

Les centrales nucléaires avancées: points saillants du développement mondial

A partir des meilleures caractéristiques actuelles de sûreté et d'exploitation, de nouvelles centrales sont conçues et introduites dans de nombreux pays

Des efforts considérables sont déployés actuellement à travers le monde pour développer des centrales nucléaires avancées. Divers organismes y participent, y compris les gouvernements, les industries, les compagnies d'électricité, les universités, les laboratoires nationaux et les instituts de recherche. Les dépenses annuelles pour le développement de nouveaux modèles, les améliorations technologiques et la recherche concernant l'ensemble des principales filières sont estimées à plus de 1,5 milliard de dollars des Etats-Unis.

Par l'intermédiaire des activités exécutées dans le cadre de son programme relatif à l'énergie nucléaire, l'AIEA sert de source internationale d'informations objectives de référence à propos des différents concepts qui sont en train d'être développés, de l'état des projets et des grandes tendances du développement dans le monde.

L'éventail complet des modèles ou concepts de centrales nucléaires avancées couvre divers types de modèles, soit évolutionnaires, soit innovants, mais qui, dans le dernier cas, nécessitent encore d'importants travaux de développement. Ces deux catégories se démarquent foncièrement par la nécessité de construire et d'exploiter un prototype ou une centrale de démonstration pour amener un concept très innovant à maturité commerciale, dans la mesure où une telle centrale représente la majeure partie des ressources nécessaires. Dans les deux catégories, les modèles ont besoin de faire l'objet d'études techniques et peut-être de recherche et développement (R-D) et d'essais de confirmation avant que soit fixé le modèle, soit de la première centrale d'une série donnée dans

la catégorie des réacteurs évolutionnaires, soit du prototype et/ou de la centrale de démonstration dans la seconde catégorie. La quantité de R-D et d'essais de confirmation à effectuer dépend à la fois du degré d'innovation à introduire et du travail déjà accompli, ou de l'expérience disponible. Ceci s'applique tout particulièrement aux modèles de la seconde catégorie où il est très possible qu'un concept ne requière qu'une centrale de démonstration, si le développement et les essais de confirmation sont pratiquement terminés. A l'autre extrême, la R-D, les tests de faisabilité, les essais de confirmation et un prototype et/ou une centrale de démonstration sont nécessaires, en plus des études techniques. (Voir encadré, page 20.) Différentes tâches doivent être accomplies, dont les coûts en termes qualitatifs sont plus ou moins importants selon qu'on s'éloigne plus ou moins des modèles existants. En particulier, la nécessité de construire un réacteur dans le cadre du programme de développement entraîne une escalade des coûts.

Aperçu des programmes de développement de réacteurs refroidis par eau

L'effort de développement dans plusieurs pays industrialisés porte principalement sur la conception de grands réacteurs à eau ordinaire (REO), d'une puissance dépassant largement 1 000 mégawatts électriques (MWe), et présentant certaines améliorations par rapport aux modèles existants. Les transformations et modifications apportées à un modèle particulier sont généralement réduites au minimum. On procède ainsi afin de tirer tout le profit possible de caractéristiques techniques qui ont fait leurs preuves, tout en tenant compte de l'expérience accumulée aux stades de l'autorisation, de la construction, de la mise en service et de l'exploitation des réacteurs à eau actuellement en service.

par
Poong Eil Juhn,
Juergen Kupitz
et
John Cleveland

M. Juhn est directeur de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et du cycle du combustible de l'AIEA. M. Kupitz est chef de la Section du développement de la technologie électronucléaire de cette division, et M. Cleveland est un haut fonctionnaire de la Section. M. Tor Pedersen, ex-fonctionnaire de la Division, a également participé à la rédaction du présent article.

En général, les améliorations techniques couvrent de nombreux domaines. Les nouveaux modèles ont pour objectifs communs une plus grande fiabilité, un plus grand confort pour les opérateurs, une meilleure économie et une sûreté accrue.

Réacteurs avancés à eau ordinaire (RAEO).

Des modèles de grands RAEO sont à l'étude dans un certain nombre de pays. On travaille aussi sur des centrales avancées de taille moyenne, en accordant dans la plupart des cas une grande importance à l'utilisation de systèmes de sûreté passifs et de caractéristiques de sûreté intrinsèque.

Etats-Unis. D'importants programmes de développement de RAEO ont commencé aux Etats-Unis dans les années 80. En 1984, l'Institut de recherche sur l'énergie électrique (EPRI), en collaboration avec le Département de l'Energie des Etats-Unis (DOE) et avec la participation des concepteurs de centrales nucléaires du pays, a lancé un programme pour préciser les besoins des compagnies d'électricité et guider le travail de conception et de développement. Plusieurs compagnies d'électricité étrangères ont également participé au programme et ont contribué à son financement. Les besoins des compagnies d'électricité ont été établis en ce qui concerne les grands réacteurs à eau bouillante (REB) et à eau sous pression (REP) de 1 200 à 1 300 MWe, et les REB et REP de taille moyenne d'environ 600 MWe.

