

Réacteurs avancés dans les pays en développement: Point de vue chinois

Dans de nombreux pays, les besoins en énergie stimulent le développement de l'énergétique nucléaire

par Qian Jihui

La situation actuelle, les tendances du nucléaire dans le monde et, notamment, la stratégie de sa mise en œuvre proposée par l'AIEA pour les pays en développement indiquent une préférence marquée pour une nouvelle génération de centrales nucléaires se caractérisant par des coûts moindres, une simplicité accrue et un recours plus efficace aux dispositifs passifs de sûreté. Cette formule présente plusieurs avantages: elle est compétitive sur les marchés des pays industrialisés et rassurante pour leur public et, surtout, elle ouvre de grandes perspectives à l'implantation de centrales dans les pays en développement pour le siècle prochain.

Le taux de croissance de la demande énergétique des pays en développement est très supérieur à celui des pays industrialisés. Vu leurs ressources énergétiques limitées, de nombreux pays en développement ont lancé des programmes d'équipement nucléo-électrique qu'ils souhaitent ardemment mener à bien. Poursuivant son objectif de promotion des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire, l'AIEA étudie les moyens de les y aider. Elle a notamment lancé, en 1983, un projet sur les réacteurs de faible et moyenne puissance.

Dans le cadre de ce projet, une étude approfondie a souligné de façon explicite les besoins des pays en développement qui optent pour le nucléaire et l'importance du marché potentiel de ce secteur, sans omettre les difficultés que connaissent ces pays.

L'AIEA s'efforce, par ailleurs, de persuader les fournisseurs des pays industriels d'exploiter ces nouveaux marchés. Cependant, jusqu'au début des années 80, ils ne s'y sont guère intéressés, préférant se concentrer sur la demande de leurs pays. La concurrence, au niveau national, a provoqué un gonflement de la puissance des centrales qui a fini par atteindre ou même dépasser les 1000 mégawatts électriques (1000 MWe). Pour de nombreux pays en développement, il devenait donc très difficile de passer au nucléaire tout simplement parce que la capacité de leurs réseaux était insuffisante. De toute évidence, il leur fallait des réacteurs de faible ou

de moyenne puissance. Néanmoins, on ne s'est pas préoccupé de leur proposer des prix ou des délais de construction leur convenant.

Il faut reconnaître que les fournisseurs avaient peut-être de bonnes raisons de douter du marché des pays en développement. Ces derniers ne pouvaient guère assumer les frais d'investissement même en supposant des coûts proportionnels à ceux d'une grande centrale, donc relativement faibles pour des pays industrialisés. Or, les réacteurs de faible ou de moyenne puissance ne sont que des modèles réduits de grands réacteurs et, en vertu de la loi d'échelle, ils reviennent beaucoup plus cher, ce qui les rend inabordable pour les pays en développement.

Récemment, le ralentissement de la croissance de la demande intérieure et les préventions de l'opinion publique ont déprimé le marché du nucléaire dans les pays industrialisés, ce qui a incité les fournisseurs à s'intéresser aux pays en développement. En 1985, l'AIEA a réuni des renseignements sur 23 modèles de réacteurs de faible et moyenne puissance, plus ou moins développés et éprouvés. En dépit de l'intérêt et du soutien des pays industriels, on n'est pas parvenu, alors, à résoudre le problème principal.

Apparition de réacteurs avancés

Les pays en développement ont maintes raisons de s'intéresser aux réacteurs avancés:

- Parmi ces derniers, les plus intéressants sont ceux qui bénéficient d'une technologie éprouvée, d'innovations telles que l'emploi de dispositifs passifs de sûreté et de la modularisation sans comporter pour autant trop de perfectionnements. Ces réacteurs se caractériseront essentiellement par la simplicité de leur construction, de leur exploitation et de leur maintenance.
- L'investissement spécifique pour ces nouveaux modèles de réacteurs avancés de faible ou de moyenne puissance pourrait échapper à la loi d'échelle et ne pas être plus élevé que pour les grandes unités. S'il pouvait être sensiblement le même pour une centrale de 600 MWe que pour une centrale de 1000 MWe, le rapport entre le coût d'une centrale et sa taille deviendrait linéaire. Ce revirement marquerait l'histoire du nucléaire et aurait les conséquences les plus heureuses pour les pays en développement.

