

# Les évolutions techniques et réglementaires du démantèlement

par Jérémie AVEROUS, sous-directeur « installations de recherche, démantèlement, sites pollués, déchets » - DGSNR

## Le retour d'expérience des premières opérations de démantèlement, en particulier en ce qui concerne la gestion des déchets

Des opérations d'assainissement et de démantèlement d'installations nucléaires ont été réalisées en France dès le début des années 60. Quelques laboratoires de recherche, réacteurs expérimentaux et installations du cycle du combustible, appartenant notamment au Commissariat à l'énergie atomique (CEA), ont été démantelés dans les années 60 – 70. Puis, depuis le milieu des années 80, plusieurs réacteurs de puissance ont été partiellement démantelés ou ont entamé des travaux de démantèlement.

Aujourd'hui, de nombreuses installations nucléaires ont cessé leur activité ou sont en passe de le faire ; ce sont des installations qui pour la plupart ont été construites dans les années 1960, ou au début des années 1970, lors du développement intensif du programme nucléaire français. Dans ces installations, des opérations d'assainissement, et parfois de démantèlement, ont été entamées.

Par ailleurs, l'Autorité de sûreté nucléaire a mis en place, dans les années 1990, un cadre réglementaire très strict concernant la gestion des déchets radioactifs. Ce cadre réglementaire, fondé sur un zonage déchets réalisé a priori et non pas uniquement sur des mesures radiologiques, a conduit les exploitants à devoir adapter leur méthodologie d'assainissement. De nombreuses études et cas pilotes ont été conduits dans les années 1990 par les exploitants pour mettre au point des méthodologies d'assainissement efficaces et conformes à cette réglementation en matière de déchets radioactifs.

Enfin, quelques installations ont aujourd'hui atteint le stade du déclassement après la fin de leur démantèlement, et la façon de conserver la mémoire de l'utilisa-

tion passée du site a dû être examinée.

On constate aujourd'hui qu'à une phase que l'on pourrait qualifier d'expérimentale et de pionnière dans les années 1980 et 1990, succède une phase plus industrielle, employant des technologies et des méthodologies éprouvées sur de plus grandes échelles. Le cas de Brennilis en est un bon exemple : les travaux d'assainissement et de démantèlement sont réalisés avec beaucoup plus d'intensité depuis trois ou quatre ans.

## Le changement de stratégie de grands opérateurs nucléaires

Depuis 1997, des changements de stratégie importants ont également eu lieu chez de grands exploitants nucléaires.

EDF, notamment, pour les réacteurs de puissance, a changé complètement sa stratégie. Comme exposé dans le numéro de Contrôle de 1997, celle-ci était, à l'époque, basée sur une période d'attente d'une durée de 50 ans avant le démantèlement total de l'installation. Cette position a donné lieu à un certain scepticisme de l'Autorité de sûreté nucléaire quant à la capacité d'EDF à démontrer la tenue des



Le site de Brennilis

installations pendant cette durée et quant à la permanence de la mémoire des installations pour garantir la sécurité des travailleurs lors du démantèlement.

Pour différentes raisons, EDF a décidé en 2000 de démanteler immédiatement les réacteurs de première génération actuellement à l'arrêt, ainsi que Superphénix qui a été arrêté définitivement en 1997. Cette décision a donné lieu à une réorganisation profonde d'EDF, qui a conduit à la création d'une unité d'ingénierie dédiée, basée à Lyon, le CIDEN. Par ailleurs, EDF a défini un planning de travaux assortis d'autorisations réglementaires pour conduire au plus vite ces opérations, qui sont cependant prévues pour durer environ 25 ans.

Depuis 1997, beaucoup de choses ont également bougé au CEA, qui a vu la création d'un fonds dédié pour le démantèlement de ses installations lors de la création d'AREVA. Ce fonds permet actuellement au CEA d'engager les programmes de démantèlement de ses nombreuses installations arrêtées, qui avaient pris un retard certain faute de moyens financiers suffisants.

Ainsi, par rapport à la situation en 1997, il est possible de dire que les programmes de démantèlement des grands opérateurs nucléaires font partie de la réalité présente, et qu'ils sont aujourd'hui effectivement engagés sur une échelle industrielle.



L'assainissement de SILOE (CEA/Grenoble)

### La nécessité de mieux préciser l'encadrement réglementaire

Le régime juridique des installations nucléaires de base est actuellement défini par un décret datant de 1963. Ce n'est qu'en 1990 qu'il a été modifié pour prendre en compte la mise à l'arrêt définitif et le démantèlement des installations nucléaires de base.

L'expérience de l'encadrement réglementaire tel qu'appliqué jusqu'ici a mis en évidence un certain nombre de difficultés d'application, tant du point de vue administratif que du point de vue technique. En effet, il apparaît que la « mise à l'arrêt définitif » d'une installation nucléaire est très clairement subordonnée à une approbation par décret des dispositions proposées par l'exploitant, alors que le « démantèlement » d'une installation nucléaire n'est pas explicitement encadré, ce qui a conduit l'Autorité de sûreté nucléaire à généralement réglementer le démantèlement d'une installation nucléaire en tant que modification de l'installation.

La conséquence la plus directe de cette complexité des procédures administratives est de retarder l'enclenchement des opérations de démantèlement, ce qui peut être préjudiciable à la sûreté de l'installation (vieillesse de l'installation, perte de compétence du personnel). De plus, l'approche du démantèlement sous l'angle des modifications successives de l'installation nucléaire conduit à un fractionnement du projet de démantèlement de manière artificielle et implique une perte par l'exploitant, les autorités et le public de la vision globale du projet de démantèlement et de sa cohérence d'ensemble.

