

Les centrales nucléaires de l'avenir: harmoniser les impératifs de sûreté

Une coopération féconde met en vedette les caractéristiques techniques des réacteurs nucléaires de demain

par Leonid Kabanov

Les centrales nucléaires actuelles dont la conception et l'exploitation se conforment aux objectifs et aux critères en vigueur sont très sûres. Bien que la majorité d'entre elles aient un bon dossier de sûreté, les spécialistes discutent beaucoup des moyens de faire encore mieux.

Plusieurs raisons expliquent cette quête de l'excellence. En premier lieu, toute industrie cherche à améliorer sa sûreté et son rendement. Pour l'industrie nucléaire, il s'agit de relever le niveau de sûreté des installations en exploitant l'expérience acquise pendant maintes années de réacteurs et lors des accidents. Par ailleurs, les problèmes de sûreté sont détectés grâce à la recherche, aux essais et autres analyses, telle l'évaluation probabiliste de la sûreté (EPS). En second lieu vient le souci de maintenir à son minimum actuel le risque que le nucléaire peut représenter pour le public à mesure que les centrales nucléaires se multiplient; en troisième lieu, celui de réduire encore la probabilité et les conséquences d'un important rejet de radioactivité hors du site. Si l'on minimise ce risque potentiel pour la santé publique, les mesures de protection à l'extérieur du site deviennent moins impératives. Enfin, l'amélioration de la sûreté est, dans certains pays, une condition préalable de l'acceptation par le public du lancement ou de l'expansion d'un programme nucléaire.

En 1992, le Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG), chargé de donner des avis au Directeur général de l'AIEA, a proposé des mesures qui visent à renforcer la sûreté des futures centrales nucléaires et se fondent sur de nouveaux concepts de sûreté, en ce qui concerne notamment les facteurs humains et les caractéristiques spécifiques de conception*.

A propos des facteurs humains, les propositions précisent que la conception doit faciliter la tâche de l'exploitant, tenir compte des modalités d'exploitation et de maintenance, et moins reposer sur l'intervention rapide des opérateurs, afin de laisser à ceux-ci plus de temps pour prendre les mesures de sûreté, ce qui renforce la protection contre tout rejet éventuel de radioactivité dans l'environnement.

Quant à la conception de l'installation, les propositions recommandent en particulier de réduire la probabilité d'un accident grave et d'en atténuer les effets, de prévoir un confinement résistant aux pressions et aux températures qui caractérisent ce genre d'accident, d'assurer une protection suffisante contre le sabotage et les attaques aux armes classiques, et d'envisager des dispositifs de sûreté passifs obéissant à des forces naturelles, telles que la convection et la pesanteur, afin que les fonctions de sûreté soient moins dépendantes de systèmes et de composants actifs tels que les pompes et les vannes.

En fait, certains de ces éléments sont déjà incorporés dans les centrales modernes en construction ou récemment mises en service. D'autres encore sont inclus dans les plans des centrales actuellement à l'étude.

Le présent article décrit l'activité internationale visant à élaborer les objectifs et principes de sûreté auxquels devront répondre les centrales nucléaires de l'avenir, et orientée vers une harmonisation des doctrines de sûreté afin de garantir le haut degré de sûreté des futurs réacteurs.

Les centrales nucléaires de l'avenir

Centrales «de la nouvelle génération», «de pointe» ou «de l'avenir» sont autant d'expressions couram-

M. Kabanov est chef de la Section de la sûreté au stade des études, Division de la sûreté nucléaire.

* Voir *The Safety of Nuclear Power*, INSAG-5, publié par l'AIEA (1992).

ment et indifféremment utilisées, dans cet article comme ailleurs, pour désigner les installations conformes aux objectifs et principes de sûreté nationaux et internationaux mis au point pour les réacteurs nucléaires de la prochaine génération.

Essentiellement trois prototypes nouveaux sont à l'étude:

- un réacteur refroidi et ralenti à l'eau;
- un réacteur rapide dont le fluide de refroidissement est un métal liquide, par exemple le sodium;
- un réacteur refroidi par un gaz, par exemple l'hélium, et ralenti au graphite.

