsi être réduites à moins de 1000 ans.

Tant les réacteurs à sels fondus que le thorium sont des possibilités à relativement long terme qui nécessitent encore beaucoup de recherche et développement et qui, comme expliqué plus haut, requièrent une longue période de transition pour des raisons technologiques. De premiers pas sont faits en Inde en vue d'une utilisation industrielle du thorium dans des réacteurs modérés à l'eau lourde. La Norvège étudie la possibilité de remplacer le gadolinium par du thorium comme absorbeur combustible, de manière à pouvoir mieux piloter les réacteurs à eau légère. Ici s'annonce l'entrée dans une économie énergétique à base de thorium offrant un potentiel non négligeable. Il est donc tout à fait judicieux de suivre attentivement l'évolution de ces options à long terme (Horst-Michael Prasser, Bulletin AES/VSE 11/2014, p. 28–31/D.B.)

Article reproduit avec l'aimable autorisation d'electro-suisse et de l'Association des entreprises électriques suisses (AES).

La Chine développe la technologie nucléaire de demain

Lorsqu'on parle des nouveaux projets de l'industrie nucléaire, les annonces viennent souvent de Chine. Là-bas, les technologies nucléaires sont considérées comme des cleantech et priorisées en conséquence. Grâce au programme étatique chinois d'utilisation pacifique du nucléaire, le pays est en passe d'atteindre une position de leader dans les domaines de la recherche, de la conception et de la construction. S'agissant des réacteurs à haute température, le premier réacteur commercial à lit de boulet au monde devrait être couplé au réseau dans le courant du troisième trimestre 2017.

Tandis qu'en Suisse le Conseil national débat des modalités d'abandon de l'atome, et en particulier d'une interdiction technologique passiste, la Chine construit les centrales qui assureront son approvisionnement énergétique de demain, recourant à des technologies de réacteur qui offrent un niveau de sûreté et un rendement supérieur aux standards actuels. Il n'est guère surprenant de voir la Chine endosser un rôle de leader technologique avec son réacteur à haute température à lit de boulet de type HTR-PM. C'est l'une des étapes qui permettront à ce pays de reprendre la place qui lui revient dans le concert des nations.

Au cours des quelque 25 ans que j'ai passés à étudier l'évolution de la Chine en général et le développement de son secteur industriel et énergétique en particulier,

les mêmes préjugés me sont sans cesse revenus aux oreilles: pays arriéré, en développement, qui ne fait que copier, etc. On ignore volontiers les énormes progrès économiques, techniques et sociétaux réalisés ces dernières années.

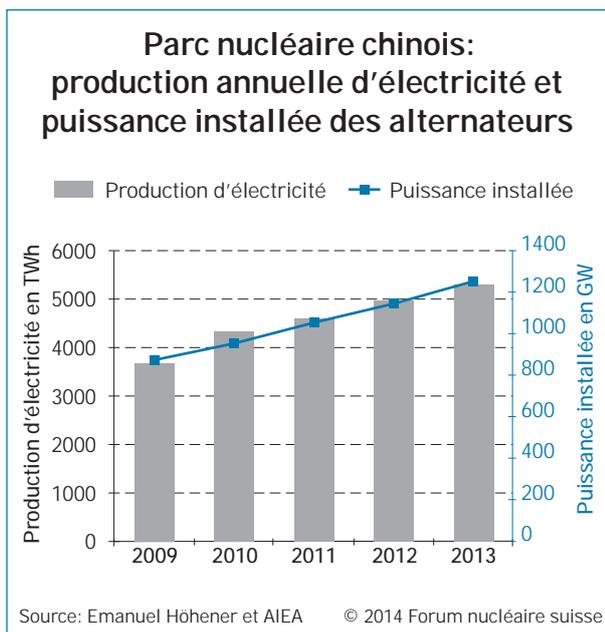
Objectif: la société à 6000 watts

Pour les Chinois, le développement économique est le garant d'un avenir sans famines et de la sécurité sociale. Un tel développement suppose toutefois la mise en place d'un approvisionnement fiable en énergie, et en particulier en électricité. L'objectif déclaré de la politique énergétique chinoise est donc de passer d'une société qui, juste après la révolution culturelle du milieu des années 1980, disposait de moins de 1600 watts par habitant et subissait des famines, à une société à 6000 watts. S'il est une conviction profondément ancrée dans l'esprit des Chinois, c'est qu'ils ne veulent pas revenir en arrière.

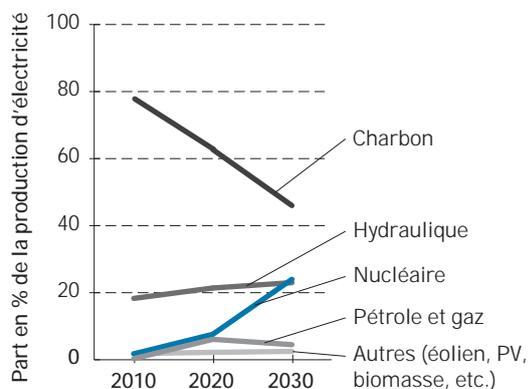
Le développement économique de ces dernières années a entraîné une augmentation annuelle d'environ 10% de la consommation d'électricité. Pour l'heure, les deux principales sources d'électricité du pays sont les centrales au charbon (qui assurent actuellement quelque 75% de la production totale d'électricité) et les centrales hydrauliques (22%). Chaque année, des capacités de quelque 110'000 MW sont construites, dont 20'000 MW en remplacement de capacités existantes, principalement de vieilles centrales au charbon qui sont alors arrêtées.

Le nucléaire, une «clean energy»

Les centrales au charbon construites aujourd'hui en Chine sont pour la plupart des installations standard de 800 MW de conception ultramoderne (efficacité). L'objectif général est toutefois d'encourager tout particulièrement le développement et l'utilisation des



Mix d'électricité chinois jusqu'en 2030



Source: Emanuel Höhener

© 2014 Forum nucléaire suisse

cleantech. Les Chinois entendent par là l'hydraulique, l'éolien, le photovoltaïque (PV), la combustion des déchets et la biomasse, mais aussi et surtout l'énergie nucléaire. Oui, vous avez bien lu: en Chine – comme aux Etats-Unis ou en Grande-Bretagne – l'énergie nucléaire est considérée sans réserve comme une technologie propre.

Le gouvernement a déclaré la guerre aux poussières fines qui envahissent régulièrement les mégapoles du pays. Selon la State Energy Administration (SEA), pendant chinois de l'Office fédéral de l'énergie, l'objectif pour 2030 est de produire la moitié de l'électricité du pays au moyen de cleantech, programme ambitieux s'il en est.

L'éolien déçoit...