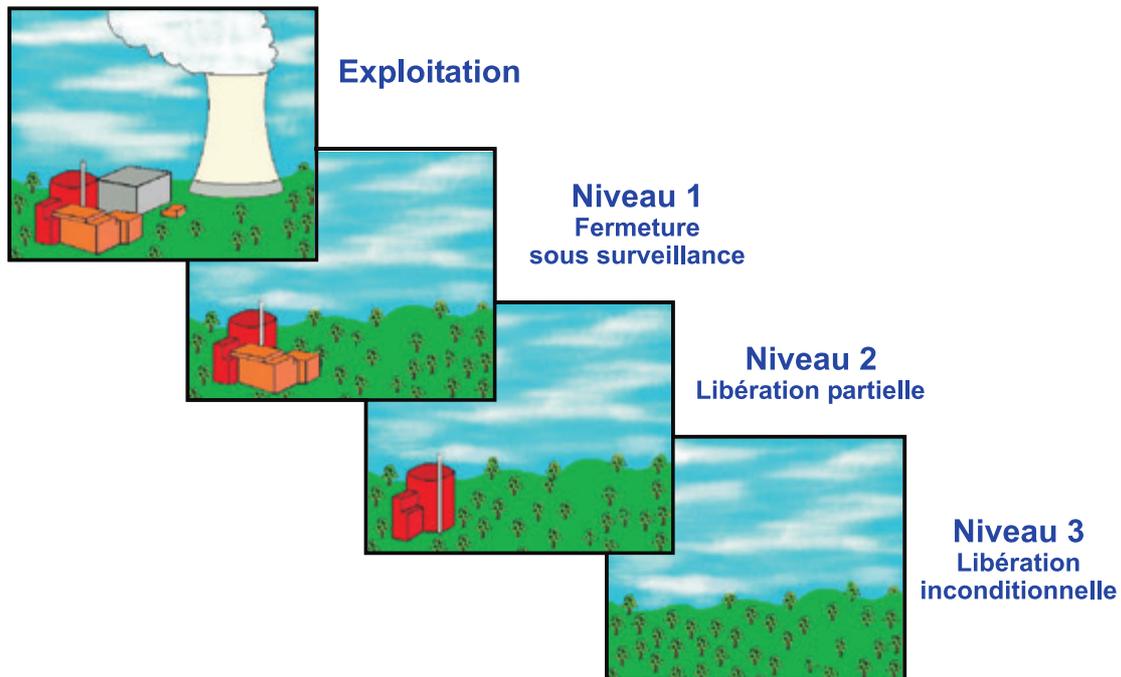
De plus, les niveaux de démantèlement tels que définis par l'AIEA au cours des années 1980, et notamment la libération inconditionnelle du site définie par le niveau 3, s'avèrent peu adaptés dans le contexte actuel. Il apparaît le plus souvent nécessaire aujourd'hui que, quel que soit l'état final du site, une trace de son utilisation passée soit conservée afin d'éviter à l'avenir de fâcheuses réutilisations dans des conditions qui pourraient conduire, soit à des risques sanitaires, soit simplement à une inquiétude du public. Il était donc nécessaire de redéfinir les modalités pra-

tiques et administratives du déclassement d'une installation nucléaire (radiation de la liste des INB) d'une façon mieux adaptée au contexte actuel.

– préciser les définitions des grandes étapes techniques du démantèlement pour mieux les adapter à la diversité des installations nucléaires ;

	Etat de l'installation	Surveillance	Caractérisation
<b>Niveau 1</b>	Retrait des matières fissiles et des fluides radioactifs. Maintien en l'état des différentes barrières d'étanchéité. Systèmes d'ouverture et d'accès verrouillés.	Contrôle de la radioactivité à l'intérieur et dans l'environnement. Inspections et contrôles techniques garantissant le bon état de l'installation.	Fermeture sous surveillance.
<b>Niveau 2</b>	Zone confinée réduite à son minimum. Parties facilement démontables enlevées. Aménagement de la barrière externe.	Surveillance réduite à l'intérieur du confinement. Maintien de la surveillance de l'environnement. Vérification des parties scellées.	Libération partielle ou conditionnelle.
<b>Niveau 3</b>	Évacuation de tous les matériaux ou équipements de radioactivité significative. Contamination des parties restantes en dessous du seuil nécessitant des précautions particulières.	Aucune surveillance, inspection ou vérification jugée nécessaire.	Libération totale et inconditionnelle.

## LES NIVEAUX AIEA



Les niveaux de démantèlement suivant l'AIEA (années 80)

### L'évolution du cadre réglementaire décidée en 2002

Ainsi, il est apparu nécessaire de réviser les modalités pratiques d'application du décret du 11 décembre 1963 afin de :

- favoriser les démantèlements complets engagés immédiatement ou légèrement reportés ;
- privilégier la présentation et la justification par l'exploitant, en amont du lance-

ment des procédures réglementaires, du scénario complet de démantèlement retenu, depuis la décision de son arrêt définitif jusqu'à la fin du démantèlement ;

– clarifier la notion administrative du déclassé d'une installation nucléaire de base et des critères qui peuvent y être associés, et préciser les servitudes à mettre en place sur les terrains et locaux déclassés.

Cette révision conduit à définir plus clairement les deux grandes phases de la vie d'une installation, associées chacune à un unique décret d'autorisation, le décret d'autorisation de création pour la phase d'exploitation et le décret d'autorisation de démantèlement pour la phase de démantèlement, ce qui permet de rééquilibrer l'importance donnée à la phase de démantèlement à la fois d'un point de vue technique et d'un point de vue administratif par rapport à celle donnée à la phase d'exploitation.

La clarification et la simplification administrative induites par cette révision permettent de mieux garantir la sûreté et la radioprotection lors du démantèlement des installations, notamment grâce à la vision d'ensemble qu'elles exigent de la part de l'exploitant.

Déjà entamé en 2001, le travail d'écriture d'une nouvelle note circulaire sur l'encadrement réglementaire du démantèle-

ment a fait l'objet d'un effort important de l'Autorité de sûreté nucléaire en 2002. Les exploitants nucléaires ont été consultés, pour prendre en compte au mieux le retour d'expérience des opérations de démantèlement réalisées dans les années 1990.