Environ 85 % des réacteurs en exploitation sont refroidis à l'eau. La plupart des modèles dont l'étude est bien avancée le sont également. On en distingue deux types principaux: le réacteur à eau légère ralenti et refroidi à l'eau ordinaire et le réacteur à eau lourde qui utilise l'oxyde de deutérium (D_2O). Le réacteur à eau légère se présente à son tour sous deux formes: à eau bouillante et à eau sous pression. Deux versions du modèle de pointe, appelé parfois *évolutif*, sont à l'étude: un grand modèle d'une puissance de 1 300 à 1 500 mégawatts électriques (MWe) et un modèle moyen de 600 MWe environ. Le réacteur à eau lourde, étudié surtout par l'Energie atomique du Canada, existe aussi en deux versions, l'une de 900 MWe et l'autre de 500 environ.

Le réacteur à eau légère de grande puissance est étudié en plusieurs versions, dont certaines par divers pays travaillant en collaboration. Ces grandes unités sont analogues à celles qui sont en service mais comportent des perfectionnements (sûreté, commande, etc.) et des particularités de conception leur permettant de mieux résister aux accidents graves. Citons, aux Etats-Unis, le réacteur de pointe à eau bouillante de 1 300 MWe de General Electric et le système 80+ de 1 300 MWe de ABB Combustion Engineering, et le modèle européen de 1 500 MWe de Nuclear Power International, établissement franco-allemand. Les rapports définitifs d'évaluation de la sûreté et d'homologation de la conception des deux réacteurs américains ont été publiés en 1994 par la Commission de réglementation nucléaire des Etats-Unis.

La seconde version du réacteur de pointe à eau légère retient pour l'essentiel la technologie actuelle, avec toutefois d'importantes modifications pour lui incorporer maintes caractéristiques de sûreté passive. Citons, aux Etats-Unis, le réacteur passif de pointe à eau sous pression (AP-600) de 600 MWe de Westinghouse et le réacteur simplifié à eau bouillante (SBWR) de 600 MWe de General Electric, et le VVER-640 (V-407) de 640 MWe de Atomenergoprojekt et Gidropress, en Russie. La Commission de réglementation nucléaire examine actuellement l'AP-600 et le SBWR en vue de l'homologation de leur conception, et le VVER-640 en est au stade de son homologation préliminaire par Gosatomnadzor, organisme de réglementation russe.

Sur le plan de la sûreté des centrales, ce processus *évolutif* de développement est largement accepté. Dans le même temps, on discute sur le point de savoir s'il y a lieu de lancer une génération de réacteurs *innovateurs* d'une conception tout à fait nouvelle visant à prévenir les accidents graves. Les projets ne sont encore que des ébauches et leur développement pose en particulier des problèmes de financement et de capacité technique pour l'essai et la vérification des conceptions.

L'harmonisation des objectifs de sûreté

Nombre de pays et d'organisations participent à l'effort mondial pour harmoniser les objectifs de sûreté des centrales nucléaires de l'avenir. Outre l'AIEA, des organisations intergouvernementales, dont l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE) et la Commission européenne, sont très engagées dans cette activité.

Une des tâches de l'AIEA consiste à élaborer des normes de sûreté pour toutes les activités nucléaires. Pour le secteur nucléo-électrique, ces normes, mises au point avec l'aide d'Etats Membres, visent notamment à concilier les points de vue et à aboutir à un consensus. Les normes agréées sont hiérarchisées sur quatre plans: au sommet, les Fondements de la sûreté; ensuite, les Normes de sûreté (codes NUSS), puis les guides de sûreté et, enfin, les pratiques de sûreté.

L'échange d'informations sur la recherche en sûreté nucléaire se fait au sein des groupes de travail de l'AEN/OCDE. Le groupe de travail sur la sûreté des réacteurs de la Commission européenne, composé des représentants de services de réglementation, de fournisseurs et d'exploitants, participe activement à l'échange d'informations et facilite l'harmonisation des règles et directives qui président à la conception et à l'exploitation des centrales. Divers organismes de réglementation procèdent également à des échanges bi- et multilatéraux, souvent parrainés par l'AIEA, l'AEN/OCDE et le groupe de travail sur la réglementation nucléaire de la Commission européenne.

L'Institut de protection et de sûreté nucléaires (IPSN, France) et la Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS, Allemagne) se sont efforcés tout spécialement d'harmoniser le traitement de la sûreté, notamment en publiant, en 1993, le document *GPR/PSK Proposal for a Common Safety Approach for Future Pressurized Water Reactors*.

