État final d'un laboratoire chaud du CEA à Grenoble, après écroûtage des surfaces puis contrôles radiologiques.

DÉMANTÈLEMENT : HÉRITAGE DU PASSÉ, PERSPECTIVES D'AVENIR

© CEA

CEA, ACTEUR DE LA PREMIÈRE HEURE DU DÉMANTÈLEMENT

Infographie

LE DÉMANTÈLEMENT NUCLÉAIRE

LA RECHERCHE ET L'INNOVATION AU SERVICE DU DÉMANTÈLEMENT

INTERVIEW LAURENCE PIKETTY

L'émergence d'une nouvelle filière industrielle

Leader sur l'ensemble du cycle de l'électronucléaire, la France assume également les exigences d'assainissement-démantèlement de ses installations nucléaires en fin d'exploitation. À ce titre, le CEA fait figure de pionnier tant dans la maîtrise d'ouvrage de chantiers que dans la R&D pour en optimiser les délais, coûts et sûreté. Définir le scénario le plus adapté, caractériser l'état radiologique des équipements, décontaminer les lieux, procéder au démontage et optimiser les déchets qui en découlent : fort de ce large panel de compétences et de la diversité de ses installations concernées, la direction de l'Énergie nucléaire du CEA (CEA-DEN) développe des solutions innovantes qui font déjà l'objet de transferts industriels.

Dossier réalisé par Amélie Lorec

Intérieur du bâtiment de l'ancien réacteur Mélusine, du site CEA de Grenoble, assaini et démantelé.

© E.Stanislas/CEA

CEA, ACTEUR DE LA PREMIÈRE HEURE DU DÉMANTÈLEMENT

Deux tiers des installations nucléaires françaises en fin d'exploitation appartiennent au CEA. Une situation liée à son histoire qui implique la mise en œuvre de chantiers d'assainissement/démantèlement, aux enjeux scientifiques, humains et financiers sans précédent…

Au cours des années cinquante à quatre-vingts, le monde a vu se construire la majorité des installations nucléaires. Les plus anciennes ont été progressivement arrêtées pour laisser place à de nouvelles activités. Plusieurs raisons à cela : programmes de recherche ou de production achevés, équipements obsolètes, maintenance lourde, ou évolution de la réglementation. Que se passe-t-il alors ? En résumé, ces installations vont être nettoyées, et réutilisées en fonction des besoins ou éventuellement détruites. Dans le langage du nucléaire, on parle d'assainissement-démantèlement. Une activité qui représente un marché estimé à 220 milliards d'euros dans le monde sur vingt ans[1] ! En France, ce sont près de trente installations nucléaires qui sont aujourd'hui concernées…

Vingt ans d'expertise pour le CEA… et des situations nouvelles à chaque fois !

Une fois lancé, un chantier d'assainissement-démantèlement s'étale sur plusieurs années… Et cette véritable « course de fond », le CEA la connaît bien. Acteur historique de la recherche nucléaire en France, il gère des installations en fin d'exploitation dans ses propres centres depuis plus de vingt ans : réacteurs de « première génération », réacteurs de recherche, laboratoires, installations de traitement de déchets… *« La totalité des installations du centre de Grenoble a par exemple été déconstruite, et sera déclassée par les instances de sûreté »* raconte Bernard Vignau, chef de Département[2] au CEA-DEN. *« Ce chantier d'envergure, réalisé pour la première fois à l'échelle d'un site, a permis de faire place nette pour des laboratoires en recherche technologique. »*