En 1986, le DOE, en collaboration avec l'EPRI et les bureaux d'étude de réacteurs, a lancé un programme de certification de la conception pour centrales évolutionnaires basé sur un nouveau régime d'autorisation, suivi en 1990 par un programme de certification pour les centrales de taille moyenne équipées de systèmes de sûreté passifs. Selon le nouveau régime d'autorisation, les concepteurs soumettent leur concept à la Commission de réglementation nucléaire (NRC) des Etats-Unis pour le faire certifier. Dès qu'un concept est certifié, les tranches standardisées peuvent être mises sur le marché, et toute compagnie d'électricité peut commander une centrale avec l'assurance que les questions générales de conception et de sûreté ont été résolues. Le régime d'autorisation prévoit que la compagnie d'électricité demande une seule autorisation pour construire et exploiter une nouvelle centrale et, à condition que celle-ci soit construite selon les spécifications préapprouvées et que de nouveaux problèmes de sûreté ne surgissent pas entre-temps, la compagnie peut faire démarrer la centrale dès que la construction est terminée.

Quatre réacteurs avancés mis au point aux Etats-Unis ont fait l'objet de demandes de certification auprès de la NRC en vertu du programme de RAEO du DOE. Le projet définitif de deux grandes centrales évolutionnaires — le «System 80+» de ABB-Combustion Engineering et le REB avancé de General Electric — a été approuvé en 1994, et le certificat de la NRC a été

délivré en mai 1997. La NRC examine actuellement le dossier du réacteur AP-600 de 600 MWe de Westinghouse et il est prévu que l'approbation du projet définitif soit délivrée en mars 1998. Le REB simplifié de 600 MWe de General Electric a aussi été examiné jusqu'au milieu de l'année 1996, mais la société a abandonné les travaux sur ce modèle pour se tourner plutôt vers une tranche de puissance plus élevée. Le Programme d'étude technique de prototypes (c'est-à-dire la conception détaillée nécessaire pour vérifier le coût et le calendrier de construction) autorisé par la Loi de 1992 sur la politique de l'énergie a été terminé en septembre 1996 pour les REB avancés, et des travaux similaires concernant le modèle AP-600 sont en cours et devraient prendre fin en 1998. La compagnie d'électricité de Taiwan (Chine) a récemment retenu le modèle de REB avancé de General Electric pour ses deux nouvelles centrales qui devraient entrer en service en 2004.

France et Allemagne. En Europe, Framatome et Siemens ont établi une coentreprise, Nuclear Power International, qui met au point un nouveau réacteur avancé, le réacteur européen à eau sous pression (EPR), d'une puissance de 1 500 MWe et comportant une sûreté accrue. Le projet sera examiné conjointement par les autorités de sûreté de France et d'Allemagne. Cette procédure encouragera fortement l'harmonisation pratique des prescriptions de sûreté dans deux pays importants, qui pourrait être étendue à d'autres plus tard. Siemens participe aussi avec d'autres compagnies d'électricité allemandes au développement d'un REB avancé, le SWR-1000, qui comportera un certain nombre de systèmes de sauvegarde passifs pour le déclenchement des fonctions de sûreté, l'évacuation de la chaleur résiduelle et l'évacuation de la chaleur de l'enceinte.

Suède et Finlande. En Suède, ABB Atom, en collaboration avec l'électricien finlandais Teollisuuden Voima Oy (TVO), développe le BWR-90 qui est une version améliorée des REB déjà en service dans les deux pays.

République de Corée. En République de Corée, un projet de REP avancé de 4 000 mégawatts thermiques (MWth), le «réacteur coréen de la nouvelle génération», a commencé en 1992. L'étude est réalisée par la Société d'énergie électrique de Corée (KEPCO) avec l'appui de l'industrie nucléaire du pays. L'objectif est de terminer l'étude détaillée d'ici l'an 2000.

Fédération de Russie. En Fédération de Russie, on travaille sur le V-392, version améliorée du VVER-1000, et une autre version est à l'étude avec la collaboration de la société finlandaise Imatran Voima Oy (IVO). Sont également à l'étude un réacteur de taille moyenne, le VVER-640 (V-407), concept évolutionnaire avec des systèmes de sauvegarde passifs, et le VPBER-600, qui est un concept intégré plus innovant. La construction de la première tranche du VVER-640 devait

commencer en 1997, à Sosnovy Bor. La construction de deux VVER de 1 000 MWe fait l'objet de pourparlers avec la République populaire de Chine.

Japon. Au Japon, le Ministère du commerce et de l'industrie a un programme sur la technologie des REO. Un grand REP évolutionnaire de 1 350 MWe est développé par les compagnies d'électricité japonaises, avec des vendeurs nucléaires, et la construction d'une tranche à deux réacteurs est prévue sur le site de Tsuruga. En outre, l'étude d'un REB avancé a commencé en 1991 et comprend le développement d'un réacteur de référence de 1 500 MWe qui tient compte de l'expérience de l'exploitation et de la maintenance des REB plus anciens. D'autres programmes de développement en cours concernent un REB et un REP japonais simplifiés; les vendeurs et les compagnies d'électricité participent à ces projets. L'Institut de recherche sur l'énergie atomique du Japon (JAERI) étudie des modèles de réacteurs avancés refroidis par eau, en s'intéressant plus particulièrement aux systèmes de sauvegarde passifs. Il s'agit du réacteur à sûreté passive du JAERI et du REP à systèmes intégrés.

