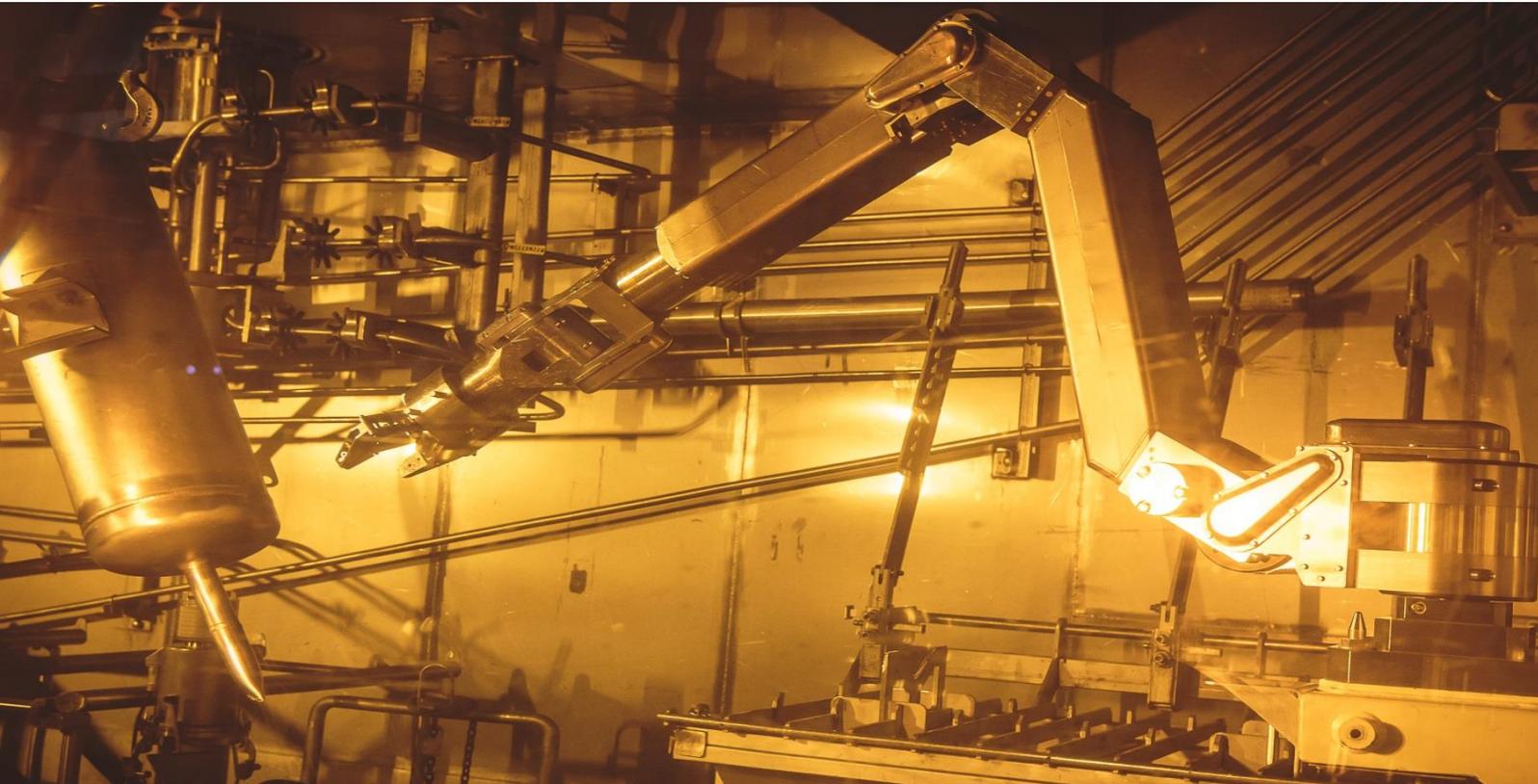


DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

## Dossier de presse

30 mars 2016



**MAESTRO :**

**La robotique au service du démantèlement nucléaire**

**Contacts presse**

Tuline Laeser | [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) | 01 64 50 20 97 – 06 12 04 40 22

Nicolas Tilly | [nicolas.tilly@cea.fr](mailto:nicolas.tilly@cea.fr) | 01 64 50 17 16 – 06 82 47 39 85

**Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**

**Direction de la communication | Service Information Média**

91191 Gif-sur-Yvette | 01 64 50 20 11 | fax : 01 64 50 28 92

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	4
<b>1. MAESTRO : un système téléopéré complet</b> .....	5
<b>2. La genèse de MAESTRO : plus d'une décennie de R&amp;D</b> .....	6
<b>3. Un outil qualifié, des opérateurs formés</b> .....	8
<b>4. Le chantier MAESTRO de découpe laser à l'Usine UP1</b> .....	9
<b>5. Le chantier MAESTRO de découpe mécanique à l'Atelier pilote de Marcoule (APM)</b> .....	11
<b>6. Mesure nucléaire, décontamination... d'autres exemples de technologies pour démanteler</b> .....	13
La mesure nucléaire .....	13
Les procédés et technologies de décontamination .....	14
<b>À propos du CEA Marcoule</b> .....	16

## Introduction

En tant qu'exploitant nucléaire, le CEA est responsable du démantèlement de ses installations et de la gestion des déchets qui en sont issus. Aujourd'hui, 22 installations nucléaires sont en cours de démantèlement au CEA. Elles sont de natures très variées : réacteurs expérimentaux, laboratoires de chimie, stations de traitement d'effluents et de déchets, pilotes et usine de retraitement... Le démantèlement de chaque installation est donc quasiment un cas particulier et couvre des opérations spécifiques. Le CEA s'appuie sur son expertise en la matière, construite sur de nombreuses années, et sur des méthodes et outils dédiés et standardisés pour mener à bien ses programmes.