Sur les 43 installations que le CEA exploite, 22 sont aujourd'hui en cours de démantèlement. Parmi elles, les INB[3] du centre de Fontenay-aux-Roses qui est en pleine reconversion pour passer du génie nucléaire au génie biologique, les réacteurs Phénix à Marcoule et Rapsodie à Cadarache, l'usine UP1 de retraitement de combustibles et l'atelier pilote de Marcoule… *« Aucun de nos chantiers n'est identique ce qui nous empêche de bénéficier d'un "effet de série". Même si nous profitons d'un retour d'expérience d'une opération à l'autre, il faut toujours chercher à être ingénieux pour trouver des solutions aux situations encore jamais rencontrées. C'est chaque fois une source nouvelle de connaissances sur les travaux et les efforts de recherche engagés »*

témoigne Bernard Vignau. La grande diversité de ces installations, que ce soit par leur nature, leur taille ou leurs spécificités techniques, confère ainsi au CEA-DEN une expertise unique en maîtrise d'ouvrage et en R&D, que ce soit pour l'assainissement, le démantèlement ou la reprise et le conditionnement des déchets radioactifs anciens. Ce savoir-faire s'avère par ailleurs très précieux dès la phase de conception des futures installations nucléaires qui oblige, dorénavant, chaque exploitant à considérer leur démantèlement. Tel est le cas du projet international Iter, réacteur expérimental de fusion thermonucléaire, actuellement en construction à Cadarache.

Une course de fond en plusieurs étapes

Mais concrètement, comment se déroulent de telles opérations ? Tout commence par la définition du scénario du chantier et des moyens d'intervention à mettre en œuvre en collectant les données initiales sur l'installation (plans, équipements...) et en évaluant son état radiologique (taux d'irradiation, locaux contaminés...). Ce scénario est réalisé conformément au **référentiel de sûreté**• de l'installation qui, pour une INB en arrêt définitif, évolue du statut « d'exploitation » à celui de « démantèlement ». Il précise alors l'état final visé, l'analyse des nouveaux risques induits par les opérations, l'étude des déchets produits, des rejets, de la dosimétrie, etc. Conséquences : une nouvelle cartographie des risques radiologiques est réalisée, avec l'individu au cœur des préoccupations pour s'assurer de sa protection contre une éventuelle contamination ou irradiation au cours des opérations. En parallèle, un dossier administratif relatif à la gestion des déchets est élaboré, évaluant leur impact environnemental pour s'assurer qu'ils seront acceptés par l'Andra[4]. À partir du scénario retenu, et une fois les autorisations délivrées par l'Autorité de sûreté nucléaire compétente (ASN ou ASND[5]), s'ensuit l'entrée en phase de préparation : délimitation du périmètre des opérations, installation d'un circuit de ventilation pour protéger l'environnement de travail, mise en œuvre du matériel de radioprotection... Enfin, les travaux démarrent, tout d'abord pour évacuer les matières, puis assainir, c'est-à-dire nettoyer et éliminer les substances radioactives des équipements et parties des installations. Ce travail s'effectue en amont du démantèlement qui, lui, consiste à démonter et évacuer l'ensemble des objets et locaux. Un chantier qui peut prendre plus d'une décennie... Le rapport de fin d'intervention, faisant état des bilans radiologique, de sécurité et de déchets, servira ensuite pour autoriser le déclassement définitif de l'installation qui pourra être complet ou partiel.

Démolition de la cheminée du réacteur G1 à Marcoule.

Un défi technique et un enjeu financier

Quant au coût de tels chantiers, Laurence Piketty, directrice de l'Assainissement et du Démantèlement nucléaire du CEA-DEN, estime que *« dans les prochaines années, le CEA dépensera environ 700 millions d'euros par an pour ses programmes d'assainissement-démantèlement, d'exploitation et de gestion des déchets. Financées par des fonds dédiés[6], nos provisions s'élèvent aujourd'hui à 16,7 milliards d'euros, dont 80 à 90 % seront réinjectés dans l'industrie française. »* C'est un réel challenge pour les équipes de mener ces projets complexes à leur terme tout en tenant les coûts et les délais, et surtout en respectant strictement, à chaque étape, le référentiel de sûreté des installations imposé par l'ASN. L'une des clés de la réussite pour respecter ces nombreuses exigences passe notamment par une R&D ciblée pour optimiser les outils et les procédés *(voir article page 48)*. ●

• **Référentiel de sûreté :** ensemble des règles qui autorisent le fonctionnement d'une installation nucléaire de base.