Chine. En Chine, l'Institut de l'énergie nucléaire (Chengdu) est en train de mettre au point le réacteur avancé AC-600 qui intègre des systèmes de sûreté passifs pour évacuer la chaleur.

Dans tous ces pays, les REO avancés en cours de développement comprennent d'importantes simplifications techniques, de plus grandes marges de dimensionnement, et les diverses améliorations suivantes: meilleure performance du combustible et taux de combustion plus élevés, meilleure interface homme-machine, avec informatisation poussée et une meilleure visualisation des informations, plus grande standardisation des centrales, rationalisation de la construction et de la maintenance, et meilleure qualification des opérateurs formés sur simulateurs.

Réacteurs à eau lourde (REL). En plus des REO, la technologie des REL s'est aussi avérée économique, sûre et fiable. Environ 7 % de toutes les centrales actuellement en exploitation sont des REL. Une infrastructure et une base réglementaire solides ont été établies dans plusieurs pays, dont le Canada, qui est le pionnier dans ce domaine. Deux types de REL commerciaux ont été développés, le modèle à tubes de force et le modèle à cuve sous pression, et les deux ont fait leurs preuves. Il y a des REL d'un peu toutes les tailles, depuis quelques centaines de MWe jusqu'à environ 900 MWe. L'utilisation de l'eau lourde comme modérateur procure un bon bilan neutronique et a permis d'utiliser comme combustible l'uranium, d'où des coûts de combustible inférieurs à ceux des REO. La quantité de matière fissile est toutefois très limitée, et c'est pourquoi le modèle à tubes de force est à chargement continu, de manière à obtenir la réactivité nécessaire pour le fonctionnement du réacteur. Ce chargement

continu a donné satisfaction; les taux de charge sur l'année et sur toute la durée de vie de la plupart des REL à tubes de force sont parmi les meilleurs de tous les types de réacteurs commerciaux. Le bilan de sûreté s'est aussi avéré très bon.

Canada. Le programme courant d'étude et de développement des REL au Canada vise premièrement à réduire les coûts des centrales et à renforcer de manière «évolutionnaire» la performance et la sûreté de ces dernières. Deux nouveaux réacteurs CANDU-6 de 715 MWe, comprenant des améliorations par rapport aux versions précédentes, sont en construction à Qinshan (Chine). Des études techniques en amont se poursuivent sur CANDU-9 de 935 MWe, qui est une adaptation des tranches en service à Darlington (Canada). D'après l'enquête de deux ans sur la conformité réglementaire du CANDU-9 que la Commission canadienne de sûreté nucléaire a terminée en janvier 1997, le réacteur répond aux prescriptions nationales d'autorisation. D'autres études sont en cours et portent sur des versions avancées de ces réacteurs en vue d'intégrer d'autres caractéristiques évolutionnaires et d'augmenter la puissance du gros modèle jusqu'à 1 300 MWe.

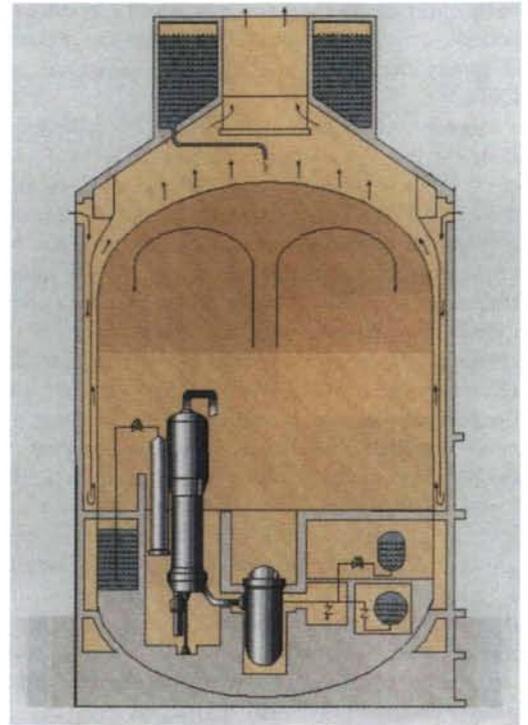
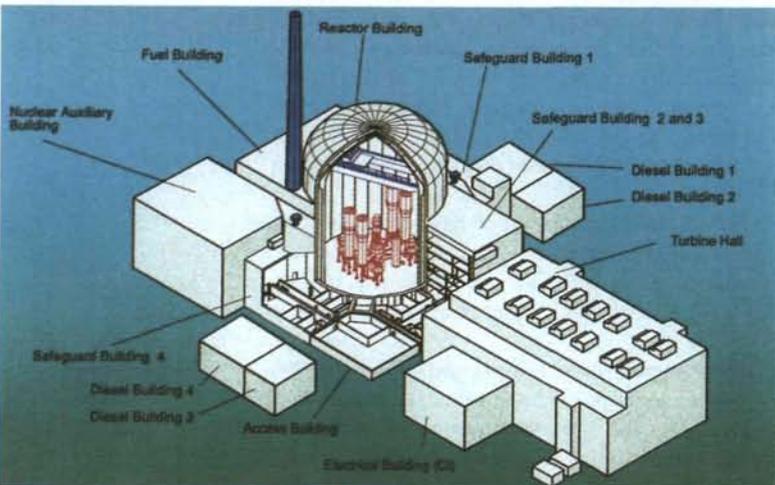
Inde. L'Inde est en train de développer un REL avancé de 500 MWe, dont la construction est prévue. Ce modèle intègre l'expérience des centrales de 220 MWe de conception indienne qui sont en service dans le pays.

