

Le programme de recherche de la Communauté européenne: prochaine phase

Les opérations de démantèlement et le traitement des déchets en sont les éléments essentiels

par B. Huber

En 1979, la Communauté européenne a lancé son premier programme quinquennal de recherche sur le déclassement des centrales nucléaires. Ce programme a été réalisé par divers organismes ou sociétés des Etats Membres au titre de 51 contrats de recherche, dont la plupart prévoyaient un partage des coûts*. En 1984, elle a entrepris un deuxième programme d'une portée plus vaste, à savoir le déclassement des installations nucléaires.

C'est le Conseil des Communautés européennes qui, lors de son adoption, en a fixé l'objectif général, estimant que certaines parties des installations nucléaires deviennent inévitablement radioactives pendant leur exploitation et qu'il est donc indispensable de trouver des solutions efficaces permettant d'assurer la sûreté et la protection de l'humanité et de l'environnement contre les risques que peut comporter le déclassement de ces installations.

A cette fin, il faut isoler les substances radioactives par des barrières appropriées. Etant donné que toute installation nucléaire est déjà dotée de barrières infranchissables, l'entreposage *in situ* des composants radioactifs est un des moyens de les isoler jusqu'à ce que les principaux radionucléides de courte période existant au départ se soient éteints. Il n'en reste pas moins que



les substances radioactives qui subsistent doivent être transférées dans un dépôt d'évacuation définitive des déchets, car c'est là qu'on parvient le mieux à les isoler pour de longues périodes et qu'il est alors possible de libérer le site de l'installation à d'autres fins.

Ce transfert, qui implique le remplacement des protections existantes contre les rayonnements par de nouvelles barrières, est une phase critique des opérations de déclassement. C'est pourquoi la majeure partie du programme est consacrée aux opérations qui correspondent à cette phase, à savoir le démantèlement et la décontamination des composants de l'installation, ainsi que le traitement et l'emballage des déchets qui en résultent.

Le gros du programme vise à proposer des techniques et des méthodes bien adaptées aux opérations de déclassement et tenant compte des impératifs de radio-protection, de limitation de la production de déchets radioactifs et d'efficacité, dans le cadre d'une saine gestion financière. Certes, bon nombre des techniques classiques sont apparemment applicables aux opérations de déclassement, mais il convient de les perfectionner au maximum et d'en cerner la typologie pour pouvoir tenir compte d'impératifs spéciaux dus à la radioactivité, tels que la nécessité de limiter la contamination atmosphérique ou d'assurer des opérations télécommandées.

Un autre objectif a été de rassembler les renseignements indispensables concernant les opérations de déclassement tels que des données sur la répartition, le niveau et la composition en radionucléides des substances radioactives que renferment les installations nucléaires mises à l'arrêt. Un troisième objectif, enfin, a été de préciser et d'élaborer certains principes de conception qui en facilitent le déclassement.

M. Huber est le chef du programme de déclassement du Conseil des Communautés européennes, Bruxelles.

* Voir *Decommissioning of Nuclear Power Plants*, Comptes rendus d'une conférence européenne tenue à Luxembourg du 22 au 24 mai 1984, publiés par K.H. Schaller et B. Huber, EUR 9474, Graham & Trotman Ltd. (1984).

Programme de recherche de la Communauté européenne sur le déclassement des installations nucléaires, 1984-1988

Recherche et développement

- Intégrité à long terme des bâtiments et des systèmes
- Décontamination aux fins de déclassement
- Techniques de démantèlement
- Traitement de déchets spécifiques: acier, béton et graphite
- Conteneurs pour déchets radioactifs provenant du déclassement d'installations nucléaires dans la Communauté
- Estimation des quantités de déchets radioactifs qui résulteront du déclassement des installations nucléaires dans la Communauté
- Influence des caractéristiques de conception des installations sur le déclassement