Parmi les procédés innovants mis au point et développés par le CEA pour ses chantiers de démantèlement, en lien avec des partenaires industriels, le robot téléopéré MAESTRO fait figure de prouesse technologique. Il offre la possibilité d'accéder en milieu hostile où le niveau de radioactivité interdit l'accès aux travailleurs, et de réaliser, à l'aide de différents outils, différentes missions nécessaires dans le cadre d'un chantier de démantèlement : mesure, découpe, décontamination...

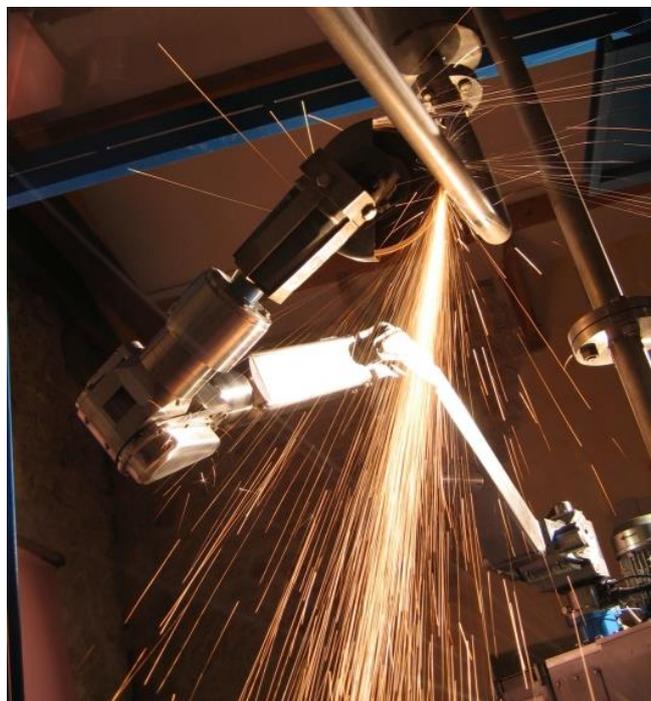
Après avoir été introduit en juin 2015 sur un premier chantier « actif » (de très haute radioactivité) à l'Atelier pilote de Marcoule (APM) où il poursuit aujourd'hui le démantèlement d'une cellule haute activité, MAESTRO opère début 2016, en première mondiale dans un environnement de très haute activité, la découpe par laser des dissolvants (cuves en acier de forte épaisseur) de l'Usine d'extraction du plutonium (UP1).

---

### Opérer à distance

La téléopération permet d'intervenir dans des zones radioactives inaccessibles à l'homme, de réduire les doses reçues par les opérateurs et de limiter la pénibilité du travail. Les opérateurs utilisent des robots industriels (matériels de levage et de manœuvre, par exemple) souvent couplés à des techniques télécommandées : télémanipulateurs, outillage semi-automatique permettant de travailler à distance suffisante des sources de rayonnement, derrière des barrières de protection biologique (murs en béton, vitres au plomb).

---



© CEA

# 1. MAESTRO : un système téléopéré complet

MAESTRO est un robot pionnier unique au monde. Issu de plus de dix années de R&D, cet outil est un véritable outil industriel téléopéré, spécialement conçu pour la réalisation de travaux de démantèlement en milieu hostile. Co-développé par le CEA et la société Cybernetix (Marseille), il constitue un système complet qui allie les capacités et les outils de plusieurs robots, et apporte de nouvelles capacités d'interventions. C'est un outil indispensable pour gagner en productivité et en sécurité dans les chantiers de démantèlement les plus hostiles.

Conçu spécialement pour le démantèlement, dans un milieu de haute activité radiologique, MAESTRO est opérationnel là où les personnels ne sauraient intervenir. À cet effet, le robot a été « durci » pour résister aux niveaux de radioactivité rencontrés sur les chantiers au CEA. Les éléments les plus sensibles, notamment électroniques sont protégés, et le tout a été conçu pour être décontaminable et faciliter la maintenance en actif.

MAESTRO est constitué d'un bras de commande (le bras « maître ») et d'un bras « esclave » téléopéré, depuis une salle de commande déportée, par deux opérateurs. Ceux-ci travaillent à partir de reports vidéo de l'environnement à démanteler, couplés à des simulations 3D de ce même environnement. La télémanipulation assistée par ordinateur en fonctionnement « maître-esclave » permet à l'opérateur d'intervenir depuis une salle de commande éloignée de plusieurs mètres à plusieurs dizaines de mètres de la zone hostile.