La nouvelle note circulaire, référencée SD3-DEM-01, a été signée et diffusée début 2003. Elle s'applique à l'ensemble des opérations de démantèlement entamées à partir de début 2003. La note est disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

### **Conclusion**

Le panorama présenté par ce numéro de 2003 diffère donc beaucoup de celui qui pouvait être présenté en 1997. Le démantèlement des installations est abordé de façon plus mûre et industrielle par les exploitants ; des programmes importants dans ce domaine vont être menés dans les années à venir. L'encadrement réglementaire, qui doit permettre de protéger le public, les travailleurs et l'environnement, a évolué afin de garantir de façon plus efficace la sûreté et la radioprotection lors de ces opérations, mais aussi après qu'elles soient terminées et que les sites concernés changent d'utilisation

# Sûreté et radioprotection lors des opérations de démantèlement : les risques principaux

par Estelle Chapalain, chargée d'affaires à la sous-direction « installations de recherche, démantèlement, sites pollués, déchets » – DGSNR

## Définition et étapes du démantèlement

Le démantèlement d'une installation nucléaire vise, après l'arrêt de l'exploitation d'une installation, à l'assainir pour réduire ou éliminer les substances dangereuses et à enlever les structures ayant contenu les substances dangereuses, afin de parvenir à un état où le risque résiduel est aussi faible que possible sur le site.

On distingue généralement plusieurs phases successives :

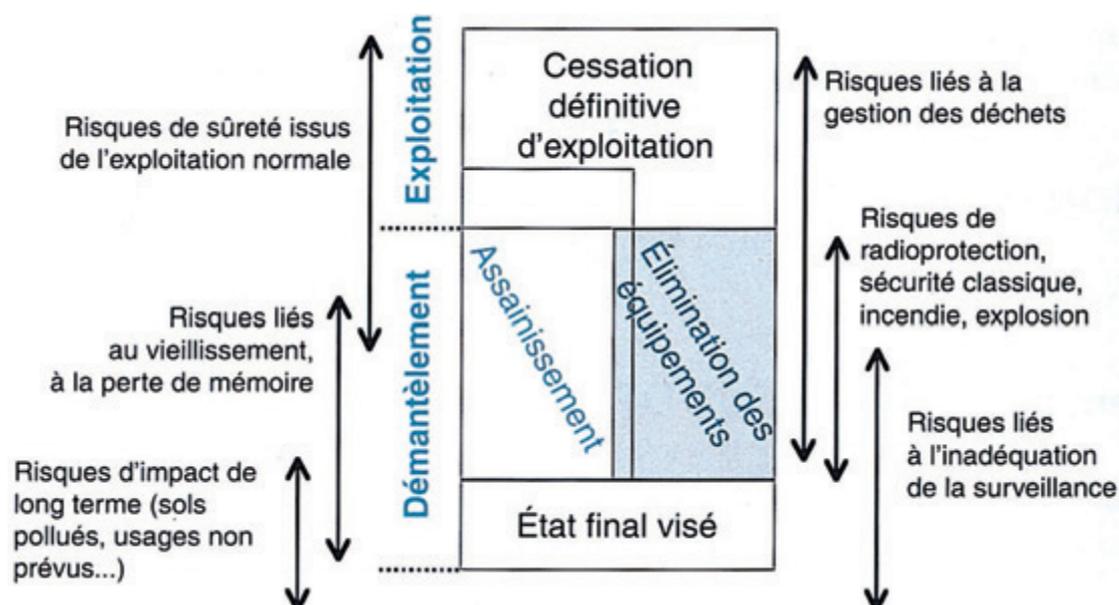
- la décision d'arrêt de l'exploitation de l'installation, correspondant à un engagement de l'exploitant. Cet engagement doit être accompagné d'une définition de l'état final visé, ainsi que du planning de démantèlement ;

- la cessation définitive d'exploitation, étape pendant laquelle, dans le cadre que permettent les règles d'exploitation habituelles, les équipes d'exploitation procèdent au rangement de l'installation, à l'évacuation du

maximum de substances dangereuses et à la mise à l'arrêt des procédés qui peuvent l'être ;

- différentes phases successives d'assainissement complémentaire et d'élimination de tout ou partie des équipements de l'installation, qui nécessitent une nouvelle autorisation car elles ne peuvent pas être effectuées dans le cadre des règles d'exploitation normales et qui permettent de diminuer progressivement le risque présenté par l'installation et donc la surveillance à laquelle elle est soumise ;

- enfin, l'atteinte de l'état final visé, qui est généralement un état dans lequel il est envisagé de conserver l'installation sur le moyen ou le long terme, et qui donne lieu à une caractérisation de la pollution radiologique et chimique du site, et la mise en place, en conséquence, d'une surveillance adaptée.



### Les risques liés à la sûreté lors du démantèlement

Les enjeux liés à la sûreté, c'est-à-dire à la protection des personnes et de l'environnement, peuvent être importants, tant lors des opérations actives de démantèlement, que lors des phases passives de surveillance. En outre, le caractère fortement évolutif de l'installation est un facteur de risque non négligeable dans la mesure où il est plus difficile que pour une installation en exploitation de garantir la prise en compte cohérente et exhaustive de l'ensemble des risques qu'elle présente.

La figure ci-dessus tente de résumer les principaux risques lors du démantèlement d'une installation et les périodes pendant lesquelles ces risques sont prépondérants.

Les risques liés à la gestion des déchets sont présents pendant toutes les phases où la production de déchets est importante ou très diverse.

Aux risques identifiés lors de l'exploitation de l'installation, généralement principalement liés au caractère radioactif des matières manipulées, se substituent au fur et à mesure du démantèlement des risques davantage liés à la radioprotection. En effet, ils diffèrent notablement de ceux initialement identifiés pendant la phase d'exploitation : les risques d'exposition externe et interne sont différents, le risque de dissémination de matière radioactive est généralement plus important du fait que le démantèlement implique la suppression d'une ou plusieurs barrières de confinement. Enfin, sont également à considérer les risques classiques pouvant générer des conséquences non négligeables du point de vue de la radioprotection (risque d'incendie dû aux travaux de découpe ou par points chauds, risque d'explosion, risque électrique, risque lié à la manutention, risque lié à l'usage de solvants, etc.). Par ailleurs, on peut observer un changement de l'importance et de la destination des risques liés à la radioprotection en phase de démantèlement : ceux-ci sont généralement plus faibles pour l'environnement mais plus forts pour les intervenants. Aussi, ces différents changements de la nature des risques liés à la radioprotection pour la phase de démantèlement montrent que les

projets de démantèlement sont à mener avec autant de rigueur que la phase d'exploitation.

