

FINLANDE

L'expérience de la Finlande

Haute performance, arrêts brefs

par Klaus Sjöblom et Ahti Toivola

La Finlande manque de gisements de combustibles fossiles et le nucléaire joue un rôle important dans sa production d'électricité. Sur les 51,8 milliards de kilowatt-heures consommés en 1985, 38% environ ont été produits par le nucléaire. La consommation par habitant, relativement forte (10 800 kWh/an) est principalement due à l'importante industrie du bois et au chauffage domestique.

L'inspection et l'évaluation réglementaires des centrales nucléaires sont dirigées par le Centre finlandais de la sûreté radiologique et nucléaire. La réglementation exige un permis de construire, une licence pour l'importation du combustible nucléaire et une autorisation d'exploitation de la centrale, qui sont délivrés par le Ministère de l'industrie et du commerce. De plus, la révision en cours de la législation nucléaire exigera, avant tout démarrage d'un projet nucléaire, un accord de principe de la Chambre des représentants et l'acceptation des autorités locales.

Jusqu'à présent, l'exploitation des centrales nucléaires finlandaises a donné toute satisfaction. Les facteurs de capacité ont été élevés, les doses de rayonnement au personnel faibles et les rejets dans l'environnement négligeables, et cela grâce à la qualité de la conception, aux bonnes pratiques d'exploitation, et à la présence d'un personnel compétent.

La centrale nucléaire de Loviisa

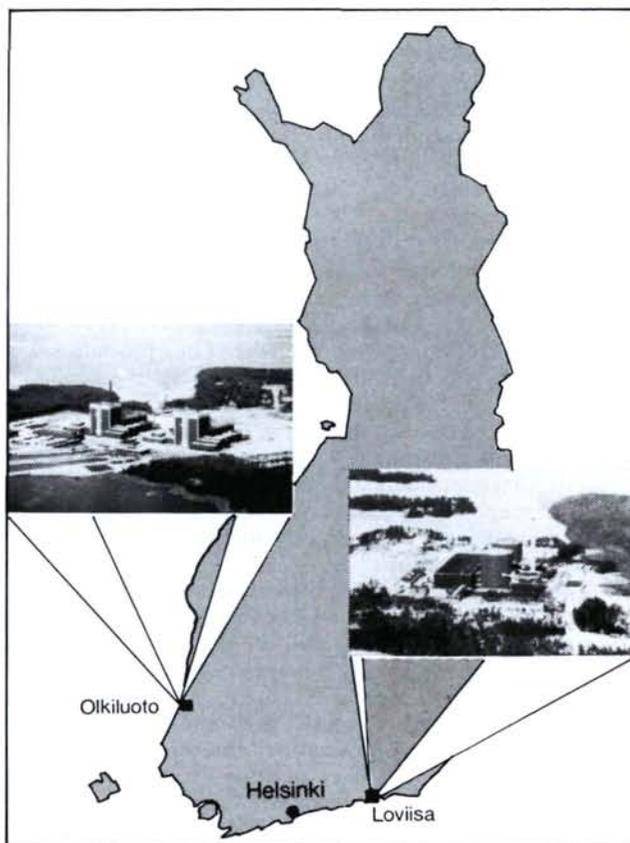
Cette centrale (deux unités de 440 mégawatts) est située à une centaine de kilomètres à l'est d'Helsinki. Le principal fournisseur a été l'Atomenergoexport soviétique, qui a fourni les réacteurs et les turbines. La contribution du pays au coût total du projet a cependant été de 60% environ. De nombreuses entreprises de plusieurs pays ont participé à cette réalisation Est-Ouest unique en son genre.

Depuis la mise en service, les facteurs de capacité n'ont cessé de s'améliorer et avoisinent maintenant leur maximum théorique. Les pannes de réacteur sont devenues très rares — moins d'une par an depuis quelques années. Jusqu'à présent, aucune perturbation n'a menacé la sûreté du réacteur ni entraîné de rejet sensible de radioactivité dans l'environnement.