Le Système MAESTRO est le résultat d'un procédé modulaire : il est composé de plusieurs briques technologiques :

- le bras « esclave » MAESTRO, auquel peuvent s'adapter différents outils, opère sur le chantier sans présence de l'homme ;
- situé à distance, le bras « maître » Virtuose actionne le bras MAESTRO. Grâce au retour d'effort, il est le prolongement des mains du téléopérateur ;
- le logiciel TAO 2000 assure la communication entre les deux bras ;
- le superviseur *Magritte* pilote MAESTRO et tous ses périphériques ;
- enfin, un changeur d'outils pour passer, à l'aide d'une interface unique, d'un outil standard à une autre (pince et outils mécaniques, sondes de mesures nucléaires, outils de découpe).

---

## Cybernetix, partenaire du CEA

Cybernetix est un des leaders mondiaux de la robotique et de solutions industrielles complètes dans les secteurs de l'énergie (nucléaire et pétrolier). L'entreprise développe et met en œuvre des systèmes complexes dans les domaines de la manutention automatique, de la téléopération et du contrôle-commande, notamment dans les secteurs de la fusion et de la fission nucléaire.

---

## 2. La genèse de MAESTRO : plus d'une décennie de R&D

Le robot MAESTRO est issu de plus de dix ans de R&D. Il émerge d'un besoin du CEA pour la réalisation de ses propres chantiers de démantèlement.

C'est au milieu des années 1990 qu'un premier accord de collaboration a été signé entre l'Ifremer<sup>1</sup>, Cybernétix et le CEA pour la réalisation d'un bras hydraulique d'intervention en milieu hostile. L'année suivante, un second accord a été signé entre Technicatome, Cybernétix et le CEA pour le développement d'un contrôleur permettant d'assurer une mission de la Télémanipulation Assistée par Ordinateur (TAO). En 1998, le prototype de bras MAESTRO a été pour la première fois couplé à un bras maître via le contrôleur TAO 2000, donnant ainsi naissance à de la TAO à retour d'effort. Le système restitue les informations de force – résistance ou souplesse – grâce à un dispositif « haptique » qui reproduit pour, l'opérateur, les sensations du toucher. Suite à de premiers essais fonctionnels et opérationnels sur une durée de 400 heures, le prototype du bras MAESTRO a alors été qualifié par le CEA.

Durant les années 2000, les spécifications de l'ensemble du système MAESTRO ont été adaptées pour répondre aux différents besoins du CEA en matière de démantèlement d'installations nucléaires. Ce système propose en effet plusieurs modules adaptables à la configuration du chantier.

La version industrielle de MAESTRO a ensuite été conçue et fabriquée à partir du milieu des années 2000. Sa qualification est passée par des tests d'endurance, représentant plus de 1 000 heures de fonctionnement. Parallèlement, un ensemble de différents composants a été mis au point par le CEA sur son centre de Fontenay-aux-Roses en région parisienne puis lui-même testé en endurance sur une plateforme inactive (c'est-à-dire sans radioactivité) du CEA à Pierrelatte (Drôme). C'est après plus de 1400 heures de fonctionnement à Fontenay et Pierrelatte en 2003 et 2004 que le bras MAESTRO a été déclaré qualifié pour les travaux de démantèlement.

La centrale hydraulique et le contrôleur embarqué, qui assurent le bon déplacement du bras, ont également nécessité d'importants programmes de R&D, en particulier afin de réduire la taille et le nombre des câblages : autant de « fils à la patte » susceptibles de compliquer ou réduire les facultés de mouvement du bras et son évolution aisée en milieu nucléaire.

Les travaux réalisés ont, en particulier, permis de placer MAESTRO et le contrôleur embarqué directement sur la centrale hydraulique, en zone chantier. Ce choix a permis de

---

### MAESTRO en quelques dates

1995 : premier accord de collaboration  
1996 : développement contrôleur TAO  
1998 : Couplage bras-contrôleur  
2000-2005 : tests de qualification  
2005 : transfert à Cybernetix de modules développés au CEA  
2015 : mise en fonction dans les installations UP1 et APM du CEA

---

<sup>1</sup> Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

réduire à une vingtaine de millimètres – au lieu d'une centaine – le diamètre du faisceau de câbles (ou « ombilic ») nécessaire aux communications avec le bras maître et les opérateurs. Comment ? Grâce à une liaison haut débit qui aide le contrôleur embarqué à contrôler, dans un espace réduit, tous les périphériques se trouvant sur le système : bras esclave et centrale hydraulique bien sûr, mais aussi tourelles caméra-éclairage, procédés électriques de commande des outils (dont la puissance passe à l'intérieur du bras), sans oublier les retours son et vidéo.

Le CEA a lui-même développé le contrôleur embarqué « durci » ((résistant aux rayonnements), la version V2 du TAO 2000, et le superviseur graphique. Ce système industriel a été qualifié à travers des essais fonctionnels et opérationnels, ainsi que par des tests sous irradiation pour en valider sa tenue à l'irradiation.