Chantier d'assainissement d'une sorbonne ventilée de type boîte à gants à Fontenay-aux-Roses.

Notes :

1. *Estimation du cabinet de conseil Arthur D. Little en stratégie, innovation et technologie.*
2. *Département des projets d'assainissement/démantèlement.*
3. *Installation nucléaire de base.*
4. *Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.*
5. *Autorité de sûreté nucléaire Défense.*
6. *Les lois de 2006 stipulent qu'en France les exploitants doivent provisionner l'intégralité des charges futures de démantèlement.*

LE DÉMANTÈLEMENT NUCLÉAIRE

Toute installation nucléaire de base (réacteurs nucléaires, laboratoires…) a une durée d'exploitation limitée. À l'arrêt de son utilisation, elle est assainie (élimination des substances radioactives) et démantelée (démontage des éléments), selon un référentiel de sûreté, puis déclassée pour servir à de nouveaux usages ou être démolie. Les opérations d'assainissement/démantèlement concernent l'ensemble de ses composants, comme les cellules blindées que certains laboratoires peuvent contenir par dizaine.

Caractérisation
Avant toute intervention, il faut élaborer le protocole du référentiel de sûreté et définir le scénario le plus approprié. L'environnement de la cellule blindée est donc inspecté pour quantifier et qualifier son état radiologique initial. Objectifs : dresser l'inventaire radioactif de ses équipements, catégoriser les déchets qui seront générés, déterminer les dispositions de radioprotection à mettre en œuvre. Cette caractérisation se fait notamment avec des outils de détection et de mesure comme les alpha ou gamma caméras, développées au CEA.

Ménage nucléaire
Les travaux se poursuivent en vidant le contenu de la cellule blindée. Les divers instruments ayant servi aux expériences sont découpés et placés par téléopération dans une poubelle de 20 litres. Celle-ci est évacuée, *via* un sas étanche ouvert depuis l'intérieur par le téléopérateur, dans un « Padirac » (conteneur en plomb de 3 tonnes), accosté à l'extérieur de la cellule, qui est ensuite conditionné dans des colis de déchets.

Assainissement
Le caisson de la cellule est vide mais une pellicule d'éléments radioactifs peut subsister sur ses parois. Le téléopérateur y applique un gel oxydant de décontamination et gratte les parois pour recueillir des copeaux qui sont introduits dans le « Padirac ».