Selon des sources chinoises, les expériences réalisées avec l'éolien et le photovoltaïque sont décevantes. D'une puissance nominale de 110'000 MW (état au printemps 2013), le parc éolien de la Chine produit en moyenne annuelle la même quantité de courant que les centrales au charbon, qui elles offrent une puissance de 7500 à 8000 MW. En d'autres termes, le facteur de charge du plus grand parc éolien au monde est inférieur à 10%! Comme le montre le graphique ci-dessous, la part de l'éolien devrait rester faible à l'avenir. Cette technologie a la réputation d'être peu fiable. Et l'on ne parle pas ici d'installations chinoises «bon marché»: il s'agit le plus souvent des mêmes installations modernes conçues par de grands fabricants que celles utilisées en Occident.

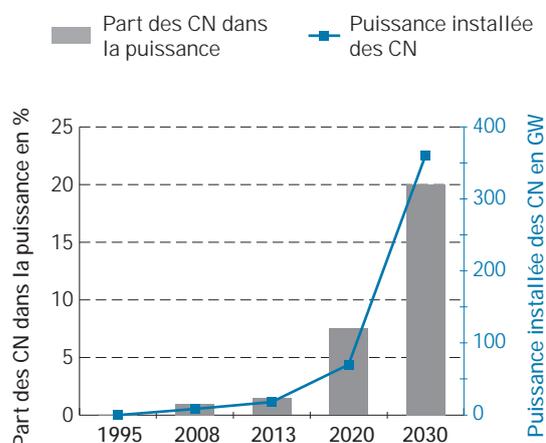
... on développe l'hydraulique

Le développement de l'hydraulique va continuer de jouer un rôle important. Aujourd'hui déjà, la production d'électricité de certaines régions est à 90% d'origine hydraulique. C'est notamment le cas de la région autonome du Guangxi, qui compte 49 millions d'habitants. Et la plus grande centrale hydraulique au monde, le barrage des Trois-Gorges (22'500 MW de puissance installée), se trouve en Chine sur le fleuve Chang Jiang (Yang-Tsé), près de la ville de Yichang, dans la province du Hubei. Un important développement est en cours de réalisation dans le bassin endoréique du Tarim, qui se trouve dans la région autonome ouïghoure du Xinjiang, dans le nord-ouest de la Chine: les cours de plusieurs cataractes alimentant ce bassin sont aménagés afin de pouvoir être exploités. De plus, la société nationale China Grid développe actuellement le réseau de transport 1100 kV afin de pouvoir acheminer l'électricité depuis des régions reculées jusqu'aux grands centres.

Développement massif du nucléaire

Dans ce contexte, la Chine mise, pour développer les cleantech, non seulement sur l'extension de la force hydraulique, mais aussi et surtout sur le développement massif de l'énergie nucléaire (cf. graphiques à gauche et ci-dessous). Bien que le premier centre de recherche et de formation dans le domaine du nucléaire ait été créé dès 1950 à l'Université Tsinghua de Pékin, il faudra attendre 1993/94 pour que la Chine se lance dans la production nucléaire à grande échelle avec la centrale de Daya Bay, à l'est de Hongkong. Construite par le

Développement du nucléaire en Chine



Source: Emanuel Höhener

© 2014 Forum nucléaire suisse

Français Framatome (aujourd'hui Areva NP), Daya Bay se compose de deux tranches d'une puissance de 980 MW chacune. Elle alimente principalement la ville de Hongkong.

La mise en service de la première tranche nucléaire de conception chinoise avait eu lieu peu de temps auparavant avec Qinshan 1, construite dans la baie de Wang-pang, au sud-ouest de Shanghai, dans la province de Zhejiang, près de sa capitale Hangzhou. Le site de Qinshan compte aujourd'hui sept tranches en exploitation, dont cinq réacteurs à eau sous pression de type chinois et deux réacteurs Candu à eau lourde canadiens. Relevons également que la Chine mise sur le retraitement du combustible nucléaire.

En 2010, il n'y avait encore que treize tranches nucléaires en service sur quatre sites côtiers. La politique énergétique actuelle vise à mettre en service au moins une tranche nucléaire dans chaque province chinoise et dans chaque région autonome à l'horizon 2025. Rappelons que la Chine compte 27 provinces et quatre régions autonomes.

Contrôles post-Fukushima

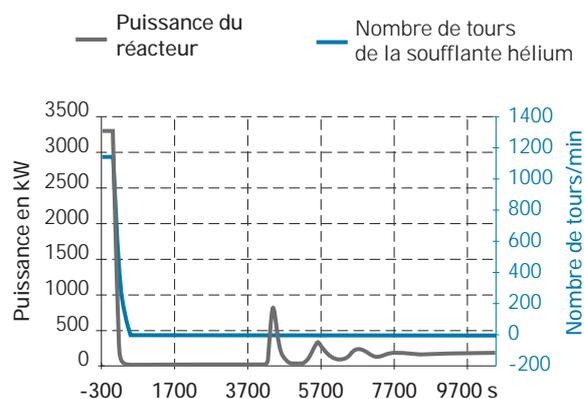
L'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi a aussi eu des répercussions en Chine. L'arrêt provisoire du programme de développement en cours a été décrété et les contrôles suivants ont été ordonnés:

1. vérification du niveau de sûreté de toutes les centrales nucléaires en service;
2. vérification des spécifications de projet, normes de sûreté incluses, de toutes les centrales nucléaires en construction;
3. vérification de la conception et des spécifications de projet, normes de sûreté incluses, de toutes les centrales nucléaires en cours de planification.

Ces trois exigences ayant été remplies de façon satisfaisante en novembre 2012, les travaux ont repris pour tous les projets avec à peu près un an et demi de retard.

Début novembre 2014, 22 tranches nucléaires représentant une puissance de quelque 19'000 MW étaient raccordées au réseau. En parallèle, 28 tranches étaient en construction début novembre pour une puissance totale de 25'000 MW. Les quatre premiers AP1000, des installations américaines de conception ultramoderne, et deux CAP1400, les variantes chinoises agrandies de ce système de réacteur passif, sont prévus sur le site de Shidao Wan. Les permis de construire devraient être délivrés ces prochaines semaines¹.

Tests effectués sur le HTR-10: comportement du réacteur en cas d'interruption du refroidissement



Source: INET

© 2014 Forum nucléaire suisse

Avant de lancer le programme de développement actuel, la plus haute autorité nucléaire du pays a passé en revue tous les systèmes de réacteurs de la génération III disponibles dans le monde et décidé que l'AP1000 et le CAP1400 devaient devenir la nouvelle norme. Le CPR1000, un réacteur à eau sous pression sino-français, continue cependant d'être construit, et quatre EPR sont actuellement en construction². Il s'agira vraisemblablement des premiers EPR mis en service au monde.