Événements récents importants. L'année 1996 a vu d'importants événements se produire dans le domaine des réacteurs refroidis par eau, notamment la mise en service de nouvelles centrales dans plusieurs pays: le REP Genkai-4 de 1 130 MWe et les deux premiers REB avancés de 1 315 MWe, à Kashiwazaki Kariwa (Japon); le premier REP N4 de 1 455 MWe, à Chooz (France); le REL Cernavoda-1 de 650 MWe (Roumanie) et le REP Watts Bar-1 de 1 165 MWe (Etats-Unis).

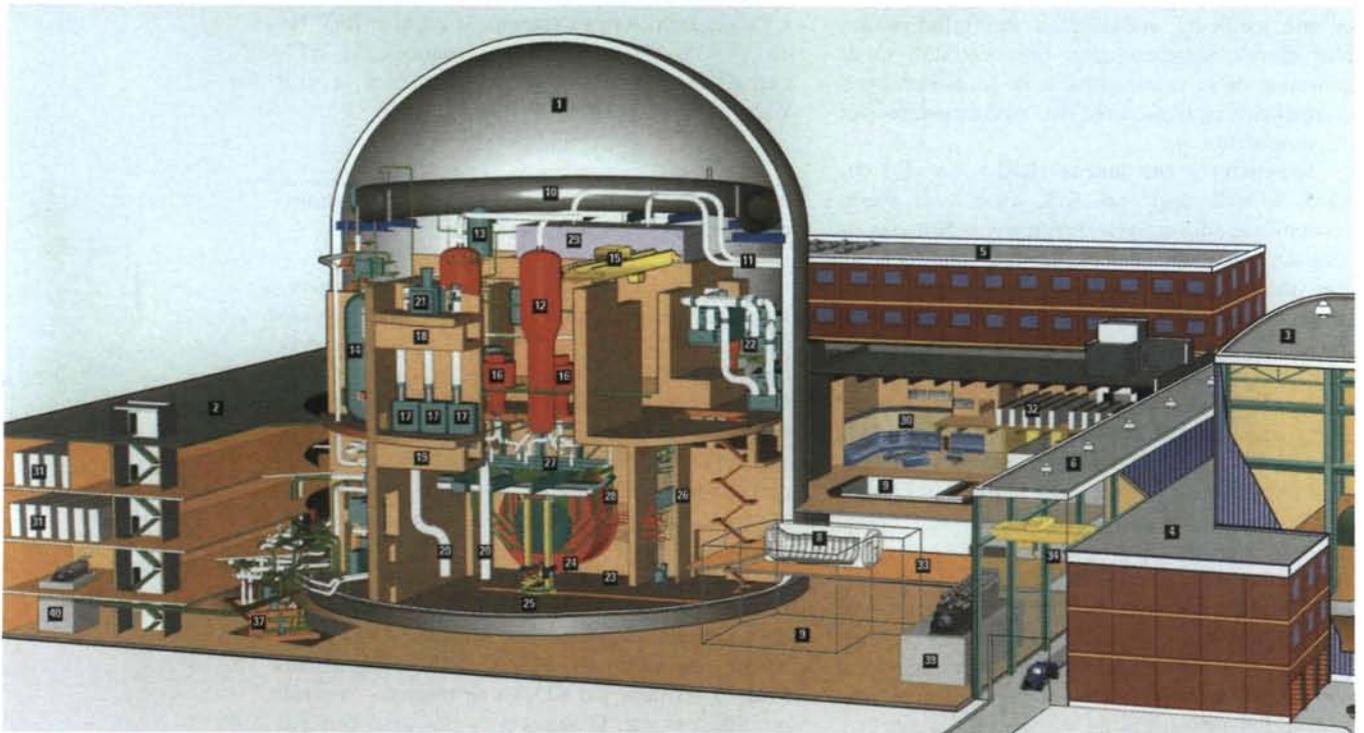
Aperçu des programmes de développement de réacteurs refroidis par gaz