Etablissement de principes directeurs

- Pour la conception et l'exploitation des installations nucléaires afin d'en simplifier le déclassement
- Pour le déclassement des installations nucléaires

Essai de nouvelles techniques

- Essais en réel dans le cadre de grandes opérations de déclassement dans les Etats membres de la CEE

Intégrité des bâtiments et des systèmes

Si l'on considère par exemple que le débit de dose des rayonnements produits par de l'acier inoxydable activé est généralement ramené à 1/100 000ème sur une période de 100 années, il semble que l'entreposage *in situ* des centrales nucléaires soit une solution rationnelle pour faciliter tant leur démantèlement ultérieur que le traitement des matériaux radioactifs. Jusqu'ici, l'entreposage *in situ* a été la méthode de prédilection pour les centrales nucléaires industrielles déjà mises à l'arrêt. Les effets d'un entreposage pendant des périodes prolongées allant de plusieurs dizaines d'années jusqu'à 100 ans ont fait l'objet de recherches au titre du programme de la Communauté.

On a étudié des mesures pour assurer la sûreté des centrales désaffectées essentiellement par des moyens passifs et avec un minimum de surveillance et d'entretien. On a répertorié les systèmes qu'il convient de maintenir en service ou prêts à servir (pour les opérations de démantèlement).

On a étudié le mode et le rythme de dégradation des divers matériaux présents dans les centrales nucléaires. Pour cela, il a fallu inspecter les centrales (pour reconnaître les zones critiques) et procéder à des examens d'échantillons. Des mesures ont été proposées pour empêcher ou limiter les dégradations.

Il ressort de ces études que rien ne permet de mettre en question la possibilité d'entreposer sur place les matières radioactives contenues dans des centrales nucléaires mises à l'arrêt.

Méthodes de décontamination

La contamination des surfaces ne représente qu'une faible part de la radioactivité si on la compare à l'activation interne, due à l'exposition aux neutrons, de com-

posants situés à proximité du cœur du réacteur. Cependant, elle est répartie sur une large gamme de composants et est assez facilement accessible. Alors que l'activation ne se produit que dans les réacteurs, la contamination des surfaces existe également dans d'autres types d'installations nucléaires. Il s'agit donc là d'une source importante de déchets de faible radioactivité qui pose un problème de radioprotection dans les opérations de déclassement.

La décontamination des surfaces des composants d'une installation facilite la manutention et le traitement auxquels ils sont ultérieurement soumis. Il faut alors concentrer la substance radioactive ainsi éliminée sous un faible volume de déchets secondaires faciles à conditionner, en vue de leur élimination. Si la décontamination est suffisante, on peut alors considérer le composant ainsi traité comme un matériau non radioactif. C'est là un moyen de réduire le volume des déchets radioactifs et de récupérer des matières premières utiles.

La décontamination aux fins de libre usage n'est pas encore pratique courante. Pour de nombreux composants nucléaires, les renseignements dont on dispose ne sont pas suffisants pour décider s'il faut les décontaminer, compte tenu des radioexpositions qu'ils peuvent provoquer, des déchets secondaires qu'ils peuvent engendrer et des coûts correspondants. Les critères qui militent en faveur de la décontamination sont que le composant présente une faible contamination, à faible profondeur, et que le rapport de la surface au volume soit faible. Le nombre des composants qu'il est possible de décontaminer afin d'en permettre le libre usage augmente à mesure que l'on met au point de meilleures méthodes de décontamination. Ces dernières peuvent être plus radicales que celles qui sont couramment en usage vu qu'on peut tolérer un affaiblissement des composants traités.

Comme condition préalable à toute décontamination, on a fait des recherches sur la répartition, la composition en radionucléides, la nature chimique et la profondeur de pénétration de la contamination de surface dans les centrales nucléaires. Pour la décontamination des pièces en acier, les recherches ont surtout porté sur les méthodes de décapage tant chimique qu'électrochimique. Pour décontaminer le béton, on a mis au point une technique de scarification à la flamme, qui consiste à éliminer une fine couche superficielle à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique.