Réacteur à lit de boulet: sûreté et rendement élevés

La première installation utilisant la technologie HTR-PM est également en construction, sur le site de Shidao Wan, à la pointe est de la presqu'île de Shandong, au sud-est de Pékin. HTR-PM est l'abréviation de «High Temperature Reactor – Pebble Bed Modular Design», un réacteur développé par l'Institute for Nuclear and New Energy Technology (INET), une division de l'Université Tsinghua de Pékin. Le réacteur de recherche et d'essai HTR10 est en service depuis 2002 sur le campus de Changping de l'INET, au nord-ouest de Pékin. →

¹ Les deux projets de construction d'AP1000 en cours à Sanmen et Haiyang ont pris du retard en raison de problèmes touchant la pompe d'eau alimentaire.

² NDLR: selon l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), deux EPR sont officiellement en construction, sur le site de Taishan, à l'ouest de Hongkong.

Les expériences réalisées avec ce réacteur ont été intégrées dans le HTR-PM. Pour ce type nouveau de réacteur, les priorités de la recherche et développement étaient les suivantes:

- développement d'un réacteur à haute température refroidi à l'hélium;
- technologie des matériaux combustibles et en particulier fabrication des microbilles enrobées de carbure de silicium contenues dans des éléments combustibles sphériques en graphite de la taille d'une balle de tennis;
- technologie des matériaux constitutifs du réacteur et du générateur de vapeur se prêtant à l'utilisation d'hélium à haute température (750°C) et à haute pression (70 bars);
- fabricabilité des composants clés compte tenu des capacités de traitement et de transport (conception modulaire: plusieurs réacteurs produisent de la vapeur pour une turbine au moyen d'un générateur de vapeur commun).

A propos de l'auteur

Emanuel Höhener, 69 ans, est ingénieur diplômé. Il a à son actif une longue expérience dans la branche suisse de l'électricité. De 2000 à 2007, il a été CEO d'EGL SA. Il a également été membre de plusieurs conseils d'administration, dont ceux de CKW SA, de NOK SA ou de swissgrid SA. Il a en outre fait partie du comité directeur de différentes associations, dont l'AES et swisselectric. En 2008, il a fondé sa propre entreprise de conseil. Il suit depuis plus de deux décennies l'évolution de la Chine en général et le développement de son secteur industriel et énergétique en particulier.

La technologie HTR-PM repose notamment sur un cycle à vapeur surchauffée. A l'avenir, un cycle à vapeur supercritique devrait également être possible. Le rendement électrique d'une installation HTR-PM tourne ainsi autour de 50%. Mais la spécificité de la technologie HTR-PM a trait à la sûreté nucléaire: la fonte du cœur n'est pas possible. C'est la raison pour laquelle l'INET qualifie cette technologie d'«intrinsèquement sûre».

La Chine souhaite utiliser cette technologie à des fins non seulement de production d'électricité mais aussi de synthèse chimique, par exemple pour la production de gaz hydrogène (H₂) ou pour le dessalement d'eau de mer. Le prototype en construction comportera deux réacteurs offrant en tout une puissance électrique de 200 MW. La première tranche devrait entrer en service au cours du troisième trimestre 2017. Si cette technologie fait ses preuves, elle pourrait devenir la norme de la prochaine décennie; des demandes de permis de construire ont d'ores et déjà été déposées pour deux autres installations de 600 MW chacune. En parallèle, le Shanghai Institute of Applied Physics (SINAP) travaille sur la technologie des réacteurs à sels fondus. Un réacteur d'essai devrait être mis en service d'ici 2025.

Dans les régions germanophones, on entend souvent dire qu'«aujourd'hui, plus personne ne construit de centrales nucléaires». La réalité est tout autre, d'où la question de savoir si un pays comme la Suisse peut se payer le luxe de rester à l'écart du développement de réacteurs aussi prometteurs. (Emanuel Höhener/D.B.)

Cours d'approfondissement 2014: «Identifier, quantifier et accroître les marges de sécurité des centrales nucléaires»

Lors du cours d'approfondissement de cette année, qui s'est tenu les 4 et 5 novembre 2014 à Olten, quinze orateurs et une oratrice ont abordé le thème des marges de sécurité sous différents angles.

Le cours d'approfondissement 2014 a été consacré à l'analyse, à la quantification et aux possibilités d'élargissement des marges de sécurité des centrales nucléaires. Après une introduction détaillée portant sur les bases de dimensionnement des centrales existantes, les conférenciers se sont penchés sur les thèmes suivants: prévention des situations d'urgence, gestion des connaissances, rééquipements de sûreté.

Les fondements, la pratique et le point de vue des autorités

Le professeur Horst-Michael Prasser a jeté les bases des autres exposés en énonçant la maxime suivante: «Nous devons nous baser sur des modèles et des conditions-cadres conservateurs, en postulant toujours la pire des éventualités». Les centrales nucléaires misent sur la «défense en profondeur», c'est-à-dire sur des concepts de sûreté échelonnés. En partant d'exemples comme les gaines de combustible ou le refroidissement des réacteurs, M. Prasser a approfondi la question des bases de dimensionnement et des principes de dimensionnement sécuritaires.



Le cours d'approfondissement de cette année avait pour thème: «Identifier, quantifier et accroître les marges de sécurité des centrales nucléaires».

Photo: Forum nucléaire suisse

Dans le domaine technique, on a depuis toujours l'habitude de prendre des marges de sécurité. Mais comme l'a expliqué Victor Teschendorff, le génie nucléaire est soumis à une réglementation particulièrement stricte. Et de décrire le «Safety Margins Action Plan» de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE, qu'il a contribué à établir. Ce plan d'action fournit un concept méthodologique permettant l'évaluation intégrée de l'impact que plusieurs modifications simultanées de l'installation et du mode d'exploitation auront sur la sûreté dans son ensemble.

Johannis Nöggerath, de la centrale nucléaire de Leibstadt (KKL), a ensuite décrit le rôle que joue la gestion quotidienne des marges et des réserves de sécurité à tous les niveaux, la façon dont la KKL a vérifié en détail sa conception parasismique et la manière dont les marges de sécurité sont quantifiées. Les spécialistes de la KKL ont ensuite présenté onze méthodes différentes permettant d'atteindre l'arrêt à froid, dont six dans les limites du dimensionnement. «Que faut-il faire en trop pour que ce soit suffisant?», a demandé M. Nöggerath en guise de conclusion.

Le conservatisme est également le leitmotiv des autorités, comme l'a montré Georg Schwarz, de l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN). Il a expliqué comment la quantification des marges de sécurité permet de classer une défaillance dans une catégorie donnée, ce qu'est le «cliff edge effect» et le rôle qu'il joue dans l'analyse sismique déterministe. Il a en outre décrit le projet ERSIM, qui fait suite aux tests de résistance de l'UE et consiste à quantifier les marges de sécurité existant pour les défaillances hors dimensionnement et à en déduire des mesures d'amélioration. Bilan: du point de vue des autorités, toutes les centrales suisses disposent de marges élevées.