MAESTRO est destiné principalement à des chantiers de démantèlement en haute activité dont il permet d'améliorer grandement la productivité, de fiabiliser le déroulement, de maîtriser les risques et donc les coûts associés.



*Les différents modules (hors torche laser) conçus pour s'adapter au MAESTRO, permettent toute une variété d'interventions, de la caractérisation d'un chantier de démantèlement à la découpe, la dépose et l'évacuation d'équipements. © CEA*

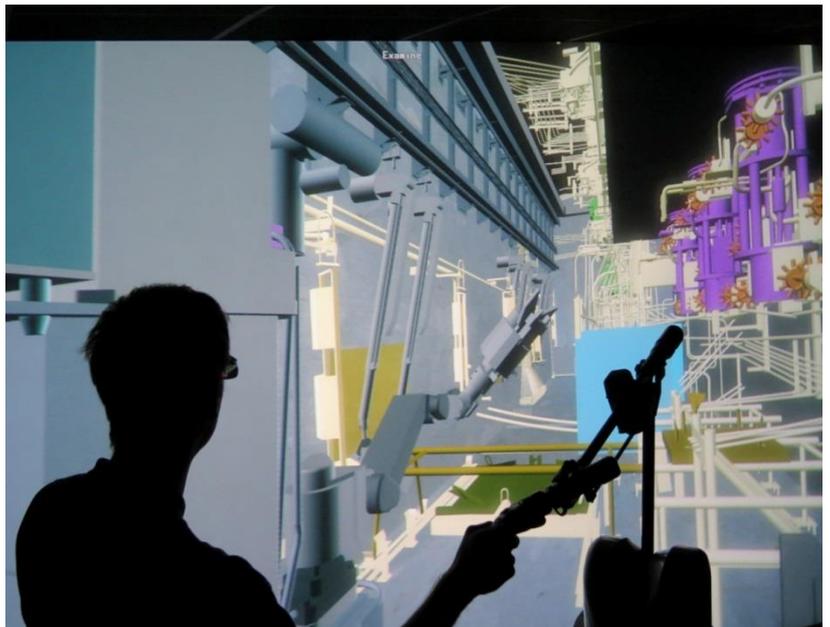
### 3. Un outil qualifié, des opérateurs formés

En complément des travaux menés pour développer le procédé, le CEA a mis au point des méthodes de préparation des chantiers, de test de qualification de l'outil et de formation des opérateurs. Ces compétences sont regroupées sur une plateforme de qualification et dans une salle de réalité virtuelle implantées sur le centre de Marcoule (Gard). Cette salle immersive reconstitue en trois dimensions les chantiers de démantèlement à réaliser grâce au MAESTRO, ainsi qu'une reproduction « image » du robot lui-même. Un poste complet de téléopération (bras haptique à retour d'effort, baies de contrôle-commande,...) similaire à ceux utilisés sur le terrain, permet aux téléopérateurs de se former ainsi que de tester les capacités de MAESTRO.

Au-delà de la formation des opérateurs, cette technologie de réalité virtuelle a été développée pour concevoir, tester et optimiser les scénarios de démantèlement eux-mêmes. La simulation et la modélisation sont en effet très utiles pour préparer les interventions et définir les dispositifs de radioprotection nécessaires.

Le CEA a conçu des logiciels spécifiques afin notamment de permettre l'évaluation interactive de la dosimétrie des personnels, qui couplent la simulation numérique aux instruments de mesure radiologique comme les gamma caméras afin de cartographier, en réel, la radioactivité. L'objectif est bien sûr de limiter les incertitudes techniques et les risques, en pré-validant la faisabilité des opérations physiques telles que prévues en intervention

L'ensemble des équipements a également fait l'objet, sur le centre CEA de Marcoule, d'un programme intense d'essais en environnement « inactif » (non-radioactif), dans un environnement représentatif recréé afin de s'assurer des performances du système avant transfert dans l'installation nucléaire. La plateforme de qualification a permis de réaliser ces essais, qui se sont déroulés de manière très positive et qui se sont achevés fin 2014. Ils ont contribué, après transfert et essais en actif, à la réussite de la mise en service du système complet en 2015.



*Salle immersive 3D du CEA Marcoule pour la préparation des scénarios d'intervention en milieu hostile © CEA*

## 4. Le chantier MAESTRO de découpe laser à l'Usine UP1



Découpe du sommet d'une cuve de dissolution, par MAESTRO équipé d'une tête laser. © CEA/DR

En décembre 2015, MAESTRO est entré en activité dans l'Usine d'extraction du plutonium (UP1) pour y effectuer des coupes laser de cuves de dissolution dans lesquelles étaient jadis dissous les combustibles usés à retraiter.

Les cuves de dissolution représentent un défi pour les opérateurs du démantèlement : outre le très fort niveau de radioactivité résiduelle derrière des murs de béton d'environ 1 mètre d'épaisseur, leurs grandes dimensions et masse, la faible accessibilité, le milieu exigu et donc le travail « en aveugle » et en déporté, constituent les fortes contraintes auxquelles MAESTRO apporte une réponse adaptée. Dans le cadre de ce chantier, MAESTRO réalise des coupes par laser de structures en acier de forte épaisseur (plusieurs centimètres) : une opération qui est une véritable première mondiale.