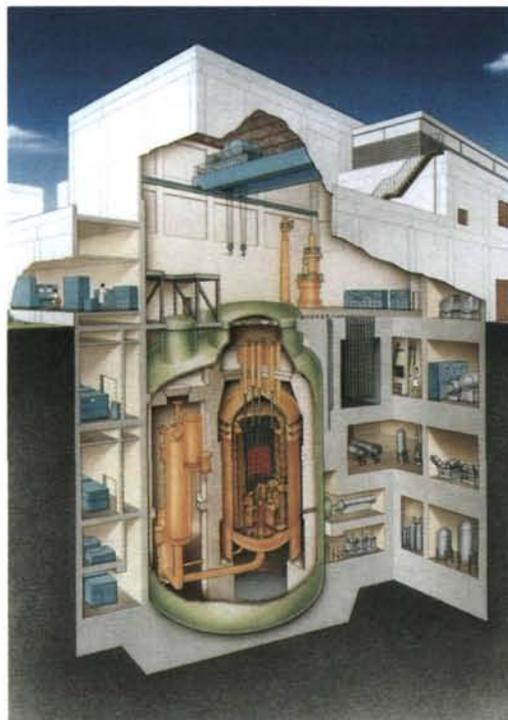
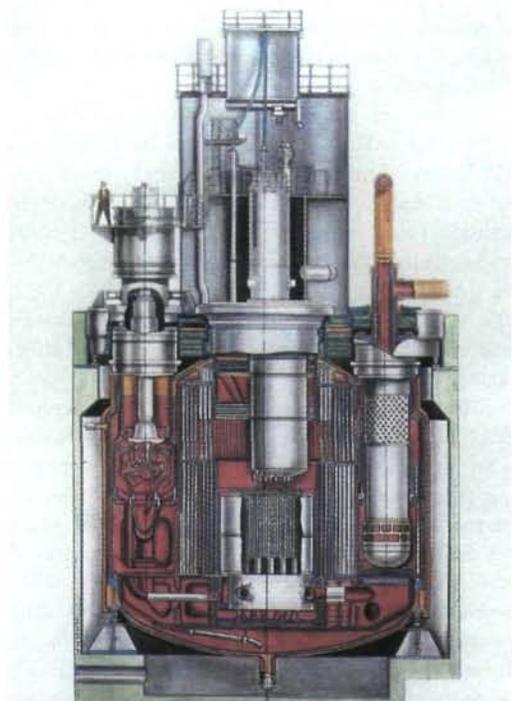
D'importantes activités sont consacrées au développement de réacteurs à haute température refroidis par gaz (RHTRG), principalement pour la production d'électricité avec une haute efficacité et pour la production de chaleur industrielle. Les avancées technologiques concernant la conception des composants et les procédés, et les capacités internationales concernant la fabrication, l'essai et la fourniture de composants encouragent la commercialisation des RHTGR.

Royaume-Uni, Allemagne et Etats-Unis. Des réacteurs refroidis par gaz sont en exploitation depuis de nombreuses années. Au Royaume-Uni, l'électricité nucléaire provient surtout de réacteurs Magnox refroidis par CO₂ et de réacteurs avancés refroidis par gaz. D'autres pays ont aussi entrepris



Page 16: Parmi les réacteurs avancés qui sont en développement dans le monde figurent (dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du coin supérieur gauche) le réacteur avancé à eau bouillante, au Japon; le réacteur AP-600, aux Etats-Unis; le réacteur CANDU-9 à eau lourde, au Canada; et le réacteur européen à eau sous pression, en France et en Allemagne. Page 17: Schéma du réacteur surgénérateur rapide BN-600, en Russie; schéma du réacteur expérimental à haute température, au Japon, et photo illustrant l'état des travaux sur le site du réacteur HTR-10, en Chine. (Sources: TEPCO; Westinghouse; EAEL; NPI; Minatom; JAERI)





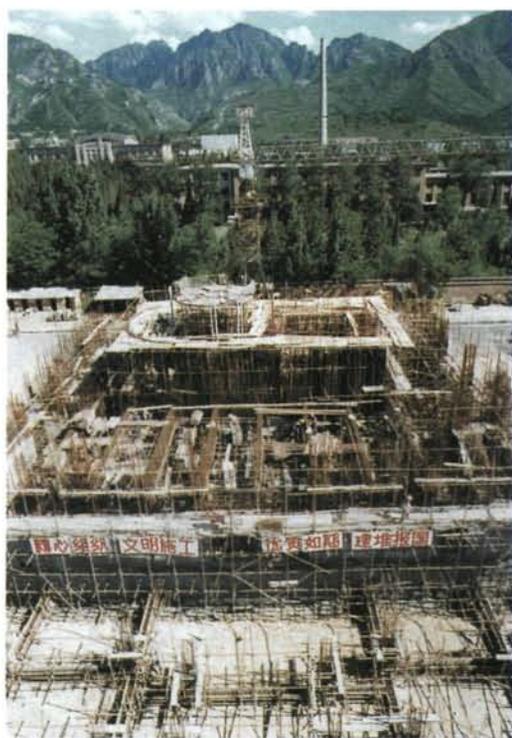
de développer des réacteurs à haute température refroidis par hélium et modérés par graphite. Le réacteur AVR de 13 MWe fonctionne bien depuis 21 ans en Allemagne et témoigne de la validité de la technologie des RHTRG pour produire de l'électricité. Parmi les autres réacteurs refroidis par hélium et modérés par graphite, on peut citer le réacteur à haute température au thorium de

300 MWe, en Allemagne, ainsi que les centrales de Peach Bottom de 40 MWe et de Fort St. Vrain de 330 MWe, aux Etats-Unis.

Afrique du Sud. En Afrique du Sud, la grande compagnie nationale d'électricité Eskom, qui possède une puissance installée de quelque 38 000 MWe, procède actuellement à l'évaluation technique et économique d'un réacteur modulaire à lit de boulets refroidi par hélium qui serait couplé directement à une turbine à gaz, afin de voir si elle peut ainsi augmenter la capacité de son réseau.