Ernst Zirngast, de SwissRe, a invité les participants à un détour par l'industrie pétrolière. Comme dans l'industrie nucléaire, tout ce qui touche à la conception est très bien fait, mais le facteur humain joue aussi un rôle important. Lors de ses audits, le réassureur accorde une attention particulière à la mise en œuvre des

recommandations de sécurité et à la façon dont les entreprises rendent compte des presque-accidents. M. Zirngast voit dans le principe du «weakest link», le maillon le plus faible de la chaîne, un autre parallèle avec l'industrie nucléaire. Ce principe s'applique notamment lorsqu'on effectue une pesée entre la «sûreté par l'action humaine» et la «sûreté en dépit de l'erreur humaine».

Rôle de la prévention des situations d'urgence

Avant 2011, la centrale nucléaire de Beznau (KKB) disposait déjà de différents systèmes essentiels qui ont fait défaut lors de la catastrophe de Fukushima, a expliqué Martin Richner, de la KKB. Grâce aux mesures supplémentaires qui ont été prises par la suite, Beznau devrait aujourd'hui compter parmi les centrales nucléaires les mieux rééquipées au monde. M. Richner a avant tout mis l'accent sur le niveau 4 de la défense en profondeur, la gestion des accidents. Ce niveau comporte à la fois des mesures de prévention (empêcher le relâchement de substances radioactives dans l'environnement) et des mesures de mitigation (réduire un tel relâchement à un minimum). Le principe simple selon lequel il faut «réduire la pression, faire entrer de l'eau!» s'applique dans les deux domaines.

Un nouveau détour, par la psychologie cette fois, a permis aux participants de mieux cerner les aspects humains de la sûreté d'exploitation. Le professeur Toni Wäfler, de la HES du Nord-ouest de la Suisse, a axé son exposé sur la résilience, c'est-à-dire sur la faculté d'un système d'apprendre et d'adapter son fonctionnement à de nouvelles exigences. Comme il l'a expliqué, on fait une distinction entre «Safety 1» et «Safety 2». Dans le cas de Safety 1, l'être humain est un facteur de risque et ses possibilités d'action sont restreintes. Dans le cas de Safety 2, c'est un facteur de sûreté et une ressource de résilience. La question de savoir comment trouver un équilibre entre ces deux concepts se pose en permanence.

Il ne faut jamais se sentir trop en sécurité, que ce soit dans l'industrie aérienne ou dans l'industrie nucléaire, car «quand ça va mal, les choses peuvent se dégrader très vite jusqu'à faire les grands titres de l'actualité». Comme l'a expliqué Martin Knuchel, de Swiss, les plans d'urgence de cette compagnie aérienne sont constamment tenus à jour, exercés et développés bien qu'elle n'ait pas connu d'accident depuis quatorze ans. Par ailleurs, la police zurichoise et d'autres organismes font souvent appel à la Care-Team de Swiss, une organisation de bénévoles.



Discussion avec les conférenciers de la première journée.

Photo: Forum nucléaire suisse

Le savoir crée aussi des marges de sécurité

Les deux premiers intervenants de la deuxième journée, Thomas Loosen et Dominique Kuster, ont parlé de la saisie des expériences pratiquée par la division Exploitation de la centrale nucléaire de Gösgen. «Une expérience ne devient importante qu'à partir du moment où nous en avons vraiment besoin», résument-ils. Selon eux, la culture d'entreprise, à savoir une culture saine de l'erreur basée en particulier sur l'encouragement de la responsabilité individuelle, est l'un des éléments clés de la gestion du savoir. La communication – informer et écouter – et la formation sont deux autres aspects importants lorsqu'on introduit un outil de saisie des expériences.

Selon Felix Sassen, de Westinghouse Electric Germany GmbH, la sortie du nucléaire représente aussi un défi particulier en ce qui concerne la gestion des connaissances. Une entreprise comme Westinghouse est en mesure d'encourager l'échange d'expériences entre différents exploitants et différents pays. M. Sassen souligne que le maintien du «Know-why» est indispensable si l'on veut pouvoir poursuivre avec succès le développement de produits et services. La gestion du savoir est toujours subordonnée à l'objectif de la survie économique à long terme. D'où la nécessité de déterminer les connaissances dans lesquelles on veut investir.

Aux yeux de Hans Wanner, directeur de l'IFSN, les promoteurs de la sortie du nucléaire n'ont pas, comme ils le croient, résolu un problème. Ils en ont en fait créé plusieurs, du moins en ce qui concerne la gestion du personnel des centrales nucléaires et des con-



Hans Wanner, directeur de l'IFSN, lors du cours d'approfondissement 2014.

Photo: Forum nucléaire suisse

naissances détenues par ce dernier. Le concept d'exploitation à long terme demandé par l'IFSN tiendra compte de cette problématique. Tant la branche que l'IFSN doivent s'atteler dès maintenant à la définition des grandes orientations qui permettront encore un voire deux changements de génération dans la perspective d'une durée potentielle d'exploitation d'encore 30 ans.

Dans son exposé sur la gestion des connaissances, Nina Gross, de la société Hüttenwerken Krupp Mannesmann, a établi une série de parallèles entre l'industrie nucléaire et celle de l'acier. L'un deux est la complexité d'un environnement technique où l'homme est à la fois le maillon faible et le principal détenteur du savoir. Dans la pratique, il est important que toutes les équipes et divisions soient intégrées dans l'élaboration du pro-

jet de gestion des connaissances afin de tenir compte des liens sociaux. C'est ainsi, en dernière analyse, que la gestion des connaissances pourra apporter une contribution importante à l'élargissement des marges de sécurité.

Qu'apportent les rééquipements?

Yahya Yilmaz Bayraktarli, de la centrale nucléaire de Mühleberg (KKM), a ensuite pris l'exemple de cette centrale pour analyser en détail la portée des rééquipements effectués pour les dernières années d'exploitation: une mesure de faible envergure immédiatement réalisable offre un gain de sûreté supérieur à un gros rééquipement qui ne déploiera ses effets que pendant peu de temps à la fin de la période d'exploitation. Après la décision de mise à l'arrêt, la KKM a donc analysé ses plans de rééquipement et les a adaptés en conséquence. Dans une telle situation, les considérations économiques ont aussi leur place dans le processus décisionnel.