Le procédé laser a été notamment retenu car il permet une grande fiabilité et productivité et présente des émissions d'aérosol plus faibles que la plupart des autres procédés thermiques de découpe. Il permet également de limiter la production de déchets sous forme de scories (perte de masse des pièces découpées). Le CEA a confié la réalisation de ce chantier à la société ONET Technologies.

---

### L'Usine UP1

UP1 a été la première usine française de retraitement de taille industrielle. Dédiée au retraitement des combustibles irradiés produits par les réacteurs G1, G2 et G3 de Marcoule, elle a permis d'en extraire le plutonium et de récupérer l'uranium non consommé. Elle a cessé son fonctionnement à la fin des années 90 et son démantèlement est en cours. Parmi les plus grands chantiers de démantèlement au monde, UP1 représente 500 locaux et cases répartis dans 14 ateliers sur 20 000 m<sup>2</sup>, 500 km de tuyauteries, 1200 km de câbles. Les opérations d'assainissement radioactif ont permis de retirer à ce jour une partie importante la radioactivité présente dans l'installation. Les deux chantiers restant qui sont en haute activité sont engagés ou le seront dans les années à venir, parmi lesquels l'atelier MAR200 qui abritait l'atelier de dissolution, c'est-à-dire la tête du procédé de retraitement où le combustible usé, en provenance des réacteurs, « alimentait » l'usine.

---

Le procédé de découpe laser en air tel qu'il est mis en œuvre dans les chantiers téléopérés permet notamment une grande tolérance de positionnement des outils et offre une capacité à découper simultanément plusieurs épaisseurs. Pour cela, ONET Technologies et le CEA ont dû qualifier cette technologie, en validant ses performances de découpe, les caractéristiques physiques des déchets résultant de l'opération, et la compatibilité de la technologie laser avec les exigences de sûreté et sécurité.

Le démantèlement des deux grands dissolveurs (hauteur : 4 m - diamètre : 2 m - masse : 4,6 tonnes - matériau : acier inoxydable très dur) se déroule suivant le calendrier suivant :

- 2012-2013 : études de réalisation et simulation virtuelle
- 2014 : essais de qualification inactifs chez un industriel de la région de Saint-Etienne, avec découpe d'une maquette échelle 1 d'un dissolvant,
- Juillet 2014 : autorisation de l'Autorité de Sûreté Nucléaire
- Mai 2015 : arrivée des premiers éléments sur site – Assemblage sur place
- Décembre 2015 : 1<sup>ère</sup> découpe laser
- Objectif à fin 2016 : fin de démantèlement du dissolvant « A » (800 morceaux générés).
- Fin 2018 : fin du démantèlement du dissolvant « B »

La maîtrise du planning est basée sur une très forte préparation et répétition des gestes, alliant la mise au point finale de la technologie et la formation très pointue des 4 pilotes de MAESTRO. La découpe des dissolveurs, en elle-même, est très rapide, estimée à 50 heures en cumulé.

Le pilotage du MASTRO se fait depuis une petite salle de conduite extérieure au bâtiment MAR 200, contiguë à un bungalow abritant les systèmes de génération du laser.

---

## MAESTRO en route pour Fukushima

Le CEA et ONET Technologies se sont vu confier par le METI japonais, au 1<sup>er</sup> trimestre 2016, un projet visant à démontrer la faisabilité de la découpe laser pour la récupération des débris de combustibles des cœurs fondus des réacteurs de Fukushima. L'offre française devrait mettre en œuvre le système MAESTRO. Une première phase d'études se déroulera jusqu'au printemps 2017, pour des interventions en laboratoire « actif » prévues dans la foulée.

---

## 5. Le chantier MAESTRO de découpe mécanique à l'Atelier pilote de Marcoule (APM)



*Opérateur aux commandes du bras maître (à gauche) pour déplacer le bras esclave (à droite) dans la cellule 414 de l'APM © CEA*

Depuis la mi 2015, MAESTRO est actuellement en activité au sein du chantier de démantèlement de l'Atelier pilote de Marcoule (APM). Il s'agit véritablement du premier chantier-pilote « en actif » pour le bras robot. Il est prévu de déposer divers équipements du procédé qui avait servi à la purification et clarification de solutions de dissolution du combustible usé : centrifugeuses, pots décanteurs, équipements de filtrations, tuyauteries associées... L'objectif du chantier téléopéré est de démanteler les équipements à forte irradiation (débit de dose de plusieurs Gray / heure) afin de permettre, ensuite, les interventions au contact.

La première étape de ce chantier est la cartographie radioactive des lieux, réalisée grâce à une gamma caméra et autres sondes de mesure nucléaire fixées au bout du bras MAESTRO. La deuxième mission du robot est la conduite d'opérations de coupes et d'évacuation des déchets produits.

Installé sur un porteur suspendu par des rails, MAESTRO peut ainsi parcourir l'ensemble du volume de la cellule blindée dans laquelle il se trouve.

Le CEA a confié la réalisation de ce chantier à la société NUZIA. Tout le chantier a été numérisé et préparé à l'aide de la simulation virtuelle.