M. Qian Jihui, directeur du Centre du Sud-Ouest pour l'étude technique et la conception des réacteurs, en Chine, a été consultant scientifique, entre 1984 et 1987, de la mission permanente de son pays auprès de l'AIEA.

● Le renforcement de la sûreté des réacteurs avancés et l'adoption de dispositifs de sûreté passive peuvent avoir une influence décisive sur l'opinion publique des pays industrialisés, et intéresser plus encore les pays en développement, étant donné la faiblesse relative de leurs infrastructures. C'est à juste titre que l'on s'inquiète des risques inhérents à la complication des centrales nucléaires actuelles, car, si l'on devait les construire en grand nombre dans les pays en développement, la probabilité d'accidents graves se trouverait accrue, mettant en péril le développement de l'énergie nucléaire dans le monde entier. En effet, où qu'il se produise, l'accident nucléaire a des répercussions partout.

De toute évidence, les pays en développement souhaitent que de nouveaux types de réacteurs avancés fassent leur apparition sur le marché le plus tôt possible et nombre d'entre eux les adopteront probablement, après l'an 2000, dans la gamme des faibles et moyennes puissances.

L'énergie d'origine nucléaire en Chine

Durant les dernières décennies, l'industrie nucléo-énergétique chinoise s'est considérablement développée. La puissance installée a été multipliée par 60 en 34 ans (1952-1986), ce qui correspond à un taux de croissance annuel moyen de 12,9%. Cette croissance rapide n'a pourtant pas permis de satisfaire la demande. Il aurait fallu produire de 45×10^9 à 50×10^9 kWh supplémentaires par an en augmentant la capacité de production de 12 gigawatts électriques (GWe). Selon les projections, il faudrait l'augmenter d'au moins 9 GWe par an, pour atteindre à la fin du siècle un total de 230 GWe, dont 140 seraient assurés par des centrales au charbon, ce qui porterait la consommation de charbon pour la production d'électricité à plus de 4×10^8 tonnes par an. Jusqu'à l'an 2000, la production annuelle de charbon devrait dépasser 13×10^8 tonnes, mais 3×10^8 tonnes seulement seront disponibles chaque année pour la production d'électricité. Même si elle augmente sa production hydroélectrique, la Chine connaîtra une grave pénurie d'électricité à la fin du siècle.

Jusqu'au début des années 80, les autorités et le peuple chinois ont douté de la nécessité de développer le nucléaire. Ils ont depuis adopté une attitude plus réaliste. La répartition irrégulière des ressources hydrauliques, la pollution engendrée par les centrales au charbon, la gravité des problèmes de transport, la pénurie de charbon et l'impossibilité de satisfaire la demande énergétique croissante des régions industrialisées de la côte du Sud-Est sont autant de facteurs qui ont convaincu les énergéticiens et les responsables chinois de la nécessité d'équiper le pays en nucléaire. Or, seuls les réacteurs avancés permettent de le faire rapidement.

Le programme nucléo-électrique chinois prévoit le raccordement au réseau d'une capacité de 6 à 7 GWe pour la fin du siècle.

Les réacteurs seront pour la plupart à eau sous pression (PWR) et, dans un premier temps, on prévoit d'en construire plusieurs de 600 MWe, d'un type normalisé, en augmentant graduellement la participation chinoise afin de réduire les dépenses d'investissement. Pour des raisons économiques, les autorités chinoises envisagent

pour l'avenir des PWR de 1000 MWe, mais aucune décision n'a encore été prise.