Chine et Japon. En Chine et au Japon, des réacteurs expérimentaux pouvant atteindre des températures de sortie du cœur de 950 °C sont en construction pour la production de chaleur industrielle. La construction du réacteur chinois à haute température (HTR-10) à l'Institut technologique de l'énergie nucléaire (INET) se poursuit et la première divergence est prévue pour 1999. Ce réacteur à lit de boulets de 10 MWth servira à tester et à confirmer la technologie et les caractéristiques de sûreté du RHTRG que l'INET est en train de développer pour évaluer une vaste gamme d'applications. Celles-ci comprennent la production d'électricité, la production de vapeur et le chauffage urbain, l'exploitation en cycle combiné avec turbines à vapeur et à gaz, ainsi que la production de chaleur industrielle pour le reformage du méthane. Le HTR-10 est le premier RHTRG à être autorisé et construit en Chine.

Le point central du programme japonais de R-D sur les RHTRG est l'achèvement du réacteur expérimental à haute température (HTTR) du JAERI à Oarai. Ce réacteur de 30 MWth refroidi



par hélium servira à établir et à améliorer la technologie en vue de développer des RHTRG avancés, et à démontrer l'efficacité de certains systèmes utilisant la chaleur haute température. Après le chargement du combustible dans le HTTR, la première divergence devrait avoir lieu d'ici la fin de l'année. Le programme d'essais de démarrage du HTTR se poursuivra ensuite tout au long de 1998.

Aperçu des programmes de développement de réacteurs refroidis par métal liquide

Plusieurs pays développent depuis de nombreuses années des réacteurs rapides refroidis par métal liquide (RRRML). Vingt RRRML, y compris cinq prototypes dont la puissance électrique varie entre 250 et 1 200 MWe, ont déjà été construits et sont en service. Ils représentent environ 280 années-réacteur d'expérience d'exploitation.

Dans la plupart des cas, l'expérience générale a été très satisfaisante. En France, le redémarrage et l'exploitation stable du réacteur Superphénix, le premier grand réacteur rapide de démonstration de 1 200 MWe, est une réalisation importante de la technologie des RRRML. En Russie, le réacteur rapide BN-600 de démonstration de 600 MWe fonctionne bien depuis 16 ans et son taux de charge moyen est de 77 %. Des efforts considérables ont été déployés depuis quelques années en France, en Fédération de Russie, au Japon, aux Etats-Unis et en Inde pour réduire les coûts d'investissement des RRRML avancés. Les derniers modèles, tel le réacteur rapide européen (RRE), sont près de confirmer leur compétitivité économique par rapport aux autres filières.

D'importants programmes de développement technologique des RRRML se poursuivent dans plusieurs pays, notamment en France (en coopération avec des programmes plus limités en Allemagne, au Royaume-Uni et ailleurs en Europe), au Japon, en Inde et en Fédération de Russie. Dans quelques autres pays, les activités continuent aussi à un niveau moindre.

A court et moyen terme, la souplesse des RRRML pourrait être utilisée pour gérer le plutonium et les déchets radioactifs, aussi bien que pour répondre à d'autres objectifs futurs. Selon la géométrie et la composition de leur cœur, les réacteurs rapides, à un niveau de puissance et pour une taille de cœur donnés, peuvent soit augmenter, maintenir ou diminuer la quantité de transuraniens. Grâce à cette souplesse, la charge de combustible des réacteurs rapides peut être configurée ou composée différemment pour produire des rapports de conversion des transuraniens inférieurs ou supérieurs à 1. Si le rapport de conversion est supérieur à 1, le réacteur devient surgénérateur et produit des matières fissiles qui peuvent satisfaire à une demande accrue de combustible

(de puissance) nucléaire. S'il est inférieur à 1, le réacteur rapide devient un incinérateur et peut réduire les quantités existantes de matières fissiles (et d'actinides).

Chine. En Chine, la recherche fondamentale sur les RRRML a commencé en 1964. Jusqu'en 1987, les principaux travaux ont porté sur la neutronique, la thermohydraulique et la technologie du sodium. En 1991-1992, l'étude conceptuelle du réacteur rapide expérimental chinois de 15 MWe a été achevée et, en 1992-1993, elle a été optimisée. Depuis 1993, un travail important est consacré à l'élaboration d'un projet détaillé.

France. En France, l'introduction commerciale des RRRML est retardée. En revanche, l'application d'un autre aspect important de ces réacteurs, qui peuvent servir à transmuter les déchets à vie longue et à incinérer le plutonium, est en cours de développement. Les programmes de travail actuels sur les réacteurs Superphénix, de 1 200 MWe, et Phénix, de 350 MWh, sont conçus dans cette perspective. L'objectif d'un allongement d'environ 10 ans de la durée de vie du réacteur Phénix est de permettre d'exécuter les expériences d'irradiation nécessaires.

Inde. En Inde, un réacteur surgénérateur rapide expérimental est en service. Les principaux programmes techniques portent sur le développement du combustible, l'irradiation de matériaux et la technologie du sodium. L'introduction des réacteurs surgénérateurs rapides est liée à leur acceptabilité économique. On a maintenant choisi les caractéristiques techniques de base du futur prototype de 500 MWe. L'accent portera, en 1997-1998, sur la conception détaillée, les études techniques, la technologie du sodium et la technologie des matériaux. Un objectif important sera de réduire les délais de construction.