Avant sa mise service en cellule 414 de l'APM, des essais, d'une durée de 6 mois, ont été réalisés à l'échelle 1 en inactif sur l'installation HERA de Marcoule afin de qualifier le bras et son porteur, de valider les modes opératoires d'intervention et de former les opérateurs.

---

### L'APM

Mis en actif en novembre 1962, l'APM a été créé pour confirmer, à l'échelle d'un pilote, les procédés de retraitement des combustibles irradiés mis au point dans les laboratoires. Comptant plus d'une vingtaine de cellules blindées, cet outil de R&D a permis de vérifier et de qualifier les procédés et appareillages que Cogéma (devenue AREVA) a mis industriellement en œuvre à La Hague (Manche). La cessation définitive d'exploitation (CDE) de l'APM a été prononcée en 1997, en relation avec la décision de cesser, à la fin de la même année, l'exploitation industrielle de son usine de retraitement UP1. L'installation APM représente une surface de plancher de 20 000 m<sup>2</sup> répartis dans 8 bâtiments dont 3 bâtiments nucléaires. Les locaux incluent 30 cellules de haute activité, 5 chaînes blindées et 230 boîtes à gants. En zone « rouge » (locaux les plus hostiles) ce sont 2600 tonnes d'équipements qui sont à démanteler.

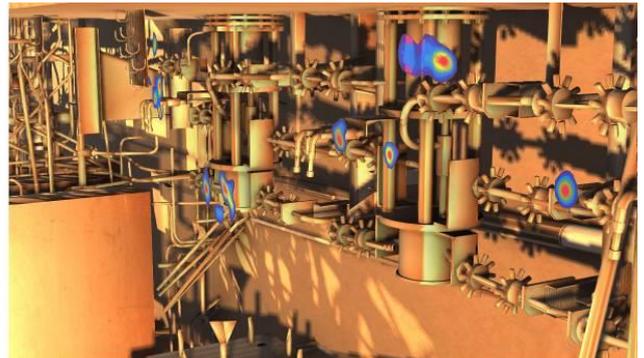
---

Suite à ces essais, l'ensemble bras et porteur ont été démontés sur l'installation inactive puis remontés dans la cellule haute activité de l'APM. Les premières opérations réalisées avec le bras MAESTRO ont été de repérer les équipements et les tuyauteries à découper (il y a environ 5 km de tuyauterie dans la seule cellule 414) et de vidanger les capacités des effluents aqueux encore présents. A ce jour, il a été déposé et découpé : 2 centrifugeuses, 1 Ph-mètre, 1 filtre pulsé, 1 pot décanteur et diverses tuyauteries représentant environ 1 tonne de déchets, déchets qui seront envoyés vers le centre de stockage de l'Aube de l'Andra.

## 6. Mesure nucléaire, décontamination... d'autres exemples de technologies pour démanteler



Photo



Simulation 3D

*Mesure radiologique par caméra gamma. À gauche, photo de l'installation – À droite, rendu sur un logiciel de simulation 3D © CEA*

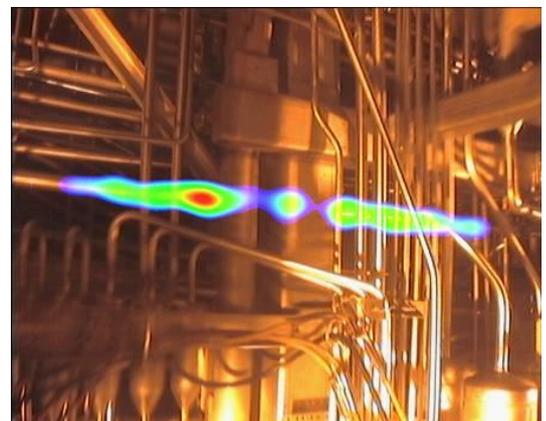
Les chantiers d'assainissement-démantèlement nucléaire appellent différents savoir-faire et technologies. Une majeure partie des opérations utilise des techniques courantes, adaptées au milieu nucléaire. En appui, le CEA mène des actions de R&D dans les domaines de la mesure de la radioactivité, de la décontamination, de la robotique, de la découpe (procédés laser notamment), mais aussi du conditionnement des déchets et du traitement des effluents spécifiques générés par ces opérations.

L'objectif est de diminuer les délais et les coûts, les quantités de déchets et d'améliorer la sûreté des chantiers. Ces actions sont menées en collaboration avec des industriels, qui peuvent ensuite les valoriser pour d'autres maîtres d'ouvrage.

### La mesure nucléaire

La préparation des projets de démantèlement passe par une opération essentielle de caractérisation radiologique pour définir l'état initial avant le démarrage du chantier. Pour ce faire, différentes technologies de mesure et de cartographie radiologiques sont utilisées :

- Technologies d'imagerie gamma et alpha, avec en particulier la gamma caméra, qui permet de visualiser les points de radioactivité sur une zone définie ;



*Visualisation d'un point particulièrement irradiant (dit « point chaud ») par caméra gamma. © CEA*

- Autoradiographie pour la mesure d'émetteurs béta ;
- Logiciels de cartographie radiologique de terrain en temps réel, basés sur des méthodes géostatistiques ;
- Technique LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*), qui permet une analyse à distance de la composition chimique d'un matériau, par spectrométrie d'émission optique sur un plasma produit par laser. La LIBS a été développée dès l'invention du laser en 1960. Au CEA, elle a été développée pour l'analyse sans contact en milieu irradiant puis a été adaptée à différentes applications, dont celle de la caméra chimique ChemCam embarquée sur le rover Curiosity d'exploration de la planète Mars. Elle est désormais commercialisée par la société IVEA

Les mesures nucléaires sont utilisées à toutes les étapes de l'assainissement et du démantèlement pour la détermination de l'état radiologique initial, pour le suivi des chantiers et pour le contrôle et l'état final des locaux.

