

Vieillessement des centrales nucléaires et prolongation de leur durée utile: les problèmes de sûreté

Aperçu de la question et synthèse du colloque de l'AIEA de 1987

par Stanislav Novak et Milan Podest

L'expérience montre que les matériels des grandes centrales thermiques et des industries de transformation en général commencent à se dégrader après une dizaine d'années de service. Il en va de même des centrales nucléaires et il y a toutes raisons de penser que leur disponibilité et leur sûreté ne peuvent manquer d'en souffrir si les mesures nécessaires ne sont pas prises à temps.

Il va sans dire que les réacteurs de puissance en service dans les Etats membres de l'AIEA vieillissent donc eux aussi (*voir les graphiques*). En l'an 2000, plus de 50 centrales nucléaires seront en exploitation depuis au moins 25 ans, alors que la durée utile de ce genre d'installation se situe généralement entre 20 et 40 ans.

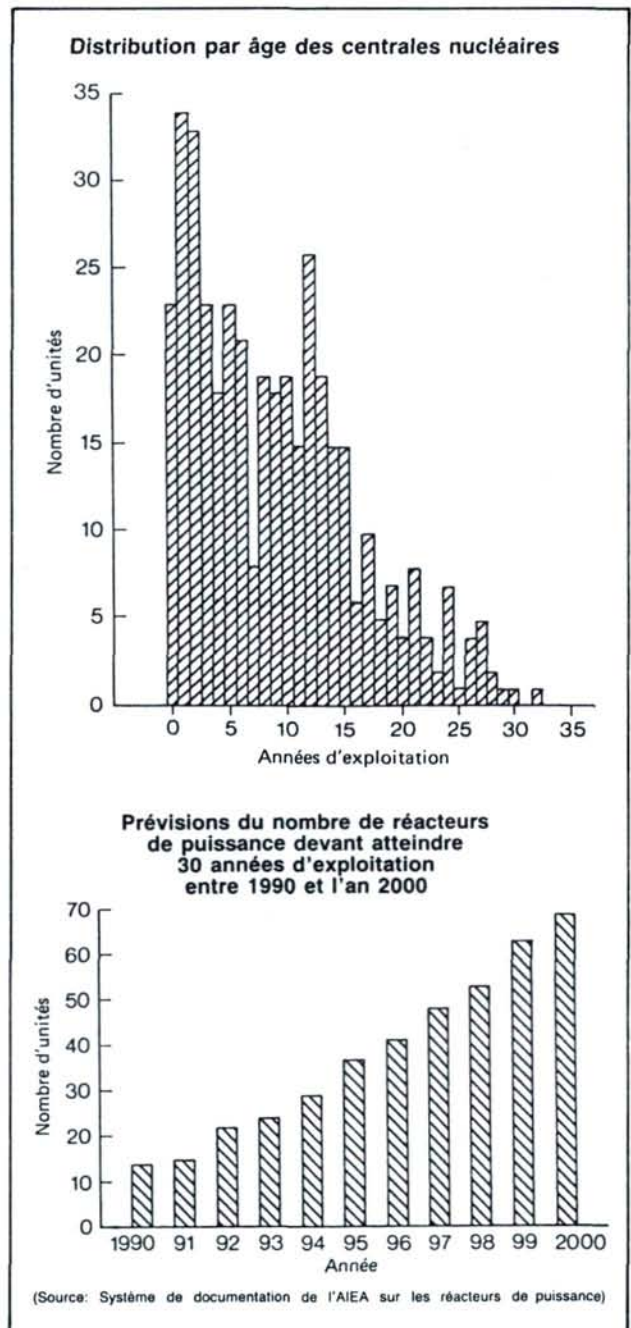
Le vieillissement se définit comme étant la détérioration progressive des matériaux due à l'exploitation des installations dans les conditions de fonctionnement tant normales que transitoires. Sur de longues périodes, il est courant d'observer en effet que certaines propriétés des matériaux se modifient graduellement, réduisant d'autant l'aptitude des divers composants, systèmes ou structures à remplir leurs fonctions. Cette évolution n'est pas toujours nocive, mais on constate que le processus se traduit le plus souvent par une baisse de rendement.