Sont également à prendre en compte les risques liés à la sécurité classique (les opérations de démantèlement exigent que des travailleurs aillent dans des lieux qu'il n'était pas usuel de fréquenter en exploitation) ou des risques liés aux technologies utilisées pour le démontage et la découpe des structures (qui sont souvent des technologies par point chaud qui induisent des risques en terme d'incendie ou d'explosion). Les risques liés au problème de la stabilité de structures partiellement démontées sont également à prendre en considération, ainsi que les risques liés à l'obsolescence des matériels (notamment, en ce qui concerne les départs de feu dans les installations électriques anciennes).

Les travaux de démantèlement durent souvent, pour les installations nucléaires complexes, plus d'une décennie. En outre, elles succèdent souvent à plusieurs décennies d'exploitation. Le risque lié à la perte de mémoire de la conception et de l'exploitation de l'installation est très important, surtout si les anciens exploitants quittent l'installation, et il est prioritaire de savoir recueillir et consigner de façon utile les souvenirs des personnes impliquées dans ces phases, d'autant que la traçabilité de la conception et de l'exploitation d'installations anciennes est parfois aléatoire.

L'installation étant davantage démantelée, se pose la question de l'adéquation à chaque instant de la surveillance de l'installation à son état et aux risques qu'elle présente ; il est souvent nécessaire de substituer aux moyens de surveillance d'exploitation, transitoirement ou à demeure, d'autres moyens de surveillance (radiologique, incendie) plus adaptés. Comme il est difficile de constamment vérifier l'adéquation de la surveillance à l'état toujours changeant de l'installation, il existe un risque de ne pas détecter le début d'une situation dangereuse.

L'état final de l'installation étant atteint, il reste encore le risque qu'une pollution peu ou pas identifiée ou mal caractérisée n'implique un impact notable sur le site ou son environnement sur le long terme.



Illustration des risques : l'assainissement d'AT1 (La Hague)

### Retour d'expérience des opérations de démantèlement effectuées

On observe qu'il n'existe pas, aujourd'hui, d'obstacle technologique rédhibitoire au démantèlement des installations nucléaires. Ce type d'opération apparaît faisable, dans de bonnes conditions de sûreté et de radioprotection. Il est évidemment toujours possible à l'avenir d'optimiser les interventions à réaliser, grâce à l'emploi, par exemple, de moyens téléopérés, ou de mise en œuvre de technologies plus efficaces.

Le démantèlement des installations est un révélateur implacable de l'historique de l'installation et de plus ou moins bonnes pratiques d'exploitation, et, en termes de radioprotection et de sécurité du travail, une attention particulière doit être portée aux situations imprévues que l'on trouve parfois de ce fait.

L'Autorité de sûreté nucléaire considère que l'expérience passée montre qu'il vaut mieux démanteler le plus rapidement possible les installations nucléaires, et ce pour plusieurs raisons :

- la cessation définitive d'exploitation doit impérativement être réalisée avec les exploitants, sous peine de créer de nombreux et importants problèmes d'identification de matières et de matériels ;
- le risque de perte de mémoire en cas d'attente trop longue est réel et a déjà été observé ; il est nécessaire de toute façon

d'être capable de recueillir et d'utiliser les témoignages des anciens exploitants ; cependant, cela ne remplace pas le témoignage sur le vif lorsqu'on découvre une situation imprévue, qui peut rappeler des souvenirs ;

- le vieillissement des installations est parfois mal maîtrisé et peut conduire à des situations peu satisfaisantes sur le plan de la sûreté, en particulier en ce qui concerne les matériels et câbles électriques, les moyens de surveillance ;

- enfin, l'argument avancé parfois pour retarder le démantèlement, lié à la décroissance radioactive, apparaît peu important en gain par rapport aux inconvénients liés à une phase d'attente de plusieurs décennies (avec les incertitudes qui s'y attachent quant au contexte économique et réglementaire futur). En outre, les délais de réalisation des opérations de démantèlement des installations complexes, même si elles sont engagées sans attente et de façon continue, sont de l'ordre d'une ou deux décennies et permettent de bénéficier déjà de la plus grande partie du gain lié à la décroissance radioactive.

Par ailleurs, un certain nombre d'enseignements concernant plus spécifiquement la radioprotection peuvent être tirés des opérations de démantèlement déjà effectuées. Une première difficulté vient du fait que les dispositifs de prévention utilisés en radioprotection et en sécurité classique sont parfois en contradiction (nécessité de l'intervention de plusieurs personnes au titre de la sécurité classique, alors que l'op-



Illustration des risques : démantèlement de Saturne (CEA Saclay)

timisation de la dose collective conduirait à ne faire intervenir qu'une seule personne, par exemple). Aussi, l'Autorité de sûreté nucléaire recommande d'intégrer la sécurité classique dans l'analyse multicritères que doit mener l'exploitant au titre de l'optimisation de la radioprotection.

En matière d'organisation de chantier, l'Autorité de sûreté nucléaire recommande que, pour améliorer la connaissance de l'installation, le travail soit effectué en constituant des équipes mixtes (spécialistes et anciens exploitants connaissant l'installation). L'interview des anciens exploitants peut être nécessaire pour mieux appréhender l'historique de l'installation et connaître les incidents ou opérations de maintenance qui auraient pu entraîner des contaminations localisées (ex : Brennilis).

La meilleure caractérisation radiologique possible du lieu de travail doit être recherchée. Pour cela, l'Autorité de sûreté nucléaire recommande que des cartographies détaillées soit réalisées (en début et fin de chantier) tout en analysant également les éventuels risques chimiques.

Les travaux sous eau, qui sont des opérations fréquentes dans le cas du démantèlement d'installations nucléaires (assainissement de piscines, découpe sous eau, retrait de matériels des piscines) sont des opérations délicates à gérer du point de vue de la radioprotection. En effet, du fait de la rapide absorption des rayonnements ionisants dans l'eau, il est très difficile de faire des cartographies sous eau précises. Ce point constitue bien évidemment une protection des intervenants mais pose également le problème de l'évaluation de l'ambiance radiologique des piscines après vidange de l'eau car l'expérience montre que les débits de dose sous eau ne sont pas représentatifs



Illustration des risques : entreposage de déchets (Chooz A)



Illustration des risques : démolition de la cheminée de Superphénix

des débits de dose qui seront mesurés dans l'air. La recherche des points irradiants est également difficile. Par ailleurs, dans le cas où l'eau est contaminée en alpha, les opérations de déshabillages des plongeurs peuvent parfois être coûteuses en termes de contamination interne.

