

### Rôle capital de l'ingénierie

En France, le rôle de la société d'ingénierie vis-à-vis des opérations de déclassement apparaît dès la conception des installations nucléaires lorsqu'elle en assure l'étude et la construction. La société d'ingénierie devra en effet intégrer le mieux possible dans ses projets les recommandations issues de l'expérience du déclassement.

Il n'est généralement pas justifié de prévoir dès la construction des suppléments d'investissement correspondant à la totalité des dispositions souhaitables pour le démantèlement ultérieur. Toutefois, de nombreuses dispositions constructives peuvent être adoptées de façon simple — et le sont de plus en plus souvent — pour faciliter ces opérations. On peut, par exemple, réserver des moyens d'accès convenables dans les cellules, installer des crochets ou des rails de manutention, prévoir les charges au sol tenant compte de l'installation ultérieure de boucliers mobiles, toutes dispositions qui serviront bien entendu aussi bien pour les opérations d'intervention exceptionnelles ou d'entretien que pour celles du démantèlement proprement dit.

Le rôle de l'ingénierie apparaît également dans l'industrialisation des engins télécommandés ou télémanipulateurs spéciaux adaptés aux besoins propres du démantèlement. C'est un domaine où elle devra apporter une

grande rigueur dans l'établissement et le respect d'un cahier des charges, obtenant que ces engins soient strictement adaptés à leur tâche et répondent aux performances attendues, malgré les difficultés de départ liées au caractère très pluri-disciplinaire de ces réalisations et aux contraintes particulières de la nucléarisation.

Le renforcement des moyens de traitement des effluents et de conditionnement des déchets, nécessité par les opérations de décontamination et de démantèlement, est également du ressort de la société d'ingénierie, qui devra pouvoir mettre en œuvre l'arsenal des techniques existantes en fonction des contraintes particulières à chaque site et dans le cadre des politiques nationales concernant les déchets. L'intégration des coûts liés au conditionnement et au stockage des déchets dans le choix des meilleures tactiques de décontamination et de démantèlement est d'une importance primordiale.

Enfin, pour les grandes opérations de déclassement, l'intervention de l'ingénierie découle naturellement de l'ampleur des études à mener, de l'ampleur des tâches d'organisation et de coordination, de l'importance essentielle d'une bonne préparation et du respect des plannings, afin d'en permettre la réalisation dans un cadre financier donné et dans les conditions de sûreté les plus satisfaisantes.



# Mise en «phase statique» de la centrale canadienne Gentilly-1

par Balarko Gupta

La centrale canadienne Gentilly-1, de 250 mégawatts, a été mise en service au Québec en 1971 et exploitée en discontinu jusqu'en 1979. Elle fait actuellement l'objet d'une opération de déclassement qui la mettra définitivement hors service en mars 1986. Certains produits et composants radioactifs seront enlevés, une partie de l'installation sera décontaminée afin de pouvoir servir à d'autres fins et le bâtiment du réacteur sera condamné pendant une cinquantaine d'années, période au cours de laquelle la radioactivité diminuera dans une mesure significative, après quoi le réacteur sera demantelé.

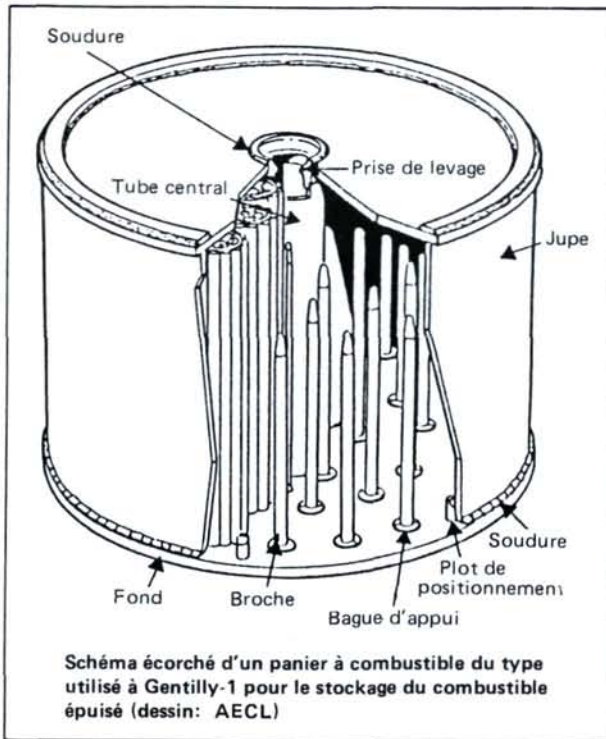
Cette décision a été prise pour plusieurs raisons. En 1979, la centrale avait été mise à l'arrêt pour cause de réparations et l'organisme réglementaire canadien exigea que d'importantes modifications lui fussent apportées