Rolf Janke, d'Areva GmbH, a ensuite décrit aux participants l'évolution de la demande internationale de rééquipement. Tandis qu'avant l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi, la demande portait surtout sur les augmentations de puissance et les nouvelles constructions, les investissements ne se font plus qu'avec hésitation aujourd'hui. Depuis 2011, les équipements et rééquipements à visée sécuritaire sont prioritaires. Une analyse des perspectives d'avenir montre qu'il faut s'attendre à un nouveau renforcement du concept de défense en profondeur et à une augmentation des besoins de modes de conduite en suivi de charge afin de compenser les fluctuations de production des énergies renouvelables.

C'est Matthias Daichendt, de la société Kraftanlagen Heidelberg GmbH, qui a présenté le dernier exposé. Il s'est penché sur les calculs techniques à effectuer dans le contexte et en prévision de rééquipements. On peut aujourd'hui réaliser des analyses approfondies menant à une détermination précise du taux de sollicitation d'un composant et donc de la marge de sécurité restante. Les analyses mathématiques constituent donc un élément essentiel de la détermination des marges de sécurité et peuvent être utilisées de façon ciblée pour évaluer la nécessité d'une mesure de rééquipement. (M.Re./D.B.)

Les études d'impact socio-économique et environnemental sous le feu des projecteurs et de la critique

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a publié à la mi-novembre 2014 les études d'impact socio-économique et environnemental (EI-SEE) relatives aux six sites d'implantation potentiels de dépôts en couches géologiques profondes pour déchets radioactifs. Ces études ont suscité de nombreuses critiques, qui ont été perçues de diverses façons par les médias.

Les EI-SEE doivent permettre de comparer les sites lors de l'étape 2 (en cours) de la procédure de plan sectoriel. La publication par l'OFEN, le 18 novembre 2014, de la première partie de ces études a suscité un large écho, aussi bien dans les régions d'implantation potentielles qu'en dehors. Notre revue de presse met en évidence les différences régionales dans la relation des faits.

Critique de l'absence de facteurs d'image

La «Neue Zürcher Zeitung» (NZZ) opte pour une approche suprarégionale et qualifie ces études de «peu significatives». Elle regrette que certains «points clés», tels que l'impact d'un dépôt en profondeur sur l'image de la région d'implantation, n'aient pas été pris en compte: «La forte opposition contre la construction de ces installations repose depuis des décennies non pas sur des préjudices écologiques mesurables et des conséquences économiques immédiates, mais seulement sur des peurs diffuses qui pourraient être préjudiciables à l'image et donc à l'attractivité d'une région». Le quotidien zurichois relaie par ailleurs la critique maintes fois exprimée, notamment par le représentant de la conférence régionale de Zurich nord-est, selon laquelle «ces études ne sont pas très cohérentes: d'une part on exclut les facteurs d'image, alors que de l'autre on évalue les impacts sur la commercialisation des produits agricoles». Pour conclure, la NZZ annonce qu'une étude prévue par les cantons «pourrait fournir des informations sur les facteurs d'image» et que la Confédération entend établir un rapport de synthèse présentant les résultats de différentes études.

Les articles reflètent les sensibilités régionales

Une comparaison des journaux régionaux met en évidence les différences d'opinions entre régions. Ainsi, la «Neue Luzerner Zeitung» titre «Menace sur le tourisme», avant de poursuivre: «Le canton de Nidwald se sent conforté dans sa conviction que le Wellenberg

n'est pas un site d'implantation approprié». Le quotidien «Schaffhauser Nachrichten» voit pour sa part les choses tout autrement: «Etude: quasiment aucune conséquence pour le tourisme aux chutes du Rhin», titre-t-il. Selon cette étude, explique le journal schaffhousois, un dépôt en profondeur n'inquiéterait guère les touristes et pourrait même devenir une attraction. La «St. Galler Tagblatt» reprend elle aussi cet élément. Elle publie en outre une brève interview d'une représentante de l'OFEN, d'où il ressort que l'étude, qui a pour but de «mettre en évidence les opportunités et conflits à un stade précoce», est «clairement un rapport d'experts visant à permettre l'évaluation de tous les sites à la même aune» et qu'il a été dit «explicitement que le point de vue des différentes régions ne devait pas y être intégré». On peut considérer cette dernière remarque comme une réplique aux critiques émanant des régions.

Nous avons mené notre propre étude

«Der Landbote», autre publication régionale, couvre une portion de territoire à cheval sur deux régions d'implantation potentielles. Dans son édition du 19 novembre, il consacre donc une part conséquente de ses colonnes au sujet. Si la première page ne rend compte que de réactions négatives, on trouve plus loin des déclarations plus nuancées. Les qualificatifs initiaux – «lacunaire», «incomplet» ou «mal évalué» – proviennent de la conférence régionale de Zurich nord-est, qui rejette entièrement l'étude. La Fondation Suisse de l'énergie (SES) émet également un jugement sans appel: «sans valeur», «contre-productif». Un peu plus loin, «Der Landbote» nous apprend qu'un groupe spécialisé de la conférence régionale de Zurich nord-est a élaboré sa propre étude: «Berne est prié de bien vouloir noter que nous avons travaillé de façon systématique, sans improviser», affirme Harold Jenny, membre du groupe spécialisé EI-SEE». Le quotidien permet également à un représentant de l'OFEN de prendre

position sur ces critiques: celui-ci indique «qu'il a de la considération pour la démarche du groupe spécialisé, le seul à avoir établi sa propre étude, mais qu'il tient néanmoins à souligner que l'application d'une méthode uniforme est indispensable <afin d'éviter de comparer des pommes et des poires>».

20'000 visiteurs par an, une opportunité

«Der Landbote» a également publié un entretien détaillé avec un membre de la conférence régionale. Selon ce dernier, l'image de la région a déjà souffert parce que les opposants «ont inventé des scénarios d'horreur dès le début des forages et les diffusent par le biais de lettres de lecteurs, de communiqués et de déclarations lors des manifestations». La personne en question considère les dépôts en profondeur comme une opportunité de faire découvrir la région à des touristes, citant à titre de comparaison le chantier NLFA de Sedrun, qui draine 20'000 visiteurs par année. Et le «Landbote» de préciser que la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) s'attend à ce que la construction d'un dépôt en profondeur suscite le même nombre de visites.

Les opinions varient d'une région à l'autre

Le «Zürcher Unterländer» reprend lui aussi les sévères critiques en provenance de la région de Zurich nord-est, et il interroge à ce sujet le président de la conférence régionale du nord des Lägern: «Il était clair dès le départ que cette étude serait rédigée par la Confédération, je ne vois pas là matière à critique.» Les régions avaient néanmoins la possibilité d'exercer une certaine influence sur les EI-SEE en posant des ques-

tions supplémentaires, possibilité dont la région du «Nord des Lägern» a fait usage». Le «Zürcher Unterländer» se penche également sur les spécificités démographiques et économiques de la région du nord des Lägern, mentionnant par exemple qu'elle connaît une croissance démographique supérieure à la moyenne depuis 1990. Nous avons aussi reçu une brève en provenance d'une région non concernée: «Le Journal du Jura» a mentionné la parution de ces études et précisé que la Nagra affinerait la sélection des régions d'implantation potentielles au début 2015.