Infographie : David Torondel com ci com ça **- textes : Amélie Lorec**

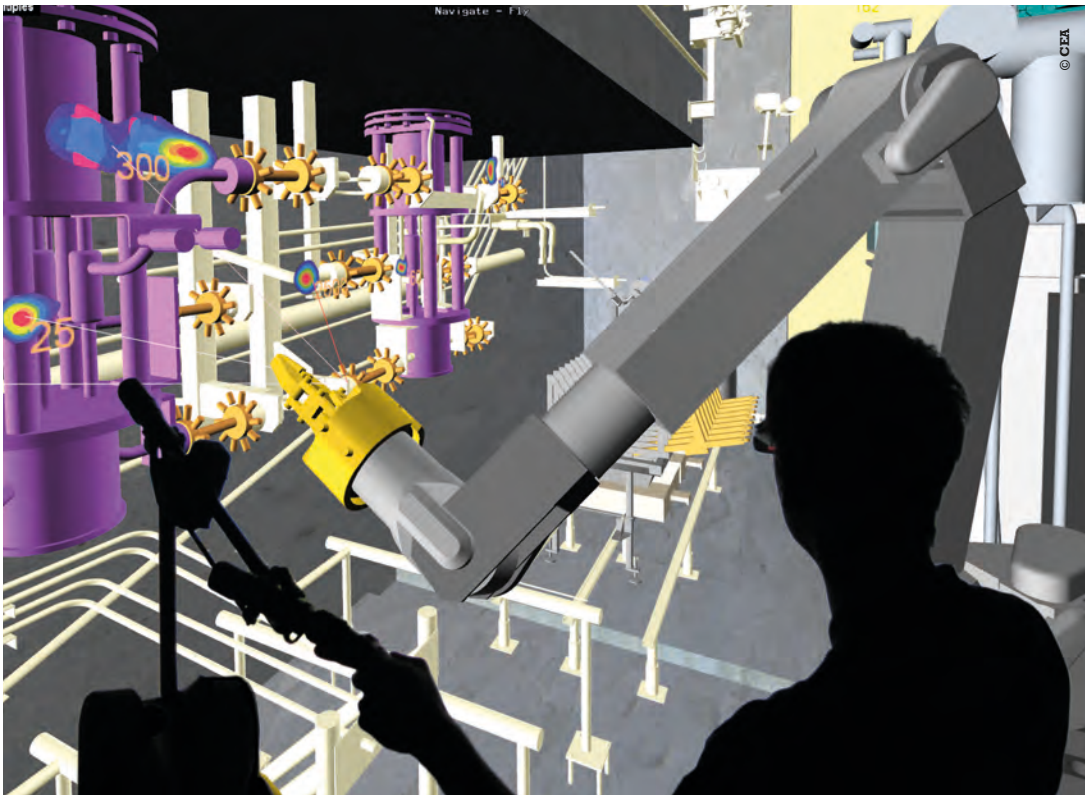
Plus d'informations sur www.cea.fr

Démantèlement de la protection biologique
La protection biologique non contaminée de la cellule, enveloppe externe généralement en plomb pour empêcher les rayonnements bêta et gamma de la traverser, peut être démontée. Pour ce faire, un sas de vinyle ventilé est installé autour de la cellule pour la confiner et aspirer les poussières générées par la découpe des éléments par l'opérateur. Pour sa protection, ce dernier s'équipe d'une tenue blanche recouverte d'une blouse de « papier », avec gants et masque filtrant.

Démantèlement du caisson
Le caisson contaminé par des radioéléments est découpé en morceaux, qui sont mis dans des colis et évacués, tout comme les débris de la protection biologique, par un sas propre au gros œuvre. Pour cette opération, l'intervenant met une tenue en vinyle ventilée en surpression, par laquelle il respire avec une adduction d'air, pour se protéger des éventuelles traces de radioactivité qui pourraient demeurer dans le caisson en inox de la cellule.

Assainissement final
Toujours dans le sas en vinyle, il reste à démonter la semelle en béton qui supporte la cellule blindée. Une fois cette surface du sol détruite au marteau-piqueur, l'installation décontaminée peut être « déclassée » après contrôle radiologique, et le bâtiment l'abritant peut être démoli ou servir à de nouveaux usages.

À SAVOIR
Le référentiel de sûreté
Le référentiel de sûreté correspond à l'ensemble des règles qui encadrent l'exploitation d'une installation. En entrant en phase d'assainissement/démantèlement, ces règles sont modifiées. Le nouveau référentiel, qui fait l'objet d'une autorisation par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN ou ASND), précise et cadre alors les grandes étapes du chantier, les délais, l'état final visé, les moyens mis en œuvre, les risques induits (rejets, dosimétrie...), les déchets produits et les filières de traitement associées.



Simulation d'une intervention téléopérée sur une cellule blindée avec visualisation des points chauds, dans la salle immersive de Marcoule.

LA RECHERCHE ET L'INNOVATION AU SERVICE DU DÉMANTÈLEMENT

Maître d'ouvrage sur ses projets d'assainissement-démantèlement, le CEA consacre également une forte activité de recherche et développement (R&D) afin de diminuer les délais, les coûts et les déchets des chantiers actuels et futurs, tout en améliorant leur sûreté. Les innovations qui en découlent donnent souvent lieu à des transferts industriels.