Caractéristiques de la conception

Lors de la discussion sur les solutions techniques pour Loviisa en 1967-70, on a constaté que les prescriptions finlandaises en matière de sûreté différaient à plusieurs égards de celles en vigueur en Union soviétique à l'époque. Des études sérieuses ont permis de décider que Loviisa serait dotée d'un système de confinement étanche aux gaz sur le modèle occidental*.

MM. Sjöblom et Toivola appartiennent respectivement aux centrales de Loviisa et d'Olkiluoto.



Les pompes de refroidissement d'urgence, les générateurs diesel et d'autres éléments actifs de sûreté sont quadruplés et les éléments passifs au moins doublés. Le degré d'automatisation est très supérieur à celui des centrales «mères» soviétiques. Les concepteurs soviétiques sont plutôt conservateurs en matière de paramètres d'exploitation et de contraintes. Cette attitude a entraîné l'adoption de certaines valeurs excessives par comparaison aux prescriptions de performance pratiquées par les constructeurs occidentaux. Il en résulte que les transitoires sont plus lentes et que le matériel fatigue moins.

Pratiques d'exploitation

Les limites des paramètres de sûreté, les essais périodiques et les temps admis pour la réparation des composants sont définis dans un recueil de spécifications techniques constamment tenu à jour d'après l'expérience acquise. Le principe directeur est que l'installation doit résister à tout début d'incident associé à une défaillance unique; si la durée de réparation d'un composant doit dépasser trois jours, la centrale est mise à l'arrêt.

Les travaux de réparation et d'entretien sont assujettis à de strictes exigences de qualité. Les pièces de rechange doivent être conformes aux mêmes normes que les originales et toutes les opérations appropriées d'assurance de la qualité doivent être effectuées. De nombreux essais et inspections en cours de fonctionnement ont lieu selon des programmes approuvés.

* Les six générateurs de vapeur horizontaux font que le diamètre du confinement est plutôt grand. On a également constaté que certains composants ne résisteraient pas à un accident dans un confinement «sec» normal, et les remanier aurait pris trop de temps. C'est pourquoi l'on a choisi le confinement à condenseur à glace. La pression du confinement a été fixée à 1,7 bar pour répondre à l'éventualité d'une rupture aux deux extrémités du tuyau primaire principal.

Modifications

Les principales raisons des modifications apportées en matière de sûreté ont été les suivantes: l'expérience d'exploitation; l'expérience acquise grâce au simulateur d'enseignement installé sur place; l'expérience d'exploitation d'autres réacteurs à eau sous pression; l'accident de Three Mile Island; les informations nouvelles sur les matières et les composants; les révisions des procédures d'homologation; les résultats des expériences effectuées par la société exploitante.

La rapidité du flux des neutrons provoque, en cours de fonctionnement, une fragilisation de la cuve pressurisée au niveau du cœur du réacteur. On a procédé à ce sujet à de nombreuses analyses et inspections en cours de fonctionnement. Afin de ralentir la fragilisation, on a remplacé les éléments combustibles extérieurs par des éléments factices, sans abaisser pour autant le niveau de puissance thermique totale du réacteur. On a réduit les chocs thermiques qui pourraient résulter d'un refroidissement d'urgence du cœur en élevant la température de l'eau de refroidissement.

Plusieurs modifications ont été apportées à la suite de l'accident de Three Mile Island, notamment par l'installation d'instruments et d'appareils de surveillance de la teneur en hydrogène, du rayonnement et de divers autres phénomènes.

On a également changé plusieurs composants et remanié les opérations d'essai afin d'obtenir une meilleure fiabilité en marche normale et en cas d'accident. De nombreuses améliorations ont également été apportées à la protection contre l'incendie.

Sûreté radiologique

Les doses de rayonnements ont été relativement faibles, par comparaison avec les chiffres internationaux. Les doses collectives annuelles au personnel ont été d'environ 1 homme-sievert pour chaque unité. Les doses collectives annuelles à la population résidant dans un rayon de 100 kilomètres ont été d'environ 0,01 homme-sievert. La fiabilité des composants (un seul tube de générateur de vapeur a dû être obturé) et l'étanchéité des gaines de combustibles (six fuites seulement en 15 années de réacteur) ont contribué à l'excellent dossier radiologique de l'installation.