Japon. Au Japon, le prototype «Monju», de 280 MWe, a divergé pour la première fois en avril 1994 et a été couplé au réseau en août 1995. L'exploitation du réacteur a été interrompue en décembre 1995 à la suite d'une fuite dans le circuit secondaire, non radioactif. L'étude du surgénérateur rapide de démonstration de 660 MWe, dont la construction devrait commencer au début du siècle prochain, se poursuit. En dehors de ce courant dominant du travail de développement, des études sont en cours sur l'élaboration de technologies capables de répondre aux divers besoins de la société future, comme la réduction des impacts écologiques et l'assurance de la non-prolifération nucléaire, ce qui élargit le champ des options technologiques.

République de Corée. La République de Corée prévoit d'achever l'étude conceptuelle de son premier réacteur surgénérateur rapide, le projet Kalimer de 330 MWe, avant 2001. La construction est prévue de telle façon que la première divergence ait lieu en 2011.

Fédération de Russie. L'expérience de la Russie en matière d'exploitation de réacteurs rapides expérimentaux et de prototypes (BR-10, BOR-60 et BN-600) est très bonne. Les efforts portent sur l'amélioration de la sûreté et de la fiabilité, afin de rendre les RRRML compétitifs sur le plan économique par rapport aux autres sources d'énergie. Bien que ces efforts risquent de prendre du temps, l'utilisation des RRRML est prévue à court terme pour incinérer le plutonium et les actinides mineurs.

Etats-Unis. En 1993, le Gouvernement des Etats-Unis a indiqué qu'un financement fédéral pour le développement de réacteurs n'était justifié que pour des projets présentant un intérêt commercial à court terme. En conséquence, les programmes de RRRML avancé et de réacteur rapide intégral ont été interrompus. Toutefois, General Electric continue son programme d'études et de développement des technologies en question, en collaboration avec des partenaires d'outre-mer.

L'AIEA et l'appui au développement de la technologie électronucléaire

L'AIEA sert de forum international qui permet aux experts du monde entier d'échanger des informations techniques et scientifiques relatives aux programmes nationaux, aux tendances concernant la sûreté et les besoins des utilisateurs, aux incidences des objectifs de sûreté sur la conception des centrales et à la coordination des programmes de recherche concernant la technologie des réacteurs avancés.

Les activités dans les domaines du développement de la technologie électronucléaire sont basées sur les conseils des groupes de travail internationaux (GTI) qui sont des comités composés de représentants des programmes nationaux et des organisations internationales pour chaque grande filière de réacteurs.

Dans le cadre de ses activités pour favoriser l'échange d'informations, l'AIEA vient de publier deux documents techniques intitulés *Status of Advanced Light Water Reactor Designs* et *Fast Reactor Database*. Cette année, les thèmes à l'étude sont les améliorations à apporter aux composants et les technologies visant à renforcer la disponibilité et la fiabilité des réacteurs actuels et futurs.

Améliorer la communication. Des expressions comme «concept évolutionnaire», «concept passif» et «concept innovant» ont largement été employées pour décrire les centrales nucléaires avancées mais, en général, elles n'ont pas été définies au préalable et ont même été utilisées quelquefois de façon incohérente. Vu l'importance de la communication avec le public et la communauté technique, il est souhaitable que les termes décrivant les diverses catégories de modèles avancés soient

cohérents et fassent l'objet d'un consensus international.

En 1991, s'inspirant des conseils d'organismes d'étude, d'instituts de recherche et d'organismes gouvernementaux, l'AIEA a publié un document intitulé *Termes relatifs à la sûreté des centrales nucléaires avancées*, qui est largement utilisé. S'inspirant de la même approche, l'AIEA a publié plus récemment *Terms for Describing New Advanced Nuclear Power Plants*, dont le but est de clarifier le sens des termes, en distinguant entre les divers types de concepts selon leur degré de maturité, par exemple en indiquant s'ils représentent un développement, avec des caractéristiques non encore testées, ou s'ils sont évolutionnaires en ce sens qu'ils retiennent de nombreuses caractéristiques éprouvées des centrales existantes.

Recherche coordonnée. Les GTI conseillent l'AIEA sur l'établissement de programmes de recherche coordonnée dans des domaines d'intérêt commun. Ces efforts de coopération se font dans le cadre des programmes de recherche coordonnée (PRC) qui s'échelonnent normalement sur une période de trois à six ans et qui comprennent souvent des activités expérimentales. Ces PRC permettent de partager les efforts à l'échelle internationale et de tirer avantage de l'expérience et des compétences des chercheurs des instituts participants.