Tous les composants d'une centrale nucléaire subissent les effets du vieillissement et peuvent perdre partiellement ou totalement leur efficacité, qu'il s'agisse des composants actifs, dont la probabilité de défaillance augmente avec le temps, ou des composants passifs, dont les marges de sécurité se réduisent parfois jusqu'au minimum admissible.

Effets du vieillissement

Les plus importants sont les modifications des propriétés physiques, telle la conductibilité électrique, par exemple; la fragilisation sous irradiation ou contrainte thermique; le fluage; la fatigue; la corrosion qui facilite l'érosion et la fissuration; l'usure aggravée par les frottements, accompagnée de fissuration, ou due à la fatigue.

MM. Novak et Podest sont membres du Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires.



Ainsi entendons-nous par "vieillessement" le processus cumulatif qui se développe avec le temps dans un composant ou une structure sous l'effet des phénomènes énumérés ci-dessus. Ce processus assez complexe commence donc dès que le matériel sort de l'usine et se poursuit pendant toute la durée de son exploitation. Il importe d'en tenir compte quand on veut déterminer la durée utile d'une centrale ou sa prolongation. Aucune installation n'y échappe, qu'elle soit en construction ou encoconnée.

Sa rapidité dépend beaucoup des conditions d'exploitation et de la sensibilité des matériels à ces conditions. Aussi faut-il s'en soucier dès le stade des études en choisissant les matériaux les mieux adaptés, et continuer de s'en préoccuper pendant toute la vie de l'installation.

Le vieillissement peut influencer sur le rendement de la production d'électricité, mais il risque aussi de compromettre la sûreté si la détérioration de composants ou de structures essentiels n'est pas détectée avant qu'ils commencent à faiblir et si des mesures correctives ne sont pas prises à temps. Ce qu'il faut savoir, c'est comment le processus peut modifier la probabilité de défaillance des composants des systèmes appelés à intervenir dans les états transitoires et en cas d'accident, réduisant ainsi les marges de sécurité, et comment il peut provoquer ces événements.

Il y a de bonnes raisons de craindre qu'une défaillance ne se produise en fait simultanément dans des systèmes de sécurité redondants. La redondance (complétée par la diversification) est la principale protection contre les défaillances aléatoires du matériel et garantit qu'au moins une chaîne complète de dispositifs de sûreté est en état de fonctionner à tout moment en cours d'exploitation. Cette protection ne sera donc plus assurée si le matériel se dégrade au point que les systèmes redondants risquent de tomber en panne simultanément, ou au cours d'une période critique, sous l'effet des contraintes supplémentaires résultant d'un événement de référence.

Surveillance et détection

Les exploitants appliquent divers programmes ou méthodes pour prévenir, détecter, corriger et atténuer les défaillances des systèmes et composants, quelle qu'en soit la cause, y compris l'usure. Les moyens utilisés sont la maintenance préventive, la notification des événements importants et le contrôle périodique de la performance des installations. Ils sont constamment améliorés en fonction de l'expérience acquise et des connaissances nouvelles, et l'on peut dire que, dans l'ensemble, ils sont très efficaces.

Il y a quelques années encore, on ne voyait dans le vieillissement qu'une des maintes causes possibles des défaillances de composants. La recherche portait essentiellement sur les cas concrets de panne et autres problèmes de fonctionnement. Or, l'industrie, les organismes réglementaires et les organisations internationales ont bien dû constater depuis lors que l'accroissement de l'âge moyen des centrales nucléaires appelait un renforcement des programmes existants, en recourant aux techniques nouvelles, afin de traiter la question de façon plus systématique et dynamique. C'est pourquoi plusieurs Etats Membres ont entrepris un certain nombre

de programmes ou projets visant à étudier le phénomène de vieillissement ainsi que les nouvelles méthodes permettant de résoudre les problèmes qu'il pose. De là un nouvel effort pour revoir et perfectionner les méthodes de surveillance, d'essai et d'inspection permettant de détecter à temps les dommages dus au vieillissement.