Le réseau finlandais de surveillance radiologique

Ce réseau se compose d'environ 270 postes de mesure des rayonnements entretenus par le Ministère de l'intérieur et par les Forces armées du pays. Ces postes mesurent normalement le niveau des rayonnements tous les deux jours, ceux du Ministère de l'intérieur et ceux des Forces armées intervenant à tour de rôle. Les résultats sont communiqués au Centre finlandais de sûreté radiologique et nucléaire par l'intermédiaire du Département des secours d'urgence du Ministère de l'intérieur ou du Bureau de la défense de l'Etat-major général.

L'Institut météorologique finlandais a, lui aussi, un réseau de 10 stations de mesure des aérosols qui permet de détecter le rayonnement de radionucléides artificiels d'une intensité inférieure à celle que détecte le réseau mentionné plus haut, dont les stations sont équipées de compteurs Geiger.

En cas de besoin le Centre finlandais de sûreté radiologique et nucléaire envoie des équipes de mesure éventuellement munies d'un matériel complet de mesure des débits de dose, ainsi que de spectromètres gamma portatifs. Les centrales d'Olkiluoto et de Loviisa disposent elles aussi d'un matériel de mesure assez complet.

— Informations extraites d'un rapport du Centre finlandais de sûreté radiologique et nucléaire.

Le simulateur d'enseignement

Loviisa possède un simulateur presque complet qui modélise le comportement de la centrale en marche normale et lors de diverses transitoires et même de légères pertes accidentelles de fluide de refroidissement.

La formation initiale des opérateurs dure de six à huit semaines, avec une période annuelle de perfectionnement de 10 jours. Le simulateur sert aussi à diverses fins: homologation des appareils auxiliaires et des perfectionnements des instruments; rédaction et vérification des instructions de fonctionnement; mise au point de modèles de simulation améliorés; étude de la réduction des cotes d'alerte des transitoires; vérification des modifications de l'installation et définition des critères de réussite pour le calcul probabiliste du risque (CPR), ainsi que divers travaux de recherche.

Analyses de la sûreté

De nombreuses analyses ont servi à l'étude du comportement de la centrale lors de diverses séquences de perte de caloporteur. L'intégrité de la cuve pressurisée du réacteur lors des transitoires de refroidissements d'urgence a fait l'objet d'un examen serré portant sur les matériaux, la résistance et les opérations. Un CPR en cours permettra d'identifier les principaux facteurs de risque et fournira aussi de précieux renseignements sur le comportement de l'installation lors de divers accidents hypothétiques.

La centrale nucléaire d'Olkiluoto

Située sur la côte ouest de la Finlande, cette centrale à deux unités appartient à la Compagnie industrielle d'électricité (TVO). Elle est équipée de réacteurs à eau bouillante de 710 MWe fournis par la société suédoise Asea-Atom. La première tranche, TVO-1, a été raccordée au réseau national en septembre 1978 et la seconde, TVO-2, en février 1980.