La connaissance de l'état initial avant chantier, permet d'optimiser les futures interventions sur le plan de la radioprotection des opérateurs. La protection radiologique sur un chantier d'assainissement-démantèlement utilise diverses techniques : blindages amovibles, sas et cellules temporaires, systèmes de ventilation et de filtration mobiles, vêtements spéciaux, scaphandres ventilés, masques. La simulation numérique en amont des chantiers, basée sur la connaissance fine de l'état initial, permet d'optimiser les interventions d'opérateurs. C'est, entre autres, ce que permet le logiciel IDROP développé par le CEA et utilisé en salle immersive ou le logiciel DEMPlus d'Oreka Solutions, start-up du démantèlement implanté près du CEA Marcoule.

## Les procédés et technologies de décontamination

La décontamination radiologique consiste à retirer la présence de particules radioactives subsistant au niveau des matériaux : surface d'équipements, de murs, sols, etc. En général, les phases de décontamination font appel à des procédés chimiques, mécaniques ou thermiques, voire à des procédés laser, ou à une combinaison de ceux-ci.

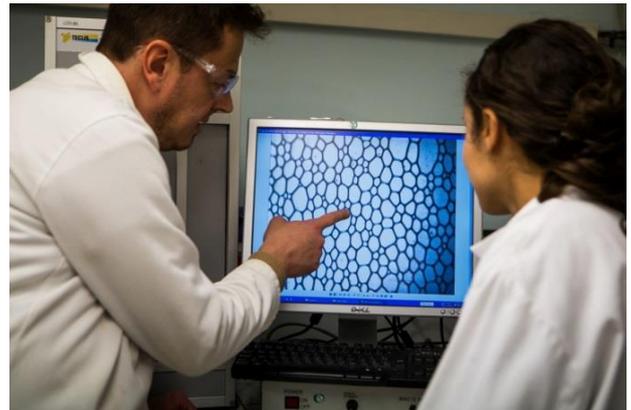
Le choix d'une méthode de décontamination est fait en fonction du support à traiter, du niveau radiologique, de l'accessibilité de l'installation, de la quantité de déchets secondaires générés...

- **Décontamination chimique** : pour réduire le volume des déchets radioactifs, des chercheurs du CEA ont notamment mis au point des gels solidifiants et aspirables et des mousses décontaminantes, qui réduisent les quantités d'effluents générés lors de la décontamination de surfaces. Un procédé de traitement par mousse de flottation est actuellement en cours de développement au CEA pour, au-delà de chantiers sur d'anciennes installations, pourrait trouver des applications de décontaminations de sols contaminés en césium, au Japon autour du site de Fukushima.

- **Décontamination mécanique** : la décontamination mécanique (piquetage par exemple) est utilisée essentiellement en assainissement final sur des supports de type béton ou métal. Elle s'applique sur des surfaces extérieures de locaux ou sur de gros équipements.
- **Décontamination thermique** : pour décontaminer des surfaces de béton ou de métal, on utilise par exemple la projection de granulés de glace carbonique à très haute vitesse.
- **Décontamination par laser** : cette technique dérive de celle employée pour nettoyer les statues et œuvres d'art en pierre. L'Aspilaser, procédé industriel mis au point au CEA, est basé sur un laser à impulsion. Il est ainsi destiné au décapage des peintures. L'utilisation du laser a l'avantage d'être adaptée à de grandes surfaces, d'être automatisable et de ne pas produire d'effluents à traiter. L'énergie du faisceau laser pulsé est absorbée par la surface à décontaminer. Cela provoque l'ablation de la surface du matériau et permet ainsi un nettoyage très efficace. La matière éjectée est intégralement récupérée via un système d'aspiration et de filtration.



*Mise au point et tests d'application en laboratoire de gels aspirables pour la décontamination de surface.*  
© CEA



*Analyse de mousses dites de « flottation » (elles permettent de faire « flotter » les particules les plus fines en surface) utilisées pour la décontamination.*  
© CEA

## À propos du CEA Marcoule



Fort de plus de soixante ans d'une implantation en terre gardoise et drômoise au service de la Défense puis de l'industrie nucléaire nationale, le centre de la Direction de l'énergie nucléaire du CEA à Marcoule réunit quelque 1500 collaborateurs qui s'investissent quotidiennement dans le soutien à l'industrie nucléaire actuelle, mènent une Recherche et Développement ambitieuse pour le cycle du combustible nucléaire actuel et de 4<sup>ème</sup> génération, et assurent le pilotage de grands chantiers d'assainissement-démantèlement. Par ses liens avec le tissu économique local, Marcoule s'intègre résolument au cœur de son territoire, au sein de la grande région Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées.