Le PS lui aussi mécontent

Deux jours après la parution de l'étude, différents journaux ont fait état d'un communiqué critique du PS zurichois. Le «Tagesanzeiger» et le «Landbote» se sont limités à des brèves, tandis que la NZZ consacrait davantage de place au sujet: «Selon le PS, malgré leur orientation scientifique, les études n'ont débouché que sur des banalités. Les questions vraiment significatives – à savoir l'impact sur l'image des régions, sur les peurs de leurs habitants, sur l'évolution démographique, sur le renoncement aux investissements ainsi que sur les prix de l'immobilier et des terrains – ont été volontairement passées sous silence. Toujours selon le PS, l'étude minimise les conséquences négatives d'un dépôt en profondeur et exagère ses effets positifs. Le critère décisif pour le choix du site reste la sûreté». Quant au quotidien «Schaffhauser Nachrichten», il a repris presque mot pour mot le communiqué en question dans sa rubrique «Nouvelles des partis». Le texte ne contenait pas de contre-proposition du PS. (M.Re. / D.B. d'après divers articles de journaux)

En Suisse

Comme l'a confirmé le 3 novembre 2014 l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) sur la base des résultats d'analyses de sécurité actualisées sur l'aléa lié aux crues, les centrales nucléaires suisses sont **suffisamment protégées contre des crues** pouvant obstruer des barrages et ponts en raison de charriage et de matières en suspension.

La Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil national (CEATE-N) a approuvé le projet de loi relatif au **premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique**. Elle est donc **prête** pour les délibérations au Conseil national. La Commission recommande par ailleurs de rejeter l'initiative «Pour la sortie programmée de l'énergie nucléaire». Elle a en outre supprimé la disposition liant formellement l'initiative et le premier paquet de mesures.

Le 4 novembre 2014, le Conseil du CERN a élu la physicienne italienne **Fabiola Gianotti** à la fonction de directrice générale de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (**CERN**), à Genève. Elle sera la première femme à occuper ce poste.



Une femme à la tête du CERN: la physicienne italienne **Fabiola Gianotti** succèdera à Rolf-Dieter Heuer au poste de directeur général du CERN le 1^{er} janvier 2015.

Photo: Claudia Marcelloni/Cern

L'Office fédéral de l'énergie (**OFEN**) a publié son rapport final sur les études d'impact socio-économique et environnemental (**EI-SEE**) dans le cadre de l'étape 2 de la procédure du plan sectoriel. Ce document décrit les conséquences d'un dépôt en couches géologiques profondes dans chacune des six régions d'implantation potentielles.

La Nagra a lancé dans le laboratoire souterrain du **Mont Terri**, près du village jurassien de Saint-Ursanne, une **expérience** consistant à stocker des conteneurs de déchets à haute activité dans des conditions similaires à celles qui règneront dans un futur dépôt en couches géologiques profondes.

A l'étranger

La Russie fournira à **l'Iran huit nouvelles tranches nucléaires** du type VVER. Elle lui en livrera quatre clés en main sur le site de **Bushehr**, dans le sud-ouest du pays. Le site des quatre autres tranches reste à déterminer.

L'accord bilatéral de **collaboration** dans le domaine de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire conclu entre les **Etats-Unis et le Vietnam** est entré en vigueur le 3 octobre 2014. Il règlemente le commerce de biens nucléaires, la recherche commune dans le domaine de l'énergie nucléaire ainsi que l'échange de technologies entre les deux pays.

En **Belgique**, le nouveau gouvernement de centre droit dirigé par le Premier ministre Charles Michel a adopté son programme de gouvernement. Celui-ci prévoit notamment que les éventuelles **prolongations de la durée de vie** des centrales nucléaires ne pourront **pas être étendues au-delà de 2025**.



Le nouveau gouvernement belge maintient la décision prise par l'équipe précédente de sortir du nucléaire à l'horizon 2025.

Photo: gouvernement belge

L'Afrique du Sud et la Chine ont signé un accord gouvernemental de **coopération nucléaire** qui rend possible l'utilisation de la technologie nucléaire chinoise en Afrique du Sud.

Au **Japon**, les deux autorités locales compétentes pour la prise de décision, la ville de Satsumasendai et la préfecture de Kagoshima, sont désormais d'accord pour **relancer l'exploitation** des tranches nucléaires **Sendai 1 et 2**. Leur remise en exploitation est attendue pour début 2015 au plus tôt.

En **Finlande**, 66% des habitants de Pyhäjoki sont **favorables** à la construction de la tranche nucléaire **Hanhikivi 1**, selon une enquête d'opinion réalisée en octobre 2014. Si l'on prend aussi en compte les réponses des habitants des communes voisines, la part des personnes en faveur du projet s'inscrit à 61%.

En Chine, la tranche nucléaire **Fuqing 1** est entrée en **service commercial** le 19 novembre 2014. Elle se trouve sur la côte, dans la province de Fujian.

Quant à la tranche nucléaire **Fangjiashan 1**, dans la province du Zhejiang, elle a **pour la première fois injecté du courant** dans le réseau le 4 novembre 2014, après un peu moins de six ans de travaux.



Des experts de la China National Nuclear Corporation (CNNC) observent le déroulement de la première injection de courant de la tranche nucléaire Fangjiashan 1.

Photo: CNNC

En **Russie**, le **premier chargement de combustible** de la tranche **Rostov 3** s'est achevé avec succès le 19 novembre 2014. En **Corée du Sud**, la tranche nucléaire **Shin-Wolsong 2** a également reçu **son premier chargement en combustible** à la mi-novembre 2014.

Toujours en Russie, Atomenergoproekt JSC (AEP) a annoncé que le **dôme** du bâtiment réacteur de la tranche nucléaire russe **Novovoronej-II 2** avait été posé le 14 novembre 2014.



Le dôme du bâtiment réacteur de la tranche nucléaire Novovoronej-II 2 est positionné au millimètre près.

Photo: AEP

En **Chine**, la **cuve du réacteur** **EPR Taishan 2**, dans la province de Guangdong, a été placée avec succès dans le bâtiment réacteur.

En **France**, EDF a reporté d'un an, soit jusqu'en **2017**, la **mise en service** de **Flamanville 3**, le premier EPR du pays.

Aux **Etats-Unis**, Scana Corporation – la société-mère de South Carolina Electric & Gas Company (SCE&G) – a annoncé que le chantier des deux tranches AP1000 **Virgil C. Summer 2 et 3**, dans l'Etat de Caroline du Sud, avait pris du **retard**, ce qui pourrait entraîner des coûts supplémentaires.