Malgré les graves accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl, les autorités chinoises ont clairement affirmé le maintien de leur programme énergétique nucléaire. La Chine ne connaît guère de doutes quant à la sûreté des techniques nucléaires modernes et l'opposition n'y est pas aussi générale que dans les pays occidentaux. Il n'en demeure pas moins que les questions de sûreté pèseront de tout leur poids sur le développement du secteur. Les responsables chinois sont parfaitement conscients de l'importance de la sûreté et tiennent à assumer leur part de responsabilité au sein de la communauté internationale. L'accent est mis sur l'étude de l'expérience acquise, la coopération avec l'étranger et la gestion intégrée au niveau du gouvernement central. En somme, les Chinois estiment que l'équipement nucléaire exige plus de précautions que d'autres industries dont le pays a aussi urgemment besoin. Il s'agit là d'une politique pleine de sagesse.

La priorité accordée aux problèmes de sûreté influera sur les coûts. Les systèmes de sûreté et les protections des nouvelles centrales étant de plus en plus complexes, les prescriptions concernant la construction, l'exploitation, la maintenance et la direction des centrales nucléaires sont plus strictes et plus élaborées. En outre, il faut prévoir, pour les cas d'accident grave même fort improbable, des plans et dispositifs d'intervention très détaillés. Ces précautions augmentent considérablement le coût des centrales nucléaires actuelles. En Chine, l'investissement dans une centrale au charbon est relativement modeste, tandis que le coût des centrales nucléaires devient prohibitif. Aussi les autorités hésitent-elles à s'engager plus résolument dans le nucléaire. Des études économiques montrent en effet que, si le coût d'une centrale nucléaire pouvait être maintenu à moins du double de celui d'une centrale au charbon de taille équivalente, le parc nucléaire se développerait rapidement.

L'étude des réacteurs avancés en Chine

En 1986, le Centre de génie nucléaire et d'étude de réacteurs de la province du Sud-Ouest a mis au point un programme de développement de réacteurs PWR avancés, et créé un groupe de recherche spécialement chargé de faire le point de la technologie moderne et de son évolution, et d'étudier pour la Chine un projet de centrale à réacteur PWR avancé de 600 MWe (AC-600) répondant aux conditions suivantes:

- Investissement initial d'environ 20% inférieur au prix de la centrale ST-600, équipée d'un PWR normal de 600 MWe, dont la construction est prévue à Qinshan (Chine).
- Facteur de disponibilité supérieur à 85%.
- Délais de construction de l'ordre de 4 ou 5 ans.
- Durée utile théorique de 60 ans.
- Cycle du combustible de 18 mois.
- Dose annuelle d'exposition professionnelle individuelle dans la centrale comprise entre 50 et 100 rems.
- Fréquence de fusion du cœur inférieure à $1,5 \times 10^{-6}$ par année-réacteur.

Pour atteindre ces objectifs, les recherches se concentrent sur trois points: le cœur du réacteur, les systèmes de sûreté passive et la simplification de la conception. Pour l'essentiel, l'AC-600 aura les caractéristiques techniques suivantes:

- La commande par dérive spectrale permettra de prolonger d'au moins 13% la durée du cycle du combustible, ce qui s'accompagnera d'une réduction de l'excédent de réactivité du cœur et d'une amélioration de la sûreté du réacteur.

- La puissance linéique des éléments combustibles sera de 12,26 kW/m, ce qui représente une réduction de 25% par rapport au modèle ST-600.

- Le cœur contiendra un poison consommable au gadolinium qui permettra de réduire encore l'excédent de réactivité et la concentration critique de bore, avec augmentation du coefficient négatif de la température. Cela améliorera la sûreté intrinsèque du réacteur et simplifiera les systèmes et les composants.