Par ailleurs, les appareils de radioprotection doivent faire l'objet d'une analyse préalable afin de vérifier qu'ils sont bien adaptés aux nouvelles conditions de travail liées au démantèlement.

Enfin, le rangement et la propreté des chantiers sont absolument nécessaires pour diminuer le potentiel calorifique du chantier, évacuer les déchets générés au plus tôt, limiter l'exposition des intervenants due à l'entreposage de déchets radioactifs et diminuer les risques d'accidents.

### Conclusion

Aux yeux de l'Autorité de sûreté nucléaire, même si les opérations de démantèlement posent des problèmes et présentent des risques spécifiques, les techniques correspondantes sont aujourd'hui maîtrisées dans un cadre industriel. Aux années d'apprentissage à la fin du vingtième siècle vont succéder au début du vingt-et-unième des années de développement de cette activité, compte tenu de l'arrêt d'un nombre croissant d'installations anciennes. Il importe, pour l'Autorité de sûreté nucléaire, que la sûreté et la radioprotection des opérations de démantèlement soient maîtrisées et optimisées, tout en n'imposant pas de contraintes injustifiées aux exploitants.

# Le programme de déconstruction des réacteurs nucléaires d'EDF arrêtés

Début 2001, EDF s'est engagé dans un vaste programme de déconstruction sur 20 à 25 ans, sans phase d'attente longue avant démantèlement total. Ce changement complet de stratégie nécessite un certain nombre d'évolutions techniques et organisationnelles pour pouvoir être mené à bien. C'est ainsi qu'EDF a créé le Centre d'ingénierie de la déconstruction et de l'environnement (CIDEN) à Lyon, ingénierie spécifiquement consacrée à ces opérations, et qu'à Brennilis (Finistère), en association avec le CEA et les entreprises, EDF a développé une technique d'assainissement des bâtiments contaminés qui respecte les exigences réglementaires et permet des rendements industriels significatifs à des coûts raisonnables. Par ailleurs, en cohérence avec les besoins en matière de déconstruction d'EDF, l'ANDRA s'apprête à

ouvrir mi – 2003 un Centre de stockage de déchets très faiblement actifs à Morvilliers (Aube, à proximité du Centre de Soulaines destiné aux déchets de faible ou moyenne activité), permettant d'accueillir les déchets du démantèlement. Enfin, la DGSNR, après avoir consulté les différents exploitants nucléaires, a simplifié l'encadrement réglementaire dans lequel s'inscrivent ces opérations.

Techniques de déconstruction, filières de traitement des déchets, nombreux défis à relever par le tissu industriel dans des domaines variés, nouvel encadrement réglementaire..., sont autant de facteurs dont dépendra le bon aboutissement de ce programme.

Dès son engagement, les premières réussites sont au rendez-vous, mais la route sera longue.

**par Michel Rotival, Directeur du CIDEN, Centre d'ingénierie déconstruction et environnement – EDF**

## La stratégie de déconstruction des réacteurs arrêtés

Le parc des réacteurs nucléaires d'EDF de « première génération » comprend 8 réacteurs construits dans les années 50 et 60 et mis définitivement à l'arrêt, après une vingtaine d'années de fonctionnement, entre 1973 et 1994. A ces réacteurs (Brennilis, Chooz A et les 6 réacteurs de la filière UNGG, uranium naturel graphite gaz de Chinon, Saint-Laurent et Bugey) vient s'ajouter Creys-Malville, arrêtée en 1997.

S'agissant de la déconstruction des réacteurs de 1ère génération, la position d'EDF était initialement la suivante :

- réaliser un démantèlement équivalent au niveau 2 de l'AIEA (zone confinée limitée au bâtiment réacteur) rapidement après l'arrêt

de la centrale (en pratique, dans un délai de 5 à 10 ans),

- différer le démantèlement équivalent au niveau 3 de l'AIEA (libération totale du site) pendant une durée de 25 à 50 ans après l'arrêt de la centrale, avec l'avantage significatif de bénéficier de la décroissance de la radioactivité.

La stratégie d'attente longue de 25 à 50 ans entre les niveaux 2 et 3 de démantèlement posait différents problèmes, notamment :

- difficulté de démontrer, pendant des périodes aussi longues, la tenue des parties sensibles des installations (par exemple : structures internes et caisson UNGG), la conservation des compétences et des données, et la faisabilité, le moment venu, du démantèlement final ;

- risque du fait de cette attente de longue durée de laisser se développer dans l'opinion l'idée

que l'industrie nucléaire ne disposait pas de solutions industrielles pour le démantèlement et, en particulier, pour le devenir des déchets correspondants.

Compte tenu de ces éléments, EDF a adopté, début 2001, une stratégie plus offensive en matière de déconstruction et a retenu un programme de déconstruction complète de tous ses réacteurs à l'arrêt dans la période de 2000 à 2025.

Cette stratégie présente les avantages suivants :

- 1) elle permet de ne pas laisser en suspens les problèmes techniques mentionnés ci-dessus ;
- 2) elle apporte dans la période 2000-2020 – période-clé pour le maintien ouverte de l'option nucléaire – la démonstration concrète de la faisabilité du démantèlement, au plan industriel,

au plan du devenir des déchets et au plan financier (mécanismes de provisions) ;

3) elle fait porter les charges du démantèlement des réacteurs de première génération sur une période calendaire antérieure à l'engagement des investissements de renouvellement du parc REP en exploitation ;

4) enfin, elle permet de mettre à profit cette période 2000-2020 pour bâtir l'organisation industrielle (ingénierie et industrie) qui permettra d'aborder, avec un bon degré de préparation, le démantèlement du parc REP actuel, au-delà de 2020.

En adoptant cette stratégie, EDF a fait le choix de démontrer sa capacité à déconstruire ses anciennes centrales nucléaires en réalisant effectivement ce travail dans un délai raison-



Les réacteurs EDF concernés par le programme de démantèlement

nable, facilement appréhendable par qui-conque, à l'échelle d'une vie humaine.