Les équipes du CEA Marcoule ont l'expérience de transferts de technologies au bénéfice de l'industrie et du développement économique. Sur 30 hectares situés à l'entrée du site, la région Languedoc-Roussillon assure la maîtrise d'ouvrage de l'implantation du Parc Régional d'Activité Économique pour l'accueil d'entreprises innovantes Marcel Boiteux, où le CEA entend favoriser le développement de nouveaux projets pour des innovations technologiques, et notamment la création d'un Institut Européen d'Hydrométallurgie (IEH) et un Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSI). Enfin, le CEA Marcoule est membre fondateur du pôle de compétitivité TRIMATEC (Tricastin-Marcoule-Technologies).

---

### Les chiffres-clé du centre

- 1500 salariés dont 700 chercheurs
  - Budget annuel : 500 M€
  - 300 M€ injectés localement
  - 30 laboratoires de recherche
  - 300 brevets en portefeuille
  - 300 publications scientifiques / an
  - 100 doctorants et post-doctorants
-

## Aux portes de Marcoule, le Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSI)



**PVSI**  
PÔLE DE VALORISATION  
DES SITES INDUSTRIELS

En juin 2014, sept acteurs de la recherche, de l'industrie, de la formation et du développement économique gardois ont créé le Pôle de valorisation des sites industriels (PVSI), afin de répondre aux enjeux des marchés du démantèlement nucléaire, et plus généralement de la déconstruction-dépollution dans des secteurs aux contraintes proches (déchets sensibles, milieux confinés). L'objectif de PVSI est d'être le pivot d'une filière industrielle française d'excellence dans le démantèlement et la dépollution dans le cadre du Comité Stratégique de Filière Nucléaire (CSFN) dont un des axes est de renforcer la filière du démantèlement pour répondre aux importants besoins à venir dans tous les pays concernés, en s'appuyant sur l'excellence des entreprises françaises en cette matière de haute technologie

PVSI compte aujourd'hui plus de vingt membres actifs : acteurs locaux, grands donneurs d'ordres (CEA, EDF, Areva,...), acteurs industriels (grands groupes, PME-ETI dont une grappe d'une cinquantaine d'entreprises locales) ainsi que plusieurs start-ups technologiques et organismes de formation

### PVSI et la robotique

La robotique constitue un des domaines d'activité stratégique de PVSI, car il s'agit d'une brique indispensable pour l'intervention en milieu hostile, avec plusieurs objectifs : intervenir là où l'homme ne peut opérer ou en assistance, pour réduire la pénibilité des activités de démantèlement, avec un objectif de productivité et de performance.

La robotique associée à ces opérations d'A&D présente des spécificités : en fonction des usages (embarquement de fonctions techniques, outillage dédié,...), et des environnements dans lequel le robot va évoluer (configurations physiques, environnement radioactif, température, poussières,...). Il doit s'agir d'adapter ou de monter en gamme des solutions industrielles aux contraintes du démantèlement, en associant entre autres l'expertise de la physique du rayonnement sur l'électronique embarquée et en exploitant les progrès en matière de mécatronique sur la locomotion.

PVSI s'appuie pour cela sur un écosystème dense, associant des acteurs académiques de premier plan (CEA, Université de Montpellier IES-LIRMM), Ecole des Mines d'Alès) et un tissu de

---

### **Un accord CEA – École des Mines d'Alès en mécatronique**

Le 16 février, le CEA et l'École des Mines d'Alès, partenaires dans le cadre du PVSI, ont signé un accord de collaboration dans le domaine des technologies de mécatronique et de robotique pour le démantèlement nucléaire. Le CEA met à disposition de l'École des Mines des équipements robotique pour la formation des étudiants. Les élèves-ingénieurs pourront ainsi travailler sur la locomotion des engins et leur capacité d'agir en mode « coopératif », dans le cadre d'applications concrètes, représentatives des opérations de démantèlement.

---

PME-ETI, équipementiers et intégrateurs. PVSII favorise aussi la fertilisation intersectorielle, des problématiques communes au secteur aéronautique et nucléaire ayant été clairement identifiées, telles que les recherches de compacité et de miniaturisation, mais aussi des questions de tenue sous rayonnements qui donnent déjà lieu à du développement dual.

Enfin, PVSII avec ses partenaires clé proposera prochainement une plateforme mutualisée permettant le développement, la qualification et la promotion de systèmes robotiques originaux pour la filière de l'A&D : outil unique de maquettage numérique et physique pour favoriser l'émergence de solutions innovantes adaptées au secteur.

[www.cea.fr/presse](http://www.cea.fr/presse)

**Contacts presse**

Tuline Laeser | [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) | 01 64 50 20 97

Nicolas Tilly | [nicolas.tilly@cea.fr](mailto:nicolas.tilly@cea.fr) | 01 64 50 17 16

**Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**

**Direction de la communication | Service Information Média**

91191 Gif-sur-Yvette | 01 64 50 20 11 | fax : 01 64 50 28 92