- Un réflecteur de neutrons radial composé de 80% d'acier et de 20% d'eau et une cuve agrandie, d'un diamètre de 4,3 mètres, réduiront la fluence des neutrons sur les parois de la cuve et porteront la durée utile nominale à 60 ans.

- Deux pompes à moteur gainé seront montées sur le circuit primaire de refroidissement à l'entrée de chaque générateur de vapeur. Il sera possible d'évacuer 25% de la puissance thermique nominale du cœur grâce au refroidissement par convection, facilité par la perte de charge réduite du circuit primaire et la plus grande élévation du générateur de vapeur par rapport au cœur du réacteur.

- Un réservoir d'eau d'alimentation de secours de 25 m³ et un échangeur atmosphérique de 750 m² sont reliés au circuit secondaire du générateur de vapeur pour que chaque boucle forme un sous-système passif de secours pour l'évacuation de la puissance résiduelle. Un refroidissement par circulation naturelle (50% du débit nominal pour la boucle primaire et 3,5% pour la boucle secondaire) permettra d'évacuer du réacteur la puissance résiduelle pendant les pannes générales d'alimentation.

- Deux réservoirs d'eau d'appoint de 40 m³ chacun et deux accumulateurs de même contenance permettront d'injecter automatiquement de l'eau borée dans le réacteur sans intervention des pompes, en cas de perte de réfrigérant primaire. L'AC-600 sera néanmoins doté d'un système actif d'injection de sûreté basse pression et de recirculation afin d'assurer la fiabilité du système de refroidissement du cœur en cas d'urgence.

- Un système passif de refroidissement assurera l'évacuation à long terme de la chaleur de l'enceinte de confinement.

Ces caractéristiques techniques devraient permettre de simplifier considérablement les systèmes et les composants de sûreté des centrales AC-600. Par exemple, le nombre de vannes est réduit d'environ 70%, l'instrumentation d'environ 50% et les pompes de 80% par rapport au modèle ST-600. On compte réduire ainsi d'au moins 15% le coût d'investissement d'une centrale AC-600.

Une première analyse permet de conclure que le coût global de l'AC-600 peut être réduit de 25% par rapport à celui du modèle ST-600. Le projet AC-600 démontre que, en simplifiant les systèmes, en réduisant le nombre de composants et en ayant recours à des lois naturelles, on peut faciliter la construction et l'exploitation et améliorer la fiabilité des systèmes. On a calculé que la probabilité de fusion du cœur de l'AC-600 est 100 fois moindre que pour ST-600, de sorte que la marge de sûreté de l'AC-600 est nettement plus grande.

Les premiers résultats des études de conception pour l'AC-600 sont très encourageants. Les autorités appuient vigoureusement le programme et le prochain plan quinquennal prévoit d'en poursuivre l'exécution. Si l'on parvenait à contenir les investissements initiaux nécessaires à une centrale AC-600 de sorte qu'ils soient moins importants ou du même ordre que ceux des centrales PWR actuelles de 1000 MWe, l'AC-600 pourrait alors fort bien devenir le réacteur le plus répandu en Chine, et cela pour longtemps.

Ce pays place en effet de grands espoirs dans le développement de réacteurs avancés. L'adoption de modèles conçus selon les principes de la sûreté passive permettrait non seulement d'augmenter la sûreté du nucléaire, mais aussi de simplifier les systèmes, de raccourcir les délais de construction et, par conséquent, de réduire considérablement les investissements. La mise au point d'un modèle de type avancé aurait un impact considérable sur le développement nucléo-énergétique en Chine. Les experts chinois suivent donc de près les recherches menées ailleurs dans le monde, notamment sur l'AP-600, aux Etats-Unis, et sur les réacteurs modulaires à haute température refroidis par gaz. Des programmes et des équipes de recherche ont été mis sur pied avec l'appui du Gouvernement. La Chine a déjà participé à diverses activités de coopération internationale dans ce domaine et elle continuera de le faire à l'avenir.