L'échelonnement des dépenses annuelles prévues pour réaliser ce programme conduit à un montant cumulé, pendant les 25 ans, d'environ 3 milliards d'euros.

Le choix en faveur de cette stratégie est une décision qui conduit à une anticipation des dépenses de déconstruction mais qui contribue à maintenir ouverte l'option nucléaire.

### **Priorités et architecture générale du programme**

Le nouveau programme matérialise l'engagement d'EDF de déconstruire totalement les 9 réacteurs arrêtés, à l'horizon 2025.

L'option prise est de structurer en deux « vagues ».

Une première vague enclenchée dans la continuité des engagements antérieurs regroupe cinq priorités :

- déconstruction totale d'EL4 à Brennilis à l'horizon 2015,
- déconstruction totale de Creys-Malville à l'horizon 2025,
- déconstruction totale de la chaudière REP de Chooz A avant 2015/ 2020,
- engagement de la déconstruction tête de série d'un caisson graphite-gaz en 2007 à Bugey 1 et achèvement du démantèlement à l'horizon 2025,
- désilage des chemises graphite à Saint-Laurent avant 2010.

- Une deuxième vague est constituée par les 5 tranches UNGG restantes (Chinon A1 à A3, Saint-Laurent A1 et A2), en décalé d'environ 3 ans par rapport à la première vague pour permettre un retour d'expérience suffisant de la déconstruction de Bugey 1.

La mise en œuvre de la première vague nécessite l'achèvement de la majorité des travaux de niveau 2 antérieurement engagés.

### **Les conditions de réussite du programme**

Elles sont essentiellement au nombre de trois.

#### *1. Disposer des filières d'évacuation des déchets produits*

L'ampleur du programme conduira à la production de quantités importantes de déchets

de divers types. Il nécessite, en particulier, de disposer, en plus du centre de stockage FMA (faible et moyenne activité) de l'ANDRA (CSA) :

- du stockage TFA (très faible activité) qui sera mis en service au deuxième semestre 2003 ;
- de la mise en service d'un stockage dédié avant 2010 pour le graphite des UNGG ;
- de l'ouverture d'un entreposage dédié pour les déchets moyennement actifs à vie longue autres que le graphite à l'horizon 2007.

Pour éviter une évacuation des déchets à flux tendu, des entreposages « tampons » provisoires devront être prévus sur les sites.

#### *2. Obtenir les autorisations de démantèlement complet*

Les dossiers de demande d'autorisation de démantèlement seront déposés, pour la première vague, en 2003 et 2004.

Les autorisations sont sur le chemin critique des travaux de niveau 3.

#### *3. Mettre en place une organisation industrielle permettant de maîtriser les aspects techniques, sûreté et radioprotection, coûts, délais du programme*

Vis-à-vis des industriels, le rôle d'EDF est sensiblement de même nature que celui rempli lors de la construction du parc nucléaire : maîtrise d'ouvrage, rôle d'architecte ensemblier et part de maîtrise d'œuvre permettant de créer puis de maintenir les compétences strictement nécessaires pour jouer efficacement le rôle d'architecte ingénieur.

Pour cela, il a été décidé de confier la responsabilité de la conduite du programme de déconstruction à la Division ingénierie nucléaire (DIN) de la Branche énergies.

Le pilotage est assuré à deux niveaux :

- au niveau de la Direction de la DIN, qui agit en tant que commanditaire par délégation de la Branche énergies ;
- au niveau du CIDEN (Centre d'ingénierie de déconstruction et environnement) appartenant à la DIN, qui assure le pilotage opérationnel.

Cette unité dédiée a été créée et mise en place en 2001, en cohérence avec la décision d'engager la déconstruction totale des réacteurs arrêtés.

Au sein du CIDEN, la responsabilité du projet de déconstruction de chaque centrale est

confiée à une direction des opérations qui assume la responsabilité technique, coût et délais de l'opération. Les directions d'opérations ont en appui commun un département ingénierie organisé en pôle de compétences métiers (déchets, radioprotection-environnement et technologie de déconstruction ...) assurant la cohérence entre les opérations et la capitalisation du retour d'expérience.

Sur les sites où cohabitent un (ou des) réacteur(s) en déconstruction et des réacteurs en exploitation, la responsabilité d'exploitant nucléaire est portée par le directeur du centre nucléaire de production, le CIDEN assurant la conduite et la surveillance des travaux. Sur les

sites où il n'y a pas de réacteur en exploitation, la responsabilité d'exploitant nucléaire est portée par le CIDEN.

### **Conclusion**

Deux ans après, on peut constater que la décision d'EDF d'engager le programme de déconstruction totale de ses réacteurs arrêtés, en donnant à tous les acteurs d'un tel programme de la visibilité sur la durée, a créé les conditions favorables à une véritable maîtrise industrielle (sûreté, radioprotection, déchets, coûts, délais ...) du bouclage du cycle de vie des centrales nucléaires.

# Un exemple de projet de démantèlement avec une vision globale : Superphenix

par **Michel Rotival**, directeur du CIDEN, Centre d'ingénierie déconstruction et environnement – EDF

Quatre ans après la mise à l'arrêt définitif du réacteur, les principaux choix stratégiques et avant-projets sommaires ont été élaborés. Une demande d'autorisation de démantèlement complet sera soumise cette année à l'approbation de la DGSNR.

Après les travaux actuels couverts par le décret de 1998 concernant essentiellement le déchargement des combustibles fissiles et fertiles, l'extraction des faux assemblages aciers de protection, la déconstruction des parties non nucléaires et les modifications fonctionnelles de certains circuits, le programme va s'articuler en trois grandes phases correspondant chacune à la disparition d'une source de risque :

- l'élimination du risque lié au sodium, de 2006 à 2010 ;
- l'élimination du risque radiologique par le démantèlement des structures les plus actives jusqu'à 2015 puis l'assainissement des bâtiments jusqu'en 2020 ;
- la phase terminale de déconstruction classique de bâtiments.