« Pour honorer le scénario des chantiers et être encore plus performants sur les prochains, il nous faut au maximum éviter les aléas des travaux et positionner nos recherches sur l'ensemble des étapes » commence Christine Georges, chef de Programme[1] au CEA-DEN. Ces efforts de R&D portent en premier lieu sur l'évaluation de l'état radiologique des installations, dès le début du chantier puis tout au long des opérations. Il s'agit de localiser les **points chauds**•, d'identifier les radioéléments et d'estimer l'activité radiologique des matériaux pour les trier en fonction de leur catégorie *(voir encadré p.50)*. Cette tâche est loin d'être aisée car, parfois, les plans d'architecte des installations construites dans les années soixante ne sont pas aussi précis qu'aujourd'hui, omettant par exemple le tracé de certaines canalisations qu'il faut à tout prix prendre en compte… De même, des incertitudes peuvent demeurer sur l'état des substances radioactives contenues depuis des dizaines d'années dans les cuves, retardant d'autant le début des opérations qui ne peuvent commencer sans une caractérisation globale.

• **Point chaud :** source où le niveau de radioactivité est supérieur à un seuil déterminé.

Des technologies innovantes pour quantifier à distance la radioactivité

Pour faire face à ces imprévus, les chercheurs du CEA-DEN ont dû innover. Ainsi est née la nouvelle génération de « gamma caméra » qui permet de repérer, situer et quantifier les points chauds dans des zones inaccessibles, enjeu majeur pour établir le plan des opérations de démantèlement. Son principe : amplifier l'émission des rayons gamma par les radioéléments sous la forme d'un signal électrique qui est détecté et transformé en image. Afin

d'aboutir à une version industrielle compacte et sensible de cette caméra, le CEA a su exploiter toute son expertise[2], allant de la conception d'un détecteur jusqu'à l'utilisation experte d'un système final. Les ingénieurs du CEA-DEN ont également mis au point, en partenariat avec la société IVEA, une technologie d'analyse à distance de la matière : la Libs[3]. Installé sur un drone ou manipulé par un opérateur, son dispositif focalise un faisceau laser par impulsion sur le matériau à analyser pour créer un plasma qui émet, en se refroidissant, un rayonnement lumineux caractéristique des éléments du matériau. Un système optique, couplé à un spectromètre, permet ensuite de collecter cette lumière, de l'analyser et de renseigner sur la composition élémentaire. Inédite, cette technologie a aussi été mise en œuvre à bord du rover Curiosity de la Nasa pour déterminer la composition du sol de Mars. Mais revenons sur Terre…

Choisir le scénario le plus adapté grâce à la simulation du chantier

Un chantier d'assainissement-démantèlement ne saurait toutefois commencer sans un minimum de préparation. Là, la modélisation et la simulation numérique sont essentielles, tant pour valider un scénario que pour entraîner ou former les opérateurs sur une intervention. En 2008, le CEA-DEN s'est doté à Marcoule d'une salle de réalité virtuelle, la « salle immersive », équipée d'un grand mur d'images simulant des opérations à l'échelle 1 pour qu'un utilisateur puisse répéter virtuellement l'ensemble des opérations qu'il aura à mettre en œuvre. Ces simulations sont générées par le logiciel Chavir qu'il a développé et testé avec succès sur plusieurs de ses chantiers pilotes, notamment à Fontenay-aux-Roses, avant une prochaine mise sur le marché. Fort de son expertise, il a été approché par la start-up Oreka Sud qui commercialise un simulateur 3D d'aide à la décision qui donne la vision globale d'un projet de démantèlement. *« Le logiciel Demplus est capable d'établir techniquement plusieurs scénarios d'intervention et d'évaluer les principaux paramètres associés : bilan déchets, bilan dosimétrique, estimation du budget et planning. Le CEA-DEN nous a apporté son retour d'expérience pour pouvoir intégrer des données de terrain et avoir des simulations au plus près de la réalité »* témoigne Luc Ardellier, directeur d'Oreka Sud. Quel avantage pour le CEA ? Avec cet outil, les réponses des industriels à ses propres appels d'offres pourront être standardisées et leur comparaison, de fait, plus facile pour choisir le dossier le plus adapté aux besoins.