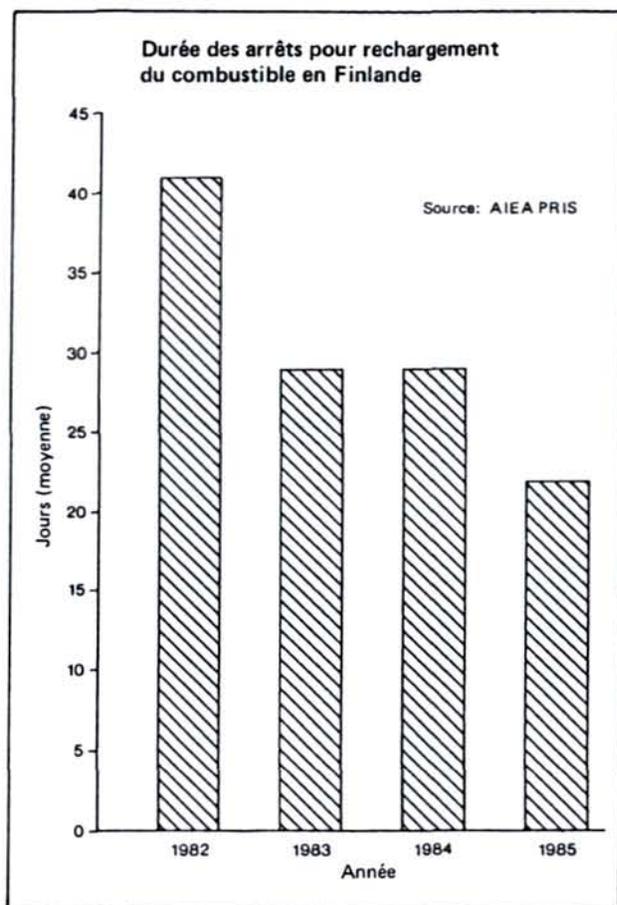
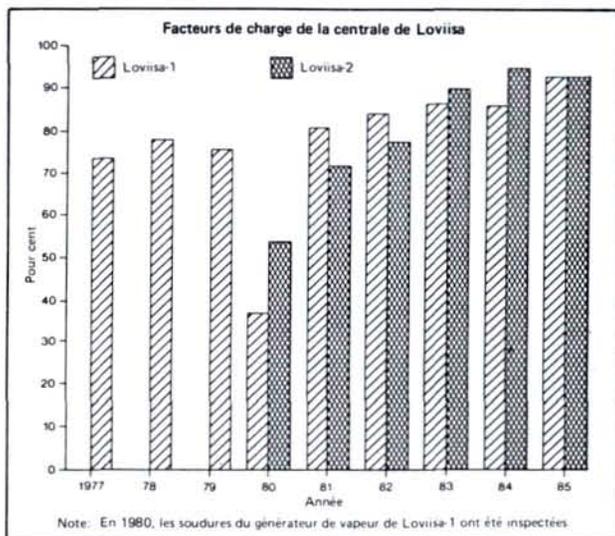
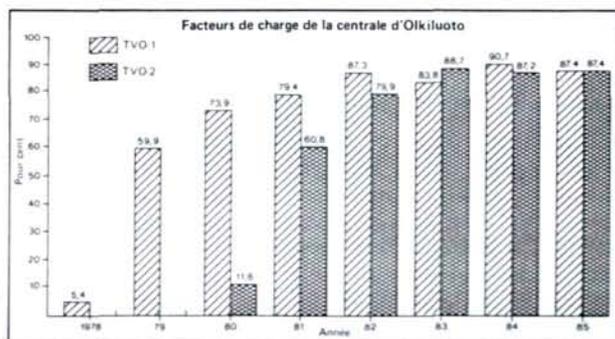
La puissance nominale initiale de chaque unité était de 660 MWe, mais l'existence de marges techniques et de sûreté suffisantes a permis de l'augmenter de 8%. Ainsi depuis le début de 1985, la réglementation nationale de la sûreté autorise son fonctionnement à 710 MWe.

Exploitation

Depuis quelques années, les deux unités ont pu maintenir un facteur de charge constant très supérieur à 80%. Jusqu'en 1981, elles ont connu des difficultés techniques au niveau des turbo-alternateurs, qui ont surtout influé sur le facteur de charge de TVO-2. Le stator et le rotor du générateur sont l'un et l'autre refroidis par eau, ce qui a posé des problèmes techniques dans une machine qui tourne à 3000 tours/minute. De nouveaux rotors ont été étudiés et fabriqués pour les deux unités. Installés depuis 1981, ils donnent de bons résultats et ne posent pas de problèmes comparables aux précédents.

Les arrêts

L'exploitation des deux unités suit un cycle de combustible de 12 mois et les arrêts pour rechargement ont lieu au début de l'été, car la demande et l'abondante alimentation en eau des centrales hydrauliques à cette saison facilitent l'opération. On a compris très tôt l'importance que présentait la réduction de la durée des arrêts pour le rendement de la centrale. (Voir le graphique des temps d'arrêt). La durée minimale est estimée à 12 jours, ce qui permet un rechargement normal du combustible et l'exécution des inspections et des travaux d'entretien périodiques. La stratégie à long terme adoptée pour les arrêts consiste à bloquer les grosses réparations sur un arrêt prolongé qui a lieu tous les deux ans, ce qui permet un arrêt très bref tous les deux ans aussi.