## ÉLIMINATION DU SODIUM

Trois qualités différentes de sodium sont identifiées sur le site. Elles sont liées à son utilisation pendant le fonctionnement :

- le sodium du circuit primaire (3300 tonnes), faiblement radioactif, est actuellement sous forme liquide à 180°C dans la cuve du réacteur ;
- le sodium du circuit secondaire (1550 tonnes) est solidifié à température ambiante dans les réservoirs d'exploitation destinés à cet effet, situés en partie basse des bâtiments ;
- le sodium du dispositif de manutention du combustible démantelé en 1987 (670 tonnes) est entreposé solidifié à température ambiante dans les réservoirs ayant servi à accueillir le sodium neuf.

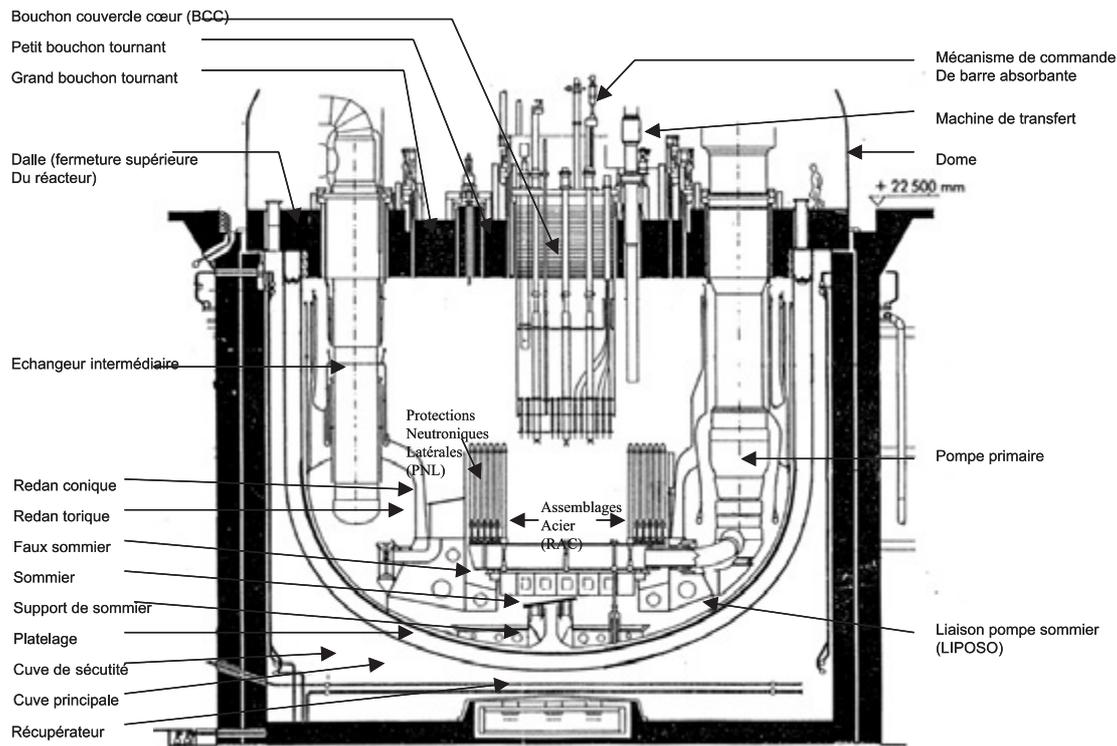
### *A – Procédé de transformation du sodium en déchets stockables*

Le sodium est une matière première dans l'industrie chimique et de transformation, mais des filières de valorisation directes n'ont pu être trouvées compte tenu de son caractère légèrement radioactif. Les études préliminaires sur son traitement ont conduit au choix d'un procédé simple et robuste, sous licence CEA, développé par Novatome et déjà mis en œuvre industriellement sur d'autres sites.

Le sodium de Creys-Malville (cf. § ci-dessus) va faire l'objet d'une vidange et d'un traitement en ligne grâce à un procédé appelé NOAH, apte à transformer de grandes quantités de sodium en soude, produit chimique stable. Ce procédé permet par simple mélange contrôlé du sodium à de la soude, d'obtenir de la soude de concentration 10N et un dégagement d'hydrogène sécurisé. La soude, utilisée comme eau de gâchage, sera intégrée dans des blocs de béton. La capacité moyenne de traitement sera de 5 tonnes de sodium par jour. Les blocs de béton seront entreposés sur site de façon provisoire. Deux files de traitement



Le réacteur superphénix



coupe du bloc réacteur de superphénix

chimique (installation TNA) et une installation de conditionnement par cimentation seront installées dans la salle des machines après le démontage des groupes turbo-alternateurs de 2 x 600 MW.

L'ensemble des matériels nécessaires à la transformation du sodium est conçu avec la méthodologie et le référentiel de sûreté de conception et d'exploitation du réacteur qui prend déjà en compte le risque lié au sodium. Cette opération durera environ 4 ans, de 2006 à 2010, pour éliminer l'ensemble du sodium.

#### B – Vidange des différents sodiums pour traitement

Les opérations débuteront par le sodium secondaire et le sodium du dispositif de maintenance du combustible. Après dégel, le sodium sera transféré dans les réservoirs de tête de l'installation TNA, constitués par les réservoirs de stockage d'une boucle secondaire et adaptés à cet usage. Les différents réservoirs de stockage seront par la suite carbonatés\* et démantelés tout comme les boucles secondaires déjà vidangées.

\* Carbonatation : transformation du sodium résiduel en carbonates grâce à une circulation de gaz carbonique humide.

Le sodium vidangé sera traité dans l'installation TNA de la même façon que le sodium secondaire.

Pour ce qui concerne le sodium primaire, il est nécessaire de vidanger totalement la cuve du réacteur avant d'entreprendre la deuxième étape du programme (§ 2 ci-après). Cela nécessite des opérations préalables (perçage des rétentions internes, mise en place de siphons et système de pompage) permettant le traitement des zones à rétention.

Cette vidange sera ensuite réalisée avec une pompe électromagnétique immergée, développée spécifiquement. Pendant cette opération, les gros composants présents à l'intérieur de la cuve du réacteur seront extraits (8 échangeurs, 4 pompes primaires notamment), permettant ainsi l'élimination d'autres rétentions dans ou sous ces composants.