avant de la remettre en exploitation, afin de la rendre conforme à la réglementation en vigueur en matière de sûreté. La centrale a donc été mise en sommeil et, trois ans plus tard, en 1983, on décida de la mettre définitivement hors service, car il était apparu que sa remise en état ne serait pas rentable. On fit ensuite une série d'études technico-économiques qui servirent à fonder le projet de déclassement.

### Objectifs et portée du projet

Le projet a quatre objectifs principaux: réduire sensiblement les frais d'exploitation et d'entretien; confiner la radioactivité dans certaines zones isolées bien déterminées (par exemple le bâtiment du réacteur); libérer certaines parties de l'installation en vue d'autres usages; acquérir une expérience de première main de la mise hors service définitive d'une installation nucléaire de taille industrielle. Rappelons que le réacteur de Gentilly-1 est un prototype CANDU à eau légère bouillante, alimenté à l'uranium naturel, ralenti à l'eau lourde et refroidi à l'eau légère.

M. Gupta est directeur de la centrale et de projet à Gentilly-1, Énergie atomique du Canada, Division Candu, Montréal. L'article s'inspire de «Gentilly-1 nears static state», par Paul Denault et Pabrita L. De, *Nuclear Engineering International* (août 1985), et du rapport technique n° 230 (1983) de l'AIEA.



Le projet comporte plusieurs opérations:

- Récupérer tout le combustible épuisé présent dans la travée de stockage du bâtiment des services et l'entreposer à sec dans des conteneurs en béton spécialement conçus. Cela supprimera la plupart des frais d'entretien et permettra d'utiliser ce bâtiment à d'autres fins.
- Mettre le bâtiment du réacteur en phase statique.
- Evacuer tous les composants (matériel, canalisations, câbles, pupitres de commande, etc.) présents dans le bâtiment des services et certaines parties du bâtiment des turbines, afin de mettre ces locaux à la disposition d'Hydro Québec, propriétaire et exploitant de la centrale nucléaire Gentilly-2 voisine\*. Les locaux administratifs seront réaffectés tels quels.
- Décontamination de la travée de stockage, des plateaux de transfert du combustible et divers autres composants contaminés.
- Elaborer et appliquer des directives et procédures de radioprotection et de sûreté en s'efforçant de maintenir la radioactivité aux niveaux les plus bas qu'il est raisonnablement possible d'obtenir, compte tenu des considérations économiques et sociales pertinentes, selon le principe de radioprotection bien connu.

#### Stockage à sec du combustible épuisé

Quelque 3213 faisceaux de combustible irradié et des accessoires ont été placés dans onze fûts cylindriques de béton spécialement étudiés pour les recevoir. Chaque fût

\* Avant leur réaffectation, les locaux doivent répondre aux critères de zone 1, à savoir: absence de contamination non fixée, absence de rayonnements bêta supérieurs à 10 microsieverts/heure, absence de rayonnements gamma supérieurs à 2,5 microsieverts/heure à 1 centimètre.

(6 mètres de haut et 2,6 mètres de diamètre extérieur) est doublé à l'intérieur d'une chemise en acier qui délimite l'espace utile dans lequel trouvent place huit paniers en acier inoxydable spécialement conçus. Un panier contient 38 faisceaux dont chacun est maintenu en place par une broche. (Au préalable, les faisceaux de combustible ont été conservés pendant au moins sept ans dans la travée de stockage et la chaleur dégagée par la désintégration équivaut, en moyenne, à environ 1,4 watts par faisceau). Le combustible est contenu dans 85 paniers, deux paniers étant réservés aux supprimeurs de flux et aux fixations du combustible.