Pour prévenir ou réparer ces dommages, il faut procéder à une analyse systématique des phénomènes en cause. Il conviendrait notamment de mettre au point des méthodes d'évaluation de leurs effets sur la performance des centrales. Il faudrait aussi mettre en œuvre des moyens efficaces d'inspection et de surveillance en cours d'exploitation pour déterminer la durée utile "effective" des composants, systèmes et structures, afin d'assurer en temps voulu la maintenance, la réparation ou le remplacement des organes défectueux, surtout en ce qui concerne les systèmes et composants importants pour la sûreté.

Colloque international

Tout comme la protection des centrales contre les effets du vieillissement, les incidences économiques de la prolongation de la vie des installations retiennent de plus en plus l'attention.

Aussi l'Agence a-t-elle organisé à Vienne, du 29 juin au 3 juillet 1987, le Colloque international sur les problèmes de sûreté posés par le vieillissement et l'entretien des centrales nucléaires*. Etant le premier à étudier la question, ce colloque se devait de réunir un large éventail de spécialistes — techniciens et administrateurs de centrales, organismes réglementaires, bureaux de consultants et d'architectes-ingénieurs, services techniques et administratifs des établissements fournisseurs, techniciens et administrateurs des services de maintenance y étaient représentés par 140 participants venant de 30 pays et trois organisations internationales. Voici un bref rappel des principales questions étudiées.

L'action à l'échelon national

Plusieurs pays ont entrepris des programmes d'étude visant à mieux connaître les phénomènes de vieillissement des centrales nucléaires et leurs conséquences possibles au niveau de la sûreté, afin de mettre au point des méthodes de détection et des mesures correctives. A titre d'exemple, on peut citer le programme de recherche de la Commission de la réglementation nucléaire des Etats-Unis prévoyant (1) la détermination des composants dont la dégradation influe fortement sur la sûreté; (2) l'examen des marges de sécurité de référence, des méthodes de vérification, de l'expérience d'exploitation, des expertises, et l'élaboration de méthodes de surveillance, d'inspection et de maintenance; (3) des études techniques comportant un contrôle de ces méthodes, l'examen du matériel en place, la collecte de données sur le matériel actif, l'examen du matériel déposé, la vérification du matériel normalement vieilli, et l'analyse coût/avantage. Un tel programme fait bien apparaître la complexité du problème.

* Le compte rendu du colloque a été publié par l'AIEA.

Les dispositions prises par les organismes réglementaires d'autres pays ont aussi été examinées. Parmi les plus importantes, signalons les programmes d'évaluation périodique de longues séries de données d'exploitation, les programmes de maintenance préventive, la surveillance en continu des composants, l'exploitation des résultats de l'analyse des incidents, la vérification de l'état des composants, la qualification et la formation du personnel, les contrôles extérieurs et l'assurance de la qualité. Par ailleurs, on étudie actuellement des méthodes qui doivent permettre de quantifier les risques déduits des données relatives au vieillissement et aux défaillances de composants.

On s'occupe aussi davantage de la collecte et de l'évaluation des données d'exploitation. Un système informatisé d'acquisition des données, dont l'intérêt a été signalé au colloque, met en mémoire les résultats des programmes de surveillance, d'essais et de maintenance. Il recueille en outre l'information concernant tous les modes d'exploitation, à partir de laquelle on peut évaluer la durée utile des composants essentiels à la sûreté. On a également souligné l'importance des données de l'expérience d'exploitation pour fixer les spécifications des essais du matériel électrique et autre.

Plusieurs autres moyens, que l'on cherche à améliorer, sont utilisés pour étudier le vieillissement: modèles probabilistes des conditions du processus, évaluation de l'état des composants des centrales déclassées et "vieillessement artificiel" de composants critiques pour déterminer leur durée utile.

Il est également possible de prendre des mesures pendant que la centrale fonctionne. Parmi celles dont le colloque s'est occupé, citons le diagnostic technique de la dégradation des systèmes, suivi d'une estimation de la durée utile restante, la surveillance de l'action chimique de l'eau en vue de prévenir la corrosion, et la surveillance de l'action des rayonnements sur la cuve du réacteur.