Assainir et démanteler sans s'exposer

« Notre R&D se concentre également sur la phase d'assainissement final des locaux pour la décontamination radioactive des surfaces, des sols… avant leur démontage et destruction » souligne Frédéric Charton, responsable de projets de R&D au CEA-DEN. C'est ainsi que des procédés chimiques inédits ont vu le jour. Présentés sous forme de mousses ou de gels contenant des éléments actifs, ils sont injectés dans des zones complexes difficiles d'accès, comme des circuits de ventilation ou des cuves de stockage, pour y capturer les radioéléments et se liquéfier à leur contact. Les liquides sont ensuite récupérés pour être traités comme des **effluents**•. On parle de mode d'élimination « par transfert » de la radioactivité. Dans la décontamination toujours, les chercheurs s'attellent aussi à concevoir des techniques mécaniques ou par laser.

À ces opérations d'assainissement des structures succède le démantèlement, notamment des milieux hostiles et très irradiants. Pour faciliter ces opérations et protéger les intervenants, de nouveaux outils de **téléopération**• sont conçus. Ces systèmes robotisés « prolongent » la main de l'opérateur, comme le bras Maestro développé en partenariat avec la société Cybernétix. À Saclay, les scientifiques ont également créé DELIA, plateforme d'évaluation de procédés pour une découpe laser immergée ou dans l'air, pour étudier les vitesses d'action et épaisseurs de découpe.

Mise au point de mousses et de gels de décontamination chimique.

• **Effluent :** liquide usé pollué ou contaminé.

• **Téléopération :** intervention qui s'effectue à distance, et non pas au contact direct des éléments à démanteler.

Notes :

1. *Programme Valorisation assainissement-démantèlement.*
2. *Collaboration avec la direction des Sciences de la matière (CEA-DSM) et CEA Tech.*
3. Laser Induced Breakdown Spectroscopy.

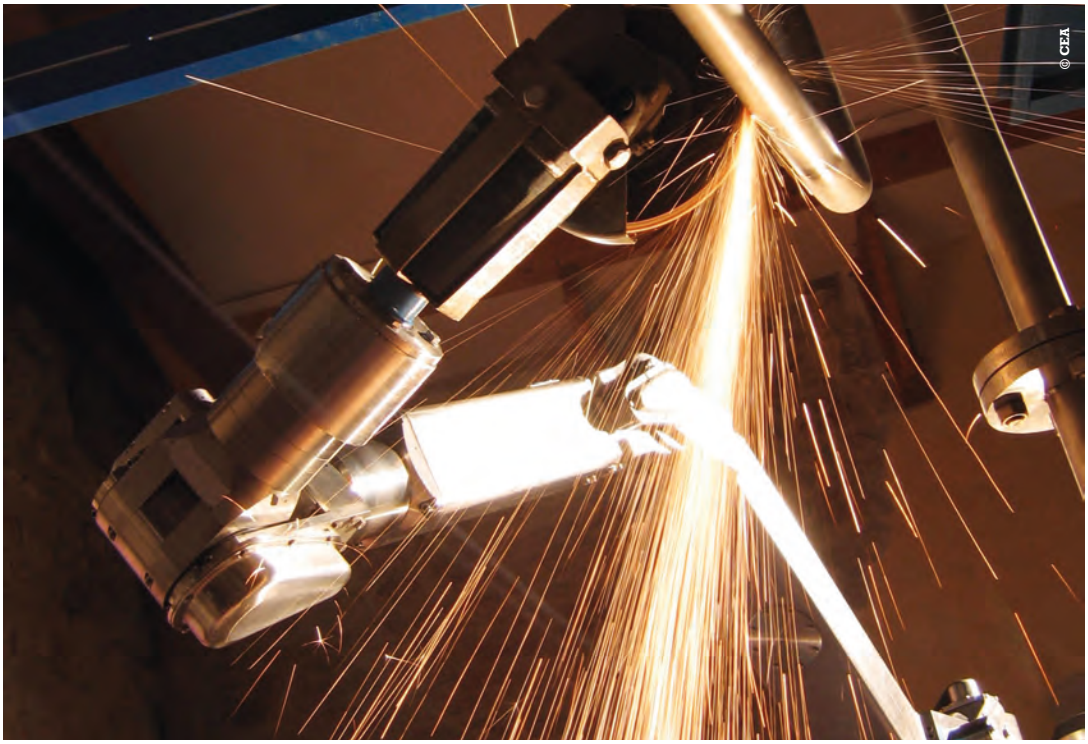
Des installations pour traiter les déchets et effluents générés…