#### Opération type de stockage

On commence généralement par rompre les fixations du faisceau; on enlève ensuite le tube axial qui contient du cobalt 60. Les faisceaux sont ensuite identifiés par un numéro et déposés un par un dans un panier numéroté. Les numéros des faisceaux et des paniers sont relevés et consignés au fur et à mesure, conformément aux exigences des garanties de l'AIEA. Lorsqu'un panier est plein, on lui met un couvercle muni d'un trou central dans lequel on engage un grappin pour lever l'ensemble et le déposer dans une enceinte blindée, l'opération étant effectuée sous l'eau par souci de protection.

Dans l'enceinte blindée, on enlève le couvercle et l'on sèche le combustible; à l'aide d'un dispositif semi-automatique, on soude ensuite le couvercle et le fond pour rendre le panier étanche. Le panier est ensuite exactement positionné sous le château de transport dans lequel il est hissé à l'aide d'un grappin. On referme le château de transport qui est maintenant prêt à être transféré au poste de chargement des conteneurs.

À l'intérieur de l'enceinte blindée, l'irradiation peut atteindre 3500 rems\*, tandis qu'à l'extérieur (du château également) elle est toujours inférieure à un millirem au contact.

Le château est transporté jusqu'au poste de chargement sur une remorque spécialement conçue à cet effet, il est alors élevé à la hauteur de l'ouverture du conteneur par une grue de 15 tonnes, puis une grue de 3 tonnes munie d'un grappin saisit le panier et le descend dans le conteneur dont on replace le couvercle, que l'on soude avant que les inspecteurs des garanties y apposent un scellé.

Cette opération occupe une équipe de six hommes pendant environ trois heures en moyenne. Comme elle doit être répétée pour chacun des onze conteneurs et pour les huit paniers qu'il contient, le tout dure six semaines, sans compter les cinq semaines nécessaires à la fabrication des conteneurs.

Le niveau de rayonnement au contact de la surface extérieure d'un conteneur est d'environ 0,6 millirem.

#### Le bâtiment du réacteur

La plupart des canalisations, câbles, conduites, etc. joignant le réacteur à la salle des turbines et au bâtiment des services ont été sectionnés et obturés pour prévenir la dispersion de la radioactivité. Tous les composants à l'intérieur du bâtiment du réacteur ont été purgés et

\* Dans l'usage international, le rem est remplacé par le sievert, qui vaut 100 rems.

séchés, et les huiles et autres substances inflammables ont été évacuées. Les systèmes situés dans ce bâtiment ont été isolés et étiquetés.

Les accès à ce bâtiment ont été condamnés définitivement, à l'exception d'un sas utilisable pour les inspections périodiques. Le bâtiment sera maintenu à cette phase statique pendant au moins 40 ou 50 ans et ne sera visité qu'à l'occasion des inspections périodiques pratiquées pour en assurer l'intégrité structurale. Cette mise en sommeil permettra à la radioactivité de diminuer considérablement, ce qui facilitera les opérations ultérieures de démantèlement.

### Réaffectation des bâtiments

Hydro Québec, la compagnie d'électricité locale, se propose d'utiliser la salle des turbines et le bâtiment des services pour y installer un grand simulateur d'enseignement associé au réacteur Gentilly-2 voisin, de 600 mégawatts électriques, ainsi qu'un centre de formation et quelques bureaux. On procède actuellement à l'enlèvement de composants, à des relevés radiologiques et à la décontamination des locaux destinés à Hydro Québec, y compris la travée de stockage du combustible irradié située dans le bâtiment des services. Après sa décontamination, la travée sera recouverte d'une nouvelle dalle de béton et la zone fera partie de l'ensemble des locaux qui hébergeront la commande et les services du simulateur.

### Décontamination

Les études technico-économiques et le début d'expérience acquis sur place montrent qu'une opération massive de décontamination des systèmes en vue d'une réutilisation des composants sans restriction est une perte de temps et d'argent. Néanmoins, un programme substantiel de décontamination a été mis en œuvre sur le site afin de créer les conditions requises pour la réaffectation des locaux et installations retenus pour d'autres usages, et d'acquérir une expérience de première main qui permettra de décider des méthodes à employer dans l'avenir et d'évaluer les besoins de main-d'œuvre et les coûts à prévoir.