Nombre d'exploitants sont soucieux de préciser leurs besoins et leurs objectifs en ce qui concerne les centrales nucléaires de l'avenir. Pour ce faire, maintes compagnies ont envisagé une coopération au niveau tant national qu'international. En 1985, les exploitants américains ont lancé un programme.

Celui-ci, géré par l'Institut de recherche sur l'énergie électrique, englobe tout le secteur en vue d'établir les fondements techniques de la conception du réacteur de pointe à eau légère, et compte sur la participation et l'appui de plusieurs compagnies internationales, ainsi que sur l'étroite collaboration du Département de l'énergie des Etats-Unis. Il est fondé sur un document qui présente les exigences des compagnies en matière de conception; les Européens font de même de leur côté.

Cette démarche vise à faire connaître les desiderata des compagnies, y compris les objectifs de sûreté qu'elles ont fixés, pour faciliter l'homologation des réacteurs de conception nouvelle. Le document américain, par exemple, fait l'exposé complet des desiderata des compagnies en ce qui concerne la prochaine génération de centrales nucléaires, en insistant sur les directives de sûreté relatives au réacteur de pointe à eau légère. Celles-ci prévoient une étude intégrée de la sûreté fondée sur le concept de défense en profondeur et comportant trois niveaux de sûreté qui se recoupent: la résistance aux accidents, la prévention de l'endommagement du cœur et l'atténuation de l'impact des accidents. Les spécifications essentielles de conception pour la sûreté sont élaborées à partir des directives de sûreté énoncées pour chaque niveau de protection et pour un modèle de réacteur déterminé.

Le document européen émane des principaux exploitants et associations de producteurs d'électricité d'Europe et résume les exigences communes relatives aux futurs réacteurs à eau légère d'Europe. Son intention est de faciliter l'harmonisation, notamment des objectifs et exigences de la sûreté.

De nombreux exploitants d'Asie, d'Europe et d'Amérique du Nord ont participé à la rédaction et à la révision des deux documents qui, tout en exposant les desiderata concernant en général l'ensemble de la centrale, traitent plus spécifiquement des objectifs de sûreté et du détail des approches de la sûreté. On peut voir dans cet effort une importante contribution à l'harmonisation de ces objectifs et approches dans le monde entier.

L'apport de l'AIEA

La participation de l'AIEA dans ce domaine a été activée en 1991 par une résolution de sa Conférence générale l'invitant à mettre au point des principes de sûreté pour la conception des futures centrales nucléaires, selon une approche progressive fondée notamment sur les travaux de l'INSAG.

Depuis lors, l'Agence a organisé une série de réunions visant à obtenir un accord sur des définitions, une terminologie et une classification concernant la sûreté des réacteurs de l'avenir, et à préciser les améliorations souhaitables de la sûreté et les sujets intéressant l'élaboration de nouveaux principes. Les parties des rapports de l'INSAG traitant

des principes de sûreté pour les futures centrales ont été examinées et les passages appelant des précisions ou un plus ample développement ont été notés.

En juin 1995, à la suite de l'étude de l'INSAG et des observations reçues des Etats Membres, l'Agence a publié un document technique intitulé *Development of Safety Principles for the Design of Future Nuclear Power Plants* (IAEA-TECDOC-801) proposant une mise à jour des objectifs et principes de sûreté en vigueur, qui servirait à élaborer ceux qui devraient s'appliquer à la conception des futures centrales nucléaires. Ce document sera donc utile aux bureaux d'étude de réacteurs, aux propriétaires, aux exploitants, aux chercheurs et aux organes de réglementation. La proposition vise à donner des directives générales qui, consciencieusement appliquées, permettront d'améliorer les caractéristiques de sûreté des réacteurs à l'étude par rapport à celles des réacteurs en exploitation. Elle est issue de l'expérience acquise dans nombre de domaines — exploitation des centrales, recherche et développement, conception, essais et analyses, sans oublier les initiatives obéissant à l'évolution actuelle de la conception des réacteurs, telle l'adoption de nouvelles technologies. Elle contribue ainsi à la réalisation du consensus international sur un ensemble de principes techniques applicables à la conception des réacteurs futurs. Le document s'appuie sur les objectifs et principes agréés formulés par l'INSAG dans son rapport sur les Principes fondamentaux de sûreté pour les centrales nucléaires, publiés par l'AIEA en 1988. Selon les définitions, les objectifs sont ce qu'il faut atteindre, tandis que les principes indiquent comment y parvenir.