L'AIEA a coordonné, par exemple, des travaux pour collecter et normaliser une base de données sur les propriétés thermophysiques à des températures très variables d'un vaste éventail de matériaux qui sont utilisés dans des réacteurs à eau ordinaire et à eau lourde. Cette base de données a été diffusée. S'agissant des réacteurs refroidis par métal liquide, les résultats des activités de coopération sur le comportement des matériaux ont également été publiés récemment. Dans d'autres programmes de coopération, l'AIEA a établi des séries de relations thermohydrauliques pour les réacteurs refroidis par eau et les réacteurs refroidis par métal liquide qui peuvent servir à analyser la performance et la sûreté des réacteurs. Dans le domaine des réacteurs refroidis par gaz, on s'est surtout préoccupé des quatre domaines techniques spécifiques où devraient émerger, selon les prévisions, des RHTRG avancés dont le niveau de sûreté serait plus élevé, mais qu'il reste à confirmer. Ces domaines techniques comprennent: le comportement neutronique sûr du cœur du réacteur; le recours aux particules combustibles enrobées de céramique pour retenir les produits de fission même en conditions accidentelles extrêmes; la capacité de dissiper la chaleur de désintégration par des mécanismes naturels de transport thermique, ainsi que le comportement sûr du combustible et du cœur du réacteur en cas d'agressions chimiques (entrée d'air ou d'eau). Les activités liées aux applications des RHTRG portent principalement sur la conception et

Concept avancé

Différents types de nouvelles centrales nucléaires sont actuellement en développement et sont généralement appelés «réacteurs avancés». Un concept de centrale avancé est un concept intéressant dont on attend des améliorations par rapport aux concepts actuels ou plus anciens. Les concepts avancés comprennent les concepts évolutionnaires et ceux qui supposent d'importants efforts de développement, allant de modifications moyennement importantes des concepts existants jusqu'à des concepts entièrement nouveaux. Ils se distinguent des concepts évolutionnaires en ceci qu'ils nécessitent un prototype ou une installation de démonstration, ou que le travail n'est pas assez avancé pour déterminer si une telle centrale est nécessaire.

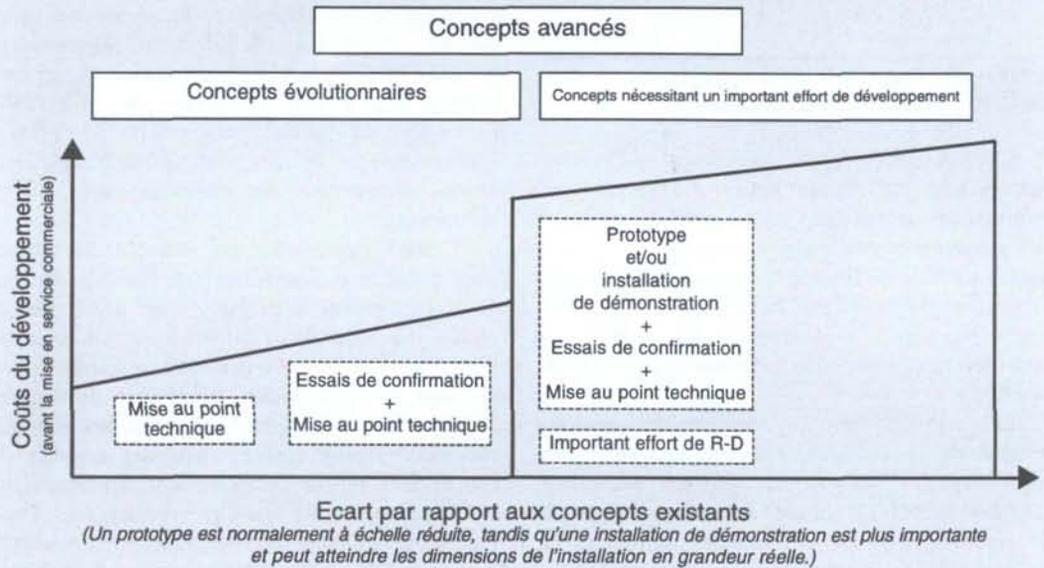
Concept évolutionnaire

Un concept évolutionnaire est un concept avancé qui apporte des améliorations par rapport aux concepts existants grâce à des modifications faiblement ou moyennement importantes avec un effort marqué pour conserver les caractéristiques éprouvées afin de réduire les risques technologiques au minimum. Le développement d'un concept évolutionnaire exige tout au plus de la mise au point technique et des essais de confirmation.

Concept innovant

Un concept innovant est un concept avancé qui incorpore des modifications radicales de la logique de conception ou de la configuration des systèmes par rapport à la pratique existante. Un important effort de R-D, des tests de faisabilité, ainsi qu'un prototype ou une installation de démonstration sont probablement nécessaires.

Importance et coûts du développement de concepts avancés en fonction de l'écart par rapport aux concepts existants



l'évaluation des systèmes d'utilisation de la chaleur pour le HTTR japonais.

Toutes ces activités témoignent de la coopération mondiale pour développer des filières avancées de réacteurs nucléaires. A mesure que les plans nationaux progressent et que de nouvelles centrales sont introduites, on peut s'attendre à voir les aspects économiques, la fiabilité et la sûreté

des centrales s'améliorer encore. Par le truchement de ses GTI, l'AIEA encouragera les échanges internationaux d'informations sur les techniques non commerciales et la recherche coordonnée. Elle aidera aussi les pays à harmoniser les besoins des utilisateurs et à conserver les données technologiques clés sur les systèmes électronucléaires avancés.