Tous ces travaux génèrent des déchets, en plus de ceux issus des activités nucléaires passées du CEA. Là encore la R&D prend tout son sens pour minimiser leur volume et leur toxicité, optimiser leur traitement et conditionnement, comprendre et démontrer les mécanismes de comportement à long terme, tout en s'assurant que les colis finaux auront une filière de stockage à l'Andra. Des installations spécialement adaptées à la nature des déchets ont vu le jour comme, en 1978, l'atelier de vitrification dédié au traitement des solutions de produits de fission de haute activité de Marcoule (AVM), puis, avant sa fermeture fin 2012, à la vitrification des effluents de rinçage décontaminants de l'usine UP1. Sur le même site, depuis 1966, la Station de traitement des effluents liquides (STEL) permet notamment de bitumer des effluents de faible et moyenne activité issus des opérations de traitement de combustibles usés. Une contrainte toutefois avec cette matrice organique : sous l'effet des rayonnements, le bitume évolue par radiolyse et génère de l'hydrogène gazeux à l'entreposage. Des programmes de R&D sont ainsi en cours pour renforcer les démonstrations de maîtrise du comportement de tels colis, notamment en vue de leur futur stockage en milieu géologique en condition de sûreté maîtrisée. *« La station STEL devient aujourd'hui "STEMA" pour remplacer ce bitume par une matrice minérale, en ciment »* explique Thierry Advocat, chef de Programme[4] au CEA-DEN. Des chercheurs du CEA ont déterminé la formule optimale de compatibilité physico-chimique entre le déchet et ce nouvel enrobage puis ont évalué le vieillissement du produit final. Pour les effluents organiques de faible activité, une autre technique a été développée pour les minéraliser : l'oxydation hydrothermale qui leur impose des conditions de température et de pression supercritiques pour que la « métamorphose » opère.

Quant aux déchets plus anciens, héritages du passé du CEA, il faut parfois les reconditionner. À Marcoule, cette opération a été entamée dans les années 2000, sur les 60 000 fûts de bitume anciens entreposés en fosse et **casemates**•. Objectif : les caractériser pour connaître leur nature et la quantité de matière fissile qu'ils contiennent, puis les catégoriser pour qu'ils soient acceptés par l'Andra. Pour ce faire, le CEA-DEN a recours aux mêmes dispositifs d'analyses non destructives que ceux utilisés pour la cartographie radiologique d'un chantier, et d'analyses destructives, comme les techniques de mesures nucléaires des émetteurs bêta à vie longue. ●

• **Casemate :** abri enterré, souvent en béton.

Note :
4. *Programme Gestion des flux de déchets et matières.*



Bras Maestro permettant des opérations de découpe téléopérées.