De précieux enseignements ont été tirés des travaux de décontamination du système de dosage de l'eau d'alimentation et de l'hydrazine, de l'échantillonneur de l'eau d'alimentation, de conduites de divers diamètres, de plateaux à combustible, de combustible nouveau à l'intérieur de la travée de stockage du combustible épuisé, et de plusieurs gaines et soufflantes de ventilation\*.

---

\* Un hydrolaser Butterworth 110-ET a été largement employé pour ces opérations jusqu'à une pression de 40 mégapascals (MPa); cet appareil peut d'ailleurs travailler jusqu'à 68 MPa. Quant à la contamination superficielle non fixée, elle atteignait 1,7 mégabecquerels par mètre carré (MBq/m<sup>2</sup>) sur 170 faisceaux de combustible nouveau et 2,2 MBq/m<sup>2</sup> sur les plateaux à combustible. On a très souvent ajouté un produit moussant à l'eau, avec de bons résultats dans la plupart des cas. Une bache en acier inoxydable a été adjointe à l'hydrolaser pour y nettoyer les objets de petite taille et retenir l'eau usée. Ce système s'est révélé très efficace et a permis de se passer de vêtements de protection. La contamination des sols, qui atteignait 500 kBq/m<sup>2</sup> sur le béton a été réduite au niveau de zone 1 à l'aide d'un scarificateur doublé d'un aspirateur.

### Radioprotection

Tous les aspects du déclassement de Gentilly-1 sont régis par une autorisation de l'Énergie atomique du Canada qui assure le maximum de protection sanitaire et de sûreté aux travailleurs et au public. Pour atteindre cet objectif et maintenir les niveaux de rayonnements aussi bas qu'il est raisonnablement possible, les spécialistes ont préparé une série de documents, notamment un guide sanitaire avec normes de radioprotection, un manuel de protection sanitaire et de sûreté, et des procédures de radioprotection.

L'équipe de protection sanitaire établit et distribue un rapport informatisé qui indique, par période de quinze jours, les doses individuelles d'exposition de tout le personnel affecté au projet. Jusqu'à présent, ces doses se sont maintenues bien au-dessous de la limite autorisée (5 rems par an, 3 rems par trimestre) et il est très improbable que cette limite soit même approchée. La dose individuelle annuelle la plus forte qui ait été relevée est de 225 millirems; pour la plupart des travailleurs, elle n'a jamais atteint 110 millirems.

### Direction du projet et coûts

Actuellement, il y a sur le site 40 cadres techniques et 50 ouvriers spécialisés de l'Énergie atomique du Canada, auxquels viennent s'ajouter de 15 à 25 travailleurs envoyés par des entreprises extérieures.

À la tête se trouve un directeur de centrale et de projet assisté de sept cadres supérieurs chargés respectivement des services techniques, de la décontamination, de la radioprotection, de la manutention du combustible, de l'exploitation, des services généraux et de la sécurité. Afin de préserver leur indépendance, les responsables de la santé, de la sûreté et de l'assurance de la qualité ne sont pas sous les ordres du directeur de la centrale.

Pendant la phase préparatoire, des devis pour divers scénarios de déclassement ont été préparés à l'aide d'un programme conçu pour évaluer les besoins de main-d'œuvre, l'exposition individuelle en rem-hommes, les quantités de déchets radioactifs, et les coûts\*. Au cours des opérations de déclassement, le code du programme a été validé à l'aide des coûts réels et l'on a comparé aux prévisions. Cette base de données donnera d'utiles indications sur les coûts pour les futurs déclassements.

Les prévisions de dépenses afférentes au plan de déclassement de Gentilly-1, qui doit durer deux ans, s'élèvent à 25 millions de dollars canadiens et l'on s'attend que l'opération sera terminée dans les délais (en avril 1986) et sans dépasser le budget prévu. Vu le caractère critique des travaux, les états des dépenses et les calendriers sont établis sur place par ordinateur. Ils sont revus et mis à jour chaque semaine, afin qu'il soit possible de prévenir les retards éventuels.

---

\* Ce programme, dénommé DECOM, est étudié plus en détail dans un mémoire intitulé «Methodology of a computerized cost model for decommissioning of nuclear power plants», rédigé par l'auteur en novembre 1984, en collaboration avec John Saroudis, dans le cadre du programme de recherche coordonnée de l'AIEA sur le déclassement.