Au **Japon**, les **1331 assemblages combustibles usés** présents dans le bassin de la tranche **4 de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi** ont été **transportés** jusqu'au dépôt en piscine central du site. Les 180 assemblages restants, encore neufs, seront également mis en lieu sûr avant fin 2014.

Au **Canada**, l'usine d'uranium de **McClean Lake** a produit son **premier concentré d'uranium** à partir de minerai extrait de la mine de Cigar Lake, qui se trouve à 70 kilomètres environ. A terme, ces deux installations situées dans le nord de la province du Saskatchewan formeront le deuxième plus grand centre de production d'uranium au monde.

Le Conseil Iter a nommé le Français **Bernard Bigot** au poste de **directeur général d'Iter**. Il prendra en 2015 la succession d'Osamu Motojima.



Le Français Bernard Bigot reprendra en 2015 le poste de directeur général d'Iter pour un mandat de cinq ans.

Photo: L. Godart/CEA

En **Grande-Bretagne**, des entreprises et consortiums seront soutenus à hauteur de **13 millions de livres britanniques** au total (CHF 20 mio.) pour le développement de nouvelles technologies pour les centrales nucléaires actuelles et celles de la prochaine génération. Cette mesure vise à relancer l'innovation dans le secteur britannique du nucléaire.

Aux **Etats-Unis**, le Département de l'énergie (**DOE**) a promis des **fonds supplémentaires** pour stimuler la **production indigène d'isotopes médicaux** sans recourir à de l'uranium hautement enrichi (UHE).

La **Chancellerie fédérale autrichienne** a décidé de ne pas accepter la décision de la Commission européenne relative aux mesures du gouvernement britannique en faveur du projet de centrale nucléaire **Hinkley Point C** et de **déposer recours** en ce sens auprès de la Cour de justice européenne.

Une étude commandée par la **Commission européenne** présente pour la première fois des données relatives aux **coûts et subventions** en vigueur pour différentes **technologies de production d'électricité** dans l'ensemble des 28 Etats membres. Foratom – l'organisation faîtière des forums nucléaires européens – salue l'initiative, mais pointe du doigt des **erreurs méthodologiques** figurant dans le rapport intermédiaire paru récemment.

Dans le **World Energy Outlook 2014**, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) met l'accent sur **l'énergie**

nucléaire. Elle s'attend à ce que le nombre de pays exploitant des centrales nucléaires passe de 31 à 36, les nouveaux venus étant plus nombreux que les pays sortants. Dans un de ses scénarios, l'AIE considère que la capacité nucléaire augmentera de près de 60% d'ici 2040 au niveau mondial. Selon elle, les principaux défis à relever sont la désaffectation des centrales nucléaires et les préoccupations de l'opinion publique.

En **Suède**, l'autorité nationale de sûreté nucléaire (**SSM**) a proposé au gouvernement de faire passer la contribution annuelle des exploitants aux **fonds de gestion des déchets** de 2,2 öre le kWh (environ 0,28 centime) à 4,0 öre (0,52 centime).

Au **Japon**, la Chambre haute a autorisé **l'adhésion** du pays à la Convention sur la réparation complémentaire des dommages nucléaires (**CRC**) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

En Finlande, le **Parlement** a approuvé le 5 décembre 2014 **la demande complémentaire d'évaluation** du projet de centrale nucléaire Hanhikivi 1 déposée par l'exploitante Fennovoima Oy. Le gouvernement y avait déjà répondu favorablement. (M.A./D.B.)



Après le gouvernement, le **Parlement finlandais** a à son tour approuvé le projet de centrale nucléaire de Hanhikivi 1, un réacteur à eau sous pression de 1200 MW du type russe avancé AES-2006.

Photo: Yle

► Pour une version plus détaillée des articles de cette rubrique et pour des informations sur les autres questions qui font l'actualité de la branche et de la politique nucléaires aux plans national et international, rendez-vous sur www.ebulletin.ch.

Hans Peter Arnold



Lisez le rapport détaillé y compris des informations supplémentaires sur www.ebulletin.ch.

Démocrates et Républicains, même combat pour le nucléaire

Lors des dernières élections de mi-mandat qui se sont déroulées aux Etats-Unis, les Républicains ont remporté une victoire écrasante. A noter: aucun des deux camps n'a tenté de grappiller des voix sur le dos de la politique nucléaire. Le pragmatisme était de rigueur.

Lors des élections de mi-mandat qui se sont déroulées début novembre 2014, les Républicains ont remporté la majorité des sièges au Sénat, et la Chambre des représentants était déjà entre leurs mains avant les élections. Qu'est-ce que cela implique pour la politique énergétique et le développement de l'énergie nucléaire en particulier? A la fois le président démocrate Barack Obama et les Républicains étant en faveur des centrales nucléaires existantes et des nouvelles constructions, la stabilité de l'approvisionnement énergétique du pays dans le futur est garantie. Et cela ne devrait pas changer après les élections présidentielles de 2016, quelle qu'en soit l'issue.

Les grandes lignes de la politique démocrate

Mais regardons de plus près les grandes lignes de la politique énergétique des deux partis majoritaires. Les Démocrates mettent l'accent sur les énergies renouvelables. Les ambitions sont très élevées, puisque celles-ci devront couvrir 80% de la consommation d'électricité en 2035. Le programme du parti prévoit également une augmentation de l'efficacité énergétique des bâtiments et de l'industrie, de même que l'encouragement des combustibles fossiles, notamment du gaz de schiste. Dans un même temps, les Démocrates mettent en garde contre les dangers considérables liés au changement climatique, et plaident en faveur d'une entente au niveau international sur les limites des émissions de gaz à effet de serre.

Les grandes lignes de la politique républicaine

L'indépendance des Etats-Unis vis-à-vis des importations d'énergie est un élément central de la politique des Républicains. Le marché de l'énergie doit pouvoir se développer librement sans que le gouvernement ne favorise certaines branches, telles que les énergies renouvelables, ou n'en entrave d'autres, telles que le pétrole ou le charbon. Ainsi, avant les élections de mi-mandat, l'opposition de Barack Obama vis-à-vis de l'oléoduc Keystone était fortement critiquée. Et bien que l'ancienne composition du Sénat ait elle aussi ajourné le projet, la Chambre des représentants devrait l'approuver en janvier prochain. Les Républicains estiment que les énergies renouvelables sont coûteuses et menaceraient des emplois, contrairement au gaz, charbon et à l'énergie nucléaire, dont le potentiel est beaucoup plus important. C'est pourquoi il convient selon eux d'encourager le pétrole et le gaz naturel. Ils s'opposent par ailleurs aux échanges d'émissions qui fixeraient des limites absolues.