CINQ CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS

Il existe cinq grandes catégories de déchets radioactifs, en fonction de leur niveau de radioactivité et de leur durée de vie :
- TFA, très faible activité (27 % du volume des déchets radioactifs produits en France) ;
- FMA-VC, faible et moyenne activité à vie courte (63 % de ce volume) ;
- FA–VL, faible activité à vie longue, (7 %) ;
- MA-VL, moyenne activité à vie longue (3 %) ;
- HA-VL, haute activité à vie longue, représentant 96 % de la radioactivité totale des déchets mais seulement 0,2 % de leur volume.

Un chantier de démantèlement génère très majoritairement des TFA. Par exemple, celui des INB du centre CEA de Grenoble a produit 96,1 % de TFA, 3,7 % de FA, 0,1 % de MA et 0,03 % de HA.

L'ÉMERGENCE D'UNE NOUVELLE FILIÈRE INDUSTRIELLE

Le démantèlement constitue sans conteste un marché d'avenir sur lequel le CEA, fort de l'expertise acquise depuis vingt ans, entend bien se positionner. En France bien sûr, *via* des transferts industriels avec les principaux acteurs du secteur, mais aussi à l'étranger !

Assainissement-démantèlement, est-ce l'émergence d'une nouvelle filière industrielle ?

En 2013, le parc nucléaire français était composé de 125 installations, dont une trentaine en cours de démantèlement, principalement au CEA, chez EDF et Areva. À travers le monde, ce sont 300 réacteurs qui devront être arrêtés dans les vingt années à venir. Et ce marché a été estimé à 220 milliards d'euros sur vingt ans par un cabinet d'étude, dont 31,9 milliards rien qu'en France. Le démantèlement devient un élément à part entière du cycle de l'industrie nucléaire, de fait, c'est un secteur d'emplois en forte croissance. Au CEA, près de 800 salariés et 2000 à 2500 intervenants d'entreprises extérieures agréées par la commission CAEAR[1] sont mobilisés sur nos chantiers.

Cette activité repose donc sur de nombreuses compétences ?

Les métiers de l'assainissement-démantèlement regroupent plusieurs domaines d'activité : sûreté/sécurité, ingénierie, BTP, maintenance, assainissement, gestion des déchets. Ils font ainsi appel à des compétences d'exploitation et de projet. Les chefs d'installation sont garants des aspects sûreté, sécurité, radioprotection, et sont responsables de la gestion des déchets et des transports sur leur installation. Les chefs de projet doivent intégrer la coordination entre l'avancement « projet » et les contraintes nucléaires. C'est la synergie entre ces différents acteurs sur le terrain qui contribue à la réussite des chantiers. D'autres compétences ont par ailleurs émergé, en appui aux opérations, grâce à la R&D menée au CEA-DEN, et des cycles de formation spécifiques à ces métiers du démantèlement sont proposés, notamment à l'INSTN[2].

L'expertise du CEA a-t-elle vocation à être diffusée à l'extérieur ?

La valorisation de notre expérience et de nos métiers est un réel objectif. Le centre de Marcoule de la direction de l'Énergie nucléaire s'apprête ainsi à accueillir le PVSI, Pôle national de valorisation des sites industriels. Son objectif est d'encourager les transferts de technologies et la R&D collaborative entre les principaux acteurs français du démantèlement, grâce au soutien de la région Languedoc-Roussillon. Il permettra notamment de préserver la valeur existante des bassins industriels, d'améliorer l'offre et la compétitivité des entreprises et d'offrir de nouvelles formations. Un autre exemple est la sollicitation du CEA-DEN par l'IRID[3] en tant qu'expert, fournisseur de R&D et point d'entrée vis-à-vis des entreprises françaises pour accroître la coopération internationale sur le démantèlement de la centrale de Fukushima. Enfin, le résultat de notre activité R&D se traduit régulièrement par de nouveaux transferts industriels, comme sur nos technologies de téléopération et simulation. ●

Propos recueillis par Amélie Lorec

Notes :

1. *Commission d'acceptation des entreprises d'assainissement radioactif et de démantèlement.*
2. *Institut national des sciences et techniques nucléaires.*
3. *International Research Institute for nuclear Decommissioning.*