La longue durée des arrêts de TVO-2 en 1982 et de TVO-1 en 1983 a été due en partie à de grosses réparations de l'intérieur des cuves des réacteurs. On a entièrement déchargé le cœur et enlevé de la cuve la grille de support du cœur parce que les boulons de fixation des rails de guidage de la grille présentaient des fissures dues à la corrosion. Les rails et les boulons ont été remplacés. Les centrales TVO ont, comme d'autres réacteurs à eau bouillante, connu des difficultés dues aux fissures par corrosion et des examens complets sont effectués chaque année à ce sujet. Grâce à la faible teneur en carbone des aciers dont sont faits les tuyaux des centrales construites par Asea-Atom, la corrosion sous contrainte n'a pas causé de graves difficultés dans les composants sous pression. Dans les structures internes du cœur et dans certains détails de la construction des grappes de combustibles, on a toutefois remplacé les matériaux primitifs par d'autres moins sensibles à cette corrosion.

Principes et expérience de la sûreté

Tous les systèmes de sûreté de TVO-1 et TVO-2 comportent quatre subdivisions physiquement séparées les unes des autres. Le fonctionnement normal de deux des quatre sous-systèmes suffit à parer à tous les accidents possibles. Cet aménagement en 4 X 50% des systèmes de sûreté signifie que si l'un des ensembles ne fonctionne pas, la sûreté est quand même garantie, en supposant qu'il n'y ait qu'une seule défaillance. C'est ce qui a permis d'établir un programme d'entretien préventif des systèmes de sûreté en cours de fonctionnement de la centrale. Trois jours d'indisponibilité sont prévus pour chaque subdivision afin de procéder à l'entretien préventif. Ce programme a permis d'alléger considérablement la tâche lors des arrêts pour rechargement et il a contribué à en réduire la durée.

Les spécifications techniques de la centrale exigent la rédaction d'un rapport spécial en cas de violation des règles et dans toute autre circonstance intéressant parti-

culièrement la sûreté. Au cours des cinq dernières années d'exploitation, un ou deux rapports spéciaux par an ont été établis pour chacune des unités.

Les cas qui font l'objet des rapports spéciaux peuvent être très différents et aller d'infractions caractérisées des règles de sûreté à des questions techniques intéressant les systèmes de sûreté. Quoi qu'il en soit, aucun incident impliquant une surexposition aux rayonnements à l'intérieur de la centrale ou dans l'environnement n'a été signalé. Un cas qui a eu des conséquences importantes a été la découverte d'un culbuteur de soupape d'échappement cassé dans un des quatre diesels de secours de TVO-2. Lors de l'inspection qui a suivi, on a observé des fissures dans plusieurs culbuteurs du même moteur. Après ces constatations, on a inspecté tous les diesels des deux unités. Plusieurs autres culbuteurs présentant les mêmes fissures ayant été découverts, le constructeur a jugé nécessaire de revoir la conception de cette pièce et tous les culbuteurs ont été remplacés.

Historique radiologique

Les doses collectives annuelles au personnel ont été faibles, de même que les niveaux de radioactivité, surtout en raison de la rareté des défaillances de combustible. L'activité des produits de corrosion a elle aussi été faible en raison de la stricte limitation de la teneur en cobalt de l'acier dont sont faits les composants qui entrent en contact avec l'eau. Il faut aussi signaler le rôle joué par les règles rigoureuses de la protection radiologique pendant le travail, et le simple fait qu'aucune grosse réparation des parties les plus radioactives de la centrale n'a été nécessaire.

Les faibles activités présentes à l'intérieur de la centrale se retrouvent dans l'environnement. Les doses à la population voisine de la centrale sont de quelques dixièmes de microsievert par an, ce qui représente quelques dixièmes de un pour cent de la valeur admise, à savoir 100 microsieverts par an.