En fin de vidange, une série de contrôles télévisuels, visuels par fibroscopes, et par ultrasons permettront de s'assurer de l'élimination presqu'entière du sodium.

Après vidange totale du réacteur, la première opération préalable au démantèlement des structures fixes du bloc réacteur sera une carbonatation de l'ensemble des parties internes pour éliminer le sodium résiduel, suivie d'un nettoyage contrôlé à l'eau.

## **ÉLIMINATION DES PARTIES ACTIVES DU BLOC REACTEUR ET CONDITIONNEMENT DES DECHETS**

### *A – Radioprotection*

En raison des dispositions prises à la conception, seules les structures proches des assemblages combustibles ont été très activées, ce sont principalement les faux assemblages d'acier dits réflecteurs aciers et les protections neutroniques latérales ainsi que le sommier du réacteur.

Toute l'étude du démantèlement final du bloc réacteur a été bâtie sur le principe ALARA. La stratégie adoptée vise l'élimination la plus rapide possible des sources irradiantes.

Pour ce qui concerne les parties les plus actives (§D ci-après), deux variantes ont été étudiées, un démantèlement sous eau ainsi qu'un démantèlement en air téléopéré par des opérateurs intervenant sur dalle. La première variante est actuellement privilégiée.

Le remplissage en eau de la cuve permet de constituer une barrière biologique efficace pour les premières opérations de découpes des parties fortement actives du sommier du réacteur (présence de stellites activés en Co60 représentant 92 % du terme source restant et un débit de dose sous eau de l'ordre de 1000 Sv/h).

### *B – Élimination des faux assemblages (cuve pleine de sodium)*

Avant vidange du sodium de la cuve, ces 1260 faux assemblages d'acier seront extraits à partir de la fin d'année 2003, en utilisant la chaîne de déchargement classique des assemblages combustibles, assurant ainsi la radioprotection et le confinement.

Les plus irradiés de ces faux assemblages aciers seront entreposés dans la piscine pour une décroissance radioactive. L'autre partie sera conditionnée en containers et expédiée soit au Centre de stockage de l'Aube (CSA), soit au Centre de stockage des déchets de très faible activité (CSTFA) en fonction des radio-éléments présents et de leur niveau d'activité, caractérisés par prélèvements de matière.

### *C – Sortie et traitement des gros composants (pompes et échangeurs) lors de la vidange de la cuve*

Le retrait des composants sera réalisé lors de la vidange du sodium de la cuve qui sera ainsi facilitée. (cf. § 1.B). Ces composants sont très peu activés compte tenu de leur position dans la cuve. Ils seront extraits sous gaz neutre grâce à des hottes existantes, le remplacement d'un gros composant étant une opération possible lors de l'exploitation. Ces hottes de manutention permettent de garantir le confinement durant toutes ces opérations de manutention.

Après retrait, un bouchon sera mis en place au niveau de la traversée dalle afin de reconstituer l'étanchéité et la protection biologique de la dalle.

Ces gros composants seront découpés et lavés dans des puits de lavage existants, conditionnés et évacués vers l'aire d'entreposage dans l'attente de leur évacuation vers le CSTFA.

### *D – Démontage des structures internes (dont le sommier du réacteur)*

Après remplissage en eau de la cuve (variante privilégiée), la première opération sera une opération de levage et manutention de grande ampleur : la dépose du bouchon couvercle cœur (BCC), permettant l'accès aux structures inférieures.

Une cellule de confinement sera installée au-dessus de la dalle pour permettre les opérations de démantèlement final des structures internes et des cuves.

Les parties les plus activées (partie basse du BCC, chandelles du sommier) seront découpées et évacuées par des moyens téléopérés. Une hauteur d'eau suffisante permettra de garantir la protection biologique des intervenants et d'assurer le piégeage de la contamination issue de la découpe.

Une fois les structures irradiantes évacuées, l'intervention humaine pour la poursuite des découpes des structures internes sera possible sous air. La cuve sera donc vidangée. Les déchets seront rincés et conditionnés.

La cuve de sécurité (non contaminée et non irradiée) aura pour fonction un confinement parfaitement adapté à la découpe de la cuve

primaire et de tous les éléments fixes internes qui la composent.

Le démontage de la cuve principale puis de la cuve de sécurité pourra se faire avec des règles de gestion simplifiées.

La mise en gabarit des déchets sera réalisée directement dans la cuve, assurant un confinement au plus près des sources de contamination.

Les déchets les plus irradiants seront conditionnés et entreposés sur site dans l'attente de leur évacuation au CSA après décroissance radioactive éventuelle, les moins irradiants étant acheminés au CSTFA.

### **ASSAINISSEMENT DES BATIMENTS ET DE-CONSTRUCTION CLASSIQUE**

La démarche consiste en un classement a priori des locaux en différentes catégories en fonction de leur utilisation et de leur historique ; les catégories définissent le type d'assainissement nécessaire.

80% des locaux de zone contrôlée sont exempts de toute contamination ou activation. Les gravats de béton légèrement radioactifs retirés lors de l'assainissement seront envoyés au CSTFA.

Après assainissement final, des inspections et des mesures seront effectuées pour valider la suppression de l'activité.

Les locaux seront ensuite déclassés et démolis de façon classique.

### **CONCLUSION**

Les études préalables menées dans le cadre préparatoire à la demande d'obtention du décret de démantèlement de l'INB réacteur ont permis :

- d'identifier les risques spécifiques de chacune des 3 phases ;
- de réaliser des choix structurants permettant la maîtrise des risques identifiés ;
- de préparer la réalisation des chantiers les plus délicats (perçage des éléments internes de la cuve sous sodium, carbonatation de la cuve, inspection, découpe robotisée sous forte irradiation, optimisation de la gestion des déchets...).

Elles ont permis d'élaborer un scénario prévisionnel de déconstruction totale et de le justifier en termes de sûreté, de radioprotection, de déchets...

C'est à partir de ce scénario de base que sera élaboré le lotissement industriel des opérations et spécifié aux entreprises leur cahier des charges.

Dans la phase de consultation, la place reste ouverte aux initiatives pour optimiser la déconstruction en terme de « technique, coût, délais », dans le respect de la démarche de sûreté présentée en appui de la demande d'autorisation de déconstruire.