Techniques de démantèlement

Pour déclasser une installation nucléaire, il faut démanteler des composants et des structures radioactifs de grandes dimensions. A titre d'exemples nous citerons notamment:

- Les pièces internes fortement radioactives des réacteurs à eau légère, faites en acier inoxydable et pouvant atteindre 100 mm d'épaisseur.
- Les cuves sous pression des réacteurs à eau légère, faites en acier au carbone revêtu d'acier inoxydable, dont l'épaisseur peut atteindre 300 mm sur la paroi et 600 mm à la bride.
- Les protections biologiques en béton armé, de plusieurs mètres d'épaisseur.

Le démantèlement des composants moyennement radioactifs doit être effectué à distance, le personnel étant convenablement protégé contre les rayonnements. Quand cela est possible, le tronçonnage peut être fait sous l'eau.

On peut, pour le déclassement, faire appel à diverses techniques classiques de démantèlement. D'une manière générale, les techniques thermiques de tronçonnage permettent d'obtenir une grande rapidité de coupe mais posent des problèmes, car elles produisent de fines particules. Les techniques mécaniques prennent du temps et font intervenir un matériel lourd.

Pour le tronçonnage des composants en acier, les recherches ont surtout porté sur trois techniques thermiques: découpage par jet de plasma (y compris sous l'eau), découpage par jet de plasma-oxygène et découpage au laser. On en a profité pour étudier en particulier les caractéristiques des aérosols résultants et la performance des divers systèmes de filtrage des gaz.

Pour le démantèlement des structures radioactives en béton armé, on a mis au point une scie circulaire à tranchant de diamant qui permet d'obtenir des vitesses de coupe de loin supérieures à celles qu'on obtenait jusqu'ici. Lors d'un essai final de cette scie, on a découpé un mètre cube dans une paroi en béton armé. Pour remplacer le découpage à la scie, on expérimente également des techniques aux explosifs pour étudier la manière de les maîtriser.

Traitement des déchets

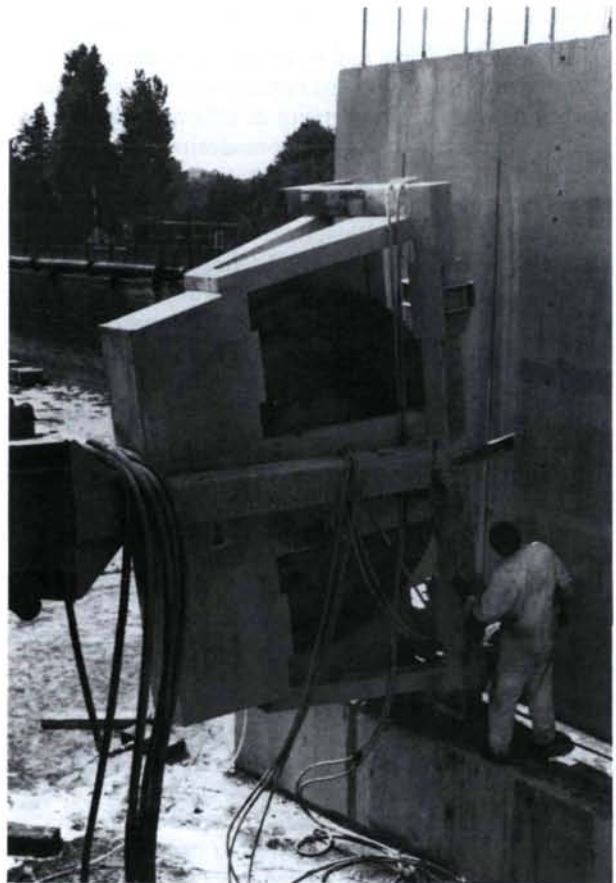
Les déchets provenant du démantèlement des installations nucléaires se composent essentiellement d'acier, de béton et, dans le cas des réacteurs refroidis par un gaz, de graphite. On a étudié des méthodes pour traiter ces matériaux afin de les éliminer ou, dans le cas de l'acier, de les réutiliser si possible.