Prolongation de la durée de vie des centrales

Cette question a été discutée sous plusieurs aspects. Les programmes y afférents entrepris aux Etats-Unis, en France et au Japon ont été présentés. Bien qu'il s'agisse de différents types de centrales, ces programmes se ressemblent. Ils comportent tous une base de données contenant l'information opérationnelle nécessaire, les résultats des travaux de recherche et développement, et des renseignements sur les matériels disponibles pour remplacer ou réparer les éléments critiques. Aux Etats-Unis, un comité directeur du programme a été créé essentiellement pour recommander l'institution en temps opportun, par la Commission de la réglementation nucléaire, d'une procédure de renouvellement des permis d'exploitation, pour patronner les études de réglementation nécessaires et pour représenter les organismes exploitants dans la discussion des directives et des règles concernant le renouvellement des permis proposées par la Commission de la réglementation nucléaire.

Sur le plan technique, l'essentiel des mémoires présentés concernait les opérations. L'Idaho National Engineering Laboratory a présenté une évaluation de la durée utile restante pour les principaux composants des

réacteurs à eau sous pression. Les Sandia National Laboratories ont parlé de l'application des techniques d'analyse probabiliste des risques à la surveillance de la performance en vue de renforcer la sûreté d'exploitation des centrales. Un autre mémoire traitait de diverses questions techniques et faisait la synthèse du Colloque sur la prolongation de la durée de vie des centrales, organisé en février 1987 par l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques en collaboration avec l'AIEA.

Au Japon, des études ont été faites pour déterminer la durée effective des cuves sous pression de réacteurs; le colloque a été informé que les résultats ont servi à mettre au point des procédés techniques d'évaluation du vieillissement. Un mémoire français décrivait un système de relevé des transitoires du modèle français normalisé de réacteur à eau sous pression, utilisé pour faciliter l'observation des normes réglementaires.

Le colloque a organisé trois réunions de travail. La première s'est occupée de certains problèmes que pose le vieillissement des composants actifs et passifs. On y a souligné la nécessité d'un examen approfondi du risque supplémentaire qu'implique l'usure des composants actifs. Il faudrait améliorer les bases de données en y incluant un complément d'information sur les défaillances, les réparations et la maintenance. D'autres aspects ont été soulignés: le vieillissement n'est pas un problème d'avenir mais concerne toutes les centrales actuellement en exploitation; les méthodes actuelles d'essai, de surveillance et de maintenance ne suffisent pas; il est très important de quantifier le processus pour garantir la sûreté d'exploitation et présenter des données fiables à l'organisme réglementaire; il conviendrait de prendre des mesures préventives plutôt que correctives pour résoudre le problème et de s'adresser en priorité aux parties les plus sensibles des centrales nucléaires.

La deuxième réunion de travail a surtout porté sur une tâche importante de l'exploitant, à savoir le relevé systématique de l'usure des composants et organes essentiels à la sûreté et à la fiabilité. Les phénomènes en cause doivent être bien compris pour pouvoir suivre leur évolution et mesurer le degré de dégradation. Aussi a-t-il été jugé particulièrement important de disposer d'un programme de maintenance bien adapté, fondé sur une analyse détaillée des données, qui veillerait au remplacement du matériel usé avant qu'il ne tombe en panne.

La troisième réunion de travail a été consacrée au rôle de l'AIEA dans la coopération internationale concernant la question. Mention particulière a été faite des initiatives de l'Agence pour favoriser le dialogue et l'échange d'informations et d'expériences, ainsi que de son rôle de documentation par la diffusion de ses documents, guides et autres publications. En résumé, les participants ont recommandé que l'Agence poursuive cette action, d'autant que nombre de questions d'ordre technique, économique et réglementaire doivent être examinées avant que l'on puisse se prononcer en ce qui concerne le vieillissement et la prolongation de la durée utile des centrales nucléaires.

L'AIEA prépare pour cette année un rapport qui rendra compte des travaux des colloques réunis en 1987 pour étudier les problèmes que nous venons d'évoquer.