Vers une continuité

Au début de son mandat, Barack Obama s'était engagé explicitement en faveur du développement de l'énergie nucléaire, ou tout du moins du remplacement des capacités existantes, dans l'optique de répondre aux défis écologiques actuels. Entre temps, cet engagement s'est estompé, mais les projets de construction continuent malgré tout d'avancer, bien que lentement.

De nombreux indices laissent à penser que la continuité sera le mot d'ordre de la future politique nucléaire du pays. Les Républicains misent sur davantage de mar-

Une balle dans le pied?

A la mi-novembre 2014, les méthodes de Greenpeace ont à nouveau suscité notre exaspération. L'histoire est vite racontée: on sait que le rayon dans lequel des comprimés d'iode sont distribués à titre préventif en Suisse a été porté de 20 à 50 kilomètres. Alors que les services fédéraux compétents faisaient eux-mêmes parvenir ces comprimés ainsi que diverses autres informations aux personnes concernées, Greenpeace Suisse s'est fendue d'un dépliant au format A3 intitulé «Informations complémentaires importantes sur la distribution de comprimés d'iode». Dans ce document, l'organisation écologiste s'est non seulement servie d'éléments graphiques tirés de la campagne d'information officielle, mais elle a aussi eu le toupet de signer son pamphlet «Le Service d'approvisionnement en iodure de potassium chargé de la distribution des comprimés d'iode».

En lisant ce courrier, on se rend vite compte qu'il ne peut pas provenir d'un service officiel. Mais il n'a pas raté son effet, comme le montre l'écho que lui ont donné les médias. Heureusement, bien qu'un représentant

de l'organisation écologiste se soit défendu contre l'accusation d'user de duperie pour faire peur aux gens, il est vite apparu que l'opération n'était en fait rien d'autre. Comment Greenpeace peut-elle prétendre vouloir protéger la population si près de la moitié des personnes concernées ne reçoivent pas son courrier? L'organisation dit elle-même ne l'avoir envoyé qu'à un million de ménages. Or, selon swissnuclear, 4,3 millions de personnes reçoivent maintenant ces comprimés. Si l'on considère qu'un ménage moyen compte 2,24 personnes (Office fédéral de la statistique, 2012), il s'ensuit que deux bons millions des personnes habitant dans un rayon de 50 kilomètres autour des centrales nucléaires se sont vues privées des si précieuses informations de l'organisation écologiste.

Et que personne de vienne prétendre que Greenpeace n'avait pas les moyens de s'offrir un tirage deux fois plus élevé. Une telle excuse sera peut-être valable à l'avenir, lorsque les donateurs, excédés par de telles pratiques, iront voir ailleurs. Alors finalement, pour quoi s'énerver...? (M. Re. / D.B.)

Suite de la page 26

ché, ce qui ne devrait pas nuire à l'énergie nucléaire. Le retour en arrière concernant les subventions élevées accordées aux énergies renouvelables devrait lui aussi jouer en sa faveur. L'attitude défensive à l'égard de la politique climatique met cependant à mal les efforts déployés pour encourager son développement.

La stratégie politique prévisible des Républicains devrait plutôt servir la branche et permettre à l'industrie nucléaire de prospérer aux Etats-Unis au cours des deux prochaines années, ainsi qu'après les élections présidentielles, quelle qu'en soit l'issue.

Une politique de consensus

La réunion au sommet qui s'est déroulée récemment entre Barack Obama et le président chinois Xi Jinping a montré la nécessité de pratiquer une politique de consensus aux plans national comme international. Les deux hommes se sont entendus sur des objectifs climatiques communs. M. Obama s'est également engagé à ce que les Etats-Unis réduisent de 26 à 28% ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2025 (sur la base de 2005). M. Xi a annoncé de son côté vouloir augmenter la part des énergies renouvelables et la passer à environ 20% d'ici 2030. (C.B.)

Apéritif de la SOSIN

Le prochain apéritif de la SOSIN aura lieu le 20 janvier 2015 au Grand Casino de Baden.

www.kernfachleute.ch

Première Rencontre du Forum 2015

La première Rencontre du Forum nucléaire suisse de 2015 aura lieu le 9 février à l'EPFL. Nous aurons le plaisir d'accueillir Juan Knaster, chef du projet International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) de Rokkasho, Japon.



Photo: EPFL

Rapports mensuels

A partir de l'année prochaine, les rapports mensuels sur le fonctionnement des centrales nucléaires suisses ne seront plus annexés au Bulletin. Vous les trouverez sur le site Internet de swissnuclear.

www.swissnuclear.ch

Recueil de transparents «Eléments de réflexion pour le débat sur l'abandon du nucléaire»

On sait le rôle essentiel que joue l'atome dans notre approvisionnement énergétique. Que signifierait la sortie du nucléaire dans le cadre de ce qu'il est convenu d'appeler le tournant énergétique? Le recueil de transparents «De l'énergie nucléaire pour la Suisse – Eléments de réflexion pour le débat sur l'abandon du nucléaire» répond à cette question en s'appuyant sur des données et sur des faits. Conçue de façon modulaire, cette publication mise à jour peut aussi bien servir de référence qu'être utilisée comme base pour donner des présentations à un public intéressé.

Cours de post-formation «Modelling and Computation of Multiphase Flows»

Des cours sur le thème «Modelling and Computation of Multiphase Flows» auront à nouveau lieu à l'EPF de Zurich du 9 au 13 février 2015. Ces cours modulaires comprennent des séries bien coordonnées de conférences. Ils s'adressent aux ingénieurs et aux chercheurs qui aimeraient acquérir des connaissances fondamentales de pointe, des informations sur leurs applications nucléaires et sur les techniques modernes d'analyse des phénomènes multi-fluides, sur les techniques de calcul numérique appliquées et sur les applications des codes commerciaux CFD aux écoulements polyphasiques.

www.lke.mavt.ethz.ch/shortcourse/index

Newsletter E-Bulletin

Pour une information détaillée semaine après semaine: abonnez-vous à notre newsletter E-Bulletin. Vous recevrez la newsletter chaque mercredi directement dans votre boîte aux lettres électronique.

www.nuklearforum.ch/fr/newsletter



Photo: Michele Perbellini

Le Forum nucléaire sur Twitter

Le Forum nucléaire exploite son propre canal sur Twitter. Ce dernier permet d'accéder aux nouvelles les plus récentes de l'E-Bulletin et aux derniers tweets. Les listes de twitteurs vous fourniront un accès direct à tous les twitteurs de la branche nucléaire dans le monde. La liste «Nuclear News» publiée, par exemple, tous les tweets des principaux portails d'informations anglophones de la branche nucléaire. Si vous êtes titulaire d'un compte Twitter, il vous suffira d'un clic pour vous y abonner.

www.twitter.com/kernenergienews