Le conditionnement par fusion des résidus radioactifs d'acier présente plusieurs avantages: il permet de réduire le volume du métal à évacuer, de fixer la contamination de surface par incorporation dans la masse du métal et de réduire les dimensions de la surface que la corrosion pourrait attaquer. Par ailleurs, l'effet décontaminant de la fusion est important pour le recyclage de l'acier. Pour les surfaces contaminées à géométrie compliquée ou d'accès difficile, la fusion permet de déterminer la radioactivité avec plus de précision.

Lors d'essais sur des aciers à faible radioactivité provenant de divers types de réacteurs, on s'est spécialement attaché à la répartition des divers radionucléides dans le métal, dans les scories et dans les effluents gazeux. Ainsi qu'on s'y attendait, les radioéléments métalliques tels que le cobalt et le nickel étaient répartis dans le lingot métallique. Le césium n'est pas retenu dans le métal mais peut se retrouver dans les scories. Les études sur la fusion se poursuivent et s'étendront à la ferraille d'acier contaminée par des actinides.

Des techniques d'enrobage dans des résines polymères sont à l'étude; elles devraient permettre de fixer de façon durable la contamination de surface sur les métaux et sur le béton. On étudie également des solutions de silicates pour lier les poussières en béton.

Pour les résidus de graphite, on a évalué divers modes de gestion: incinération, immersion en mer, enfouis-



Cette scie circulaire a été mise au point et soumise à des essais de démantèlement d'épais structures en béton dans des centrales nucléaires. (Photo: CEGB)

sement à faible profondeur et élimination dans des formations géologiques profondes. Les recherches ont comporté la détermination des radionucléides présents dans le graphite des réacteurs, des études théoriques du schéma fonctionnel de l'incinérateur et des emballages de déchets, des essais de lixiviation d'échantillons de graphite irradié, et des estimations des conséquences physiques et financières de la radioactivité. Il est apparu que tous les modes de gestion envisagés dans cette étude d'ensemble méritaient un complément de recherche et que, dans le choix du mode optimal, il fallait tenir compte des conditions propres à chaque cas d'espèce.

Conteneurs pour déchets

Les déchets radioactifs provenant du démantèlement des installations nucléaires devraient être transportés et éliminés dans des conteneurs plus grands que ceux qu'on emploie pour les autres types de déchets radioactifs afin de réduire les opérations de tronçonnage nécessaires à cette fin. Dans une étude initiale, on a élaboré les plans théoriques d'un conteneur non récupérable en béton armé et, pour les matières à très forte radioactivité, de conteneurs en fonte réutilisables. Dans de prochaines études, on envisagera également des conteneurs en fonte non récupérables, produits par recyclage de ferraille de faible radioactivité.

Estimation de la production de déchets radioactifs

Les déchets à faible radioactivité provenant du démantèlement des installations nucléaires finiront par représenter une part importante de volume total des déchets radioactifs de l'industrie nucléaire. Il faut donc en évaluer les quantités probables pour prévoir les installations d'évacuation nécessaires, et il est indispensable de connaître la radioactivité correspondante, plus particulièrement pour les radionucléides de longue période, afin de classer les divers types de déchets en fonction des modes d'élimination. Cette connaissance permet également de prévoir la décroissance de la radioactivité en fonction du temps, facteur important dont il faut tenir compte pour déterminer quand on pourra passer aux opérations de démantèlement, et quand, par conséquent, on aura besoin des installations d'évacuation. Comme il faut, à cet effet, arrêter des stratégies de référence pour les opérations de déclassement, on voit qu'il s'agit-là d'une opération de longue haleine.