Les objectifs et principes applicables aux centrales d'aujourd'hui valent également, dans une large mesure, pour celles de l'avenir. Cela dit, le document technique de 1995 propose certaines modifications des objectifs techniques et quelques nouveaux principes. Le point essentiel est que les accidents plus graves que l'accident de référence actuel devront être systématiquement pris en considération et expressément traités au cours de l'étude technique des futurs réacteurs.

Le document souligne également qu'il faut réduire davantage encore le risque d'effets radiologiques graves et faire en sorte que l'intervention rapide hors du site devienne moins impérative ou même inutile. La défense en profondeur demeure la principale stratégie pour faire face à un accident grave dans les centrales nucléaires à venir et implique des mesures efficaces de prévention et d'atténuation.

L'intensification de la coopération

Dans plusieurs domaines, un surcroît d'efforts est nécessaire pour harmoniser les solutions techniques et les directives concernant les centrales nucléaires

futures. Dans la plupart des cas, les possibilités sont bonnes, dans d'autres, non. Les domaines non rationalisés le resteront pendant longtemps encore vu que la géographie, la culture, la politique et la réglementation varient considérablement d'un pays à l'autre. Dans d'autres domaines, il est probable que les forces du marché maintiendront une certaine souplesse.

Dans l'ensemble, une coopération plus étroite est indispensable pour corriger les décalages sur le plan de la technique et de la politique. Une harmonisation plus poussée ne manquerait pas d'améliorer la sûreté, le coût et la disponibilité des futures centrales et rendrait probablement la procédure d'homologation plus cohérente et efficace. Elle pourrait aussi favoriser indirectement l'acceptation par le public. Si les spécialistes de la sûreté, les responsables de la réglementation et les organisations exploitantes du monde entier se mettaient d'accord sur un ensemble d'objectifs et de principes techniques, leurs conclusions n'en seraient que plus convaincantes.

Il existe des possibilités certaines d'harmonisation en ce qui concerne l'évaluation de la sûreté et des accidents graves. Il faudrait d'abord que les nombreux organismes qui procèdent à cette dernière se mettent d'accord sur des approches plus uniformes. Un effort concerté s'impose dans les domaines suivants:

- les EPS et leur rôle dans la décision en matière de sûreté, y compris le compromis entre les EPS, les méthodes déterministes et les considérations techniques;
- les méthodes et critères du choix des séquences d'accident grave à considérer lors de la conception des centrales futures;
- les méthodes et critères pour le traitement des incertitudes et la mise en pratique des directives qui exigent l'analyse de toutes les composantes d'un accident grave à considérer;
- les méthodes à suivre pour faire la distinction entre les accidents de référence analysés aux fins de l'homologation et les accidents graves également pris en considération pour la conception et pour la réglementation;
- les méthodes d'évaluation de la sûreté aux fins de l'homologation dans chaque pays, y compris la documentation technique nécessaire; il faudrait également considérer des mesures d'harmonisation propres à faciliter l'homologation d'une installation conçue selon les codes et les normes d'un autre pays;
- la rationalisation des méthodes d'évaluation du terme source et autres méthodes de calcul des conséquences radiologiques d'un accident.

A noter que les pratiques nationales dans le cas des dangers extérieurs varient considérablement. Leur harmonisation pour les centrales de l'avenir apparaît difficile car la nature et la gravité des dangers extérieurs sont étroitement liées au site.

La question des dangers extérieurs a acquis de l'importance depuis que la protection contre les dangers intérieurs a été améliorée.

En outre, il faudrait définir le haut degré de sûreté à atteindre afin de pouvoir fixer des objectifs de sûreté spéciaux pour les centrales nucléaires en rapport avec les problèmes plus généraux de protection de la santé publique et de sûreté qui se posent dans d'autres entreprises. Un pas dans cette direction a été fait par l'AIEA lorsqu'elle a publié son document technique intitulé *Policy for Setting and Assessing Regulatory Safety Goals* (IAEA-TECDOC-831) qui rend compte des débats d'un groupe de spécialistes de la réglementation de 22 Etats Membres.

Cet ouvrage témoigne de l'effort permanent de l'Agence pour faciliter un large débat international sur l'harmonisation des objectifs et des principes de la sûreté des futures centrales nucléaires, débat qui devrait permettre de tenir pleinement compte d'opinions diverses et variées et de les concilier dans le cadre d'une plus ample collaboration internationale dans cet important domaine.