On a mesuré la teneur en radionucléides d'échantillons d'acier et de béton activés provenant de réacteurs à eau bouillante mis à l'arrêt. On a en particulier mesuré l'épaisseur de la couche intérieure activée des écrans biologiques par examen de carottes.

Ce sont des éléments traces, dont les concentrations ne sont pas définies dans les spécifications des matériaux, qui constituent un grand nombre des éléments à l'origine de l'activation de l'acier et du béton. Pour calculer l'activation, il importe d'avoir des données sur ces concentrations qui sont parfois de l'ordre de quelques parties par million. Afin de déterminer les gammes de concentration que ces éléments traces peuvent avoir dans les matériaux des réacteurs, on a analysé des échantillons non radioactifs de diverses origines.

On a mis au point des méthodes permettant d'évaluer les conséquences radiologiques de divers modes de gestion de l'acier et du béton à faible activité provenant du démantèlement des centrales nucléaires. Ces méthodes sont indispensables si l'on veut définir les niveaux de radioactivité les plus faibles.

La mesure de la radioactivité des matériaux solides provenant des opérations de déclassement est un sujet auquel on accorde de plus en plus d'attention.

Caractéristiques de conception

La conception des installations nucléaires a évolué progressivement et bon nombre des perfectionnements apportés pour en faciliter l'exploitation en faciliteront aussi le déclassement. A titre d'exemple, on peut citer les améliorations des barrières de radioprotection, telles que les gaines à combustible ou les générateurs de vapeur, qui réduisent la contamination des centrales nucléaires.

En revanche, les exigences plus nombreuses en matière de sûreté ont eu pour effet d'augmenter le volume des composants et des structures à enlever lors des opérations de déclassement.

Les caractéristiques de conception susceptibles de faciliter le déclassement des centrales nucléaires ont également été étudiées. Si les prescriptions relatives à la sûreté et à la fiabilité de l'exploitation des réacteurs, ainsi que des conditions de rentabilité, limitent les possibilités de modifier la conception des centrales, certains perfectionnements méritent qu'on s'y attache de plus près. Telle est, par exemple, la réalisation de matériaux sans cobalt qui remplaceront les alliages au cobalt employés dans les circuits de refroidissement des réacteurs, par exemple pour les sièges des vannes.

Etablissement de principes directeurs

Dans le domaine du déclassement, on considère que l'établissement de principes directeurs est une œuvre de longue haleine, puisqu'il faut se fonder sur un ensemble judicieux de renseignements techniques. Le programme de la Communauté comporte à cet égard de nombreuses études pertinentes. Par ailleurs, une documentation a été constituée à partir de renseignements fournis par les Etats de la Commission des Communautés européennes (CCE) et pourra servir de base à l'élaboration de tels principes.

Il ressort que les systèmes d'autorisation et de contrôle actuellement en place, combinés aux normes de radioprotection en vigueur, permettent de déclasser les centrales nucléaires, selon chaque cas d'espèce. Cependant, il n'existe aucun règlement technique bien défini en la matière. Une incertitude fondamentale dans ce domaine qui, en définitive, vise à libérer les sites en vue de leur réutilisation, est due à l'absence de critères univoques permettant de faire la distinction entre les matériaux radioactifs et ceux qui ne le sont pas.

Techniques d'essais en réel

Certaines techniques de déclassement en cours d'étude ont déjà fait l'objet de nombreux essais en réel à l'occasion du programme de la CCE pour la période 1979-1983. Nous citerons à titre d'exemple la décontamination des composants en acier et des surfaces de béton d'une centrale à réacteur à eau bouillante mise à l'arrêt définitif et le recours au polissage électrolytique et à la scarification à la flamme.

Aujourd'hui, les essais en réel constituent une partie importante du programme et portent sur des opérations de décontamination et de démantèlement dans diverses centrales nucléaires et usines de fabrication de combustible mises à l'arrêt définitif.