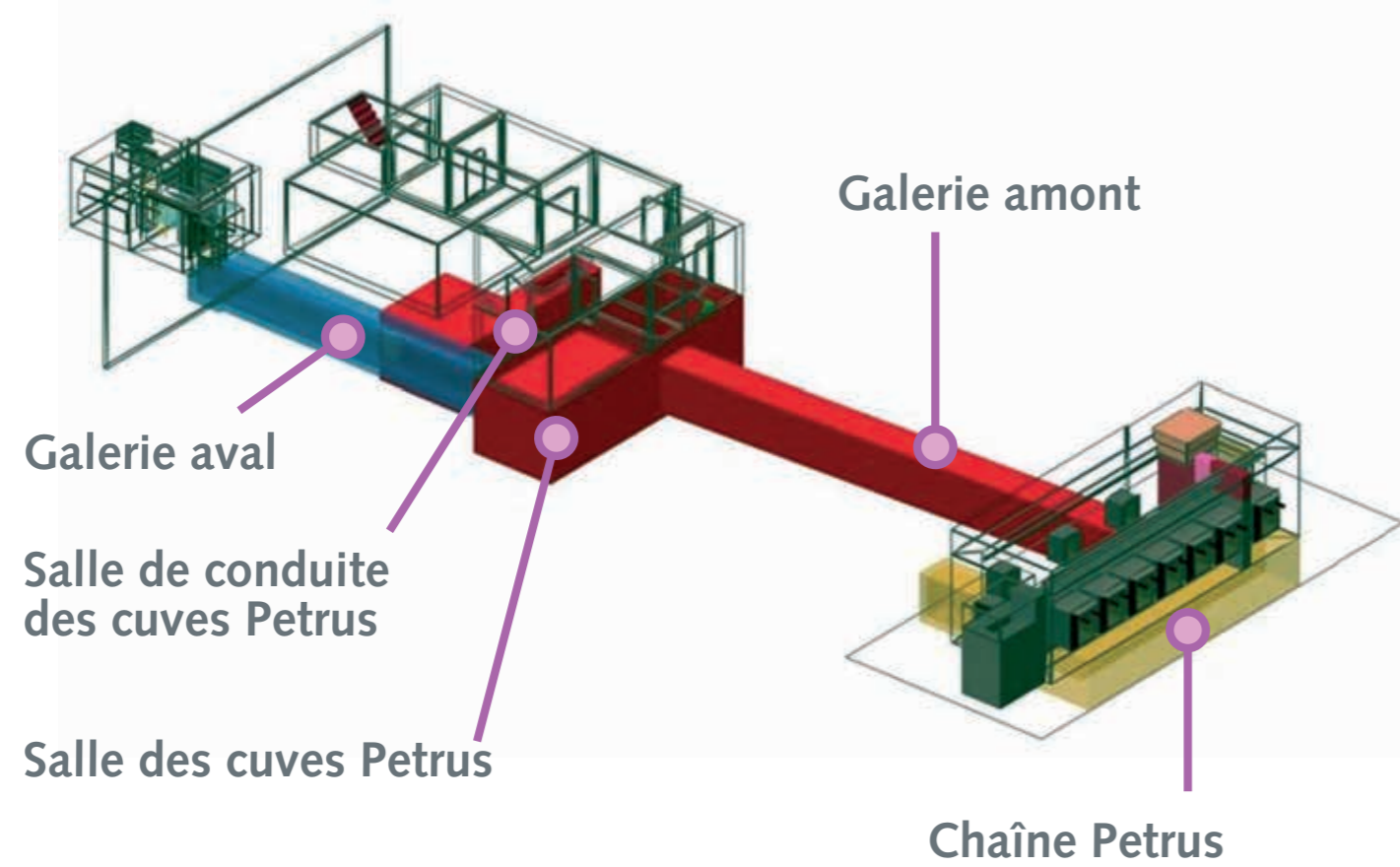


# Préparer le démantèlement d'un équipement



La chaîne blindée Petrus se trouve à Fontenay-aux-Roses.

Les effluents issus des expérimentations menées dans une chaîne blindée, comme ici sur Petrus à Fontenay-aux-Roses, étaient recueillis dans des cuves.

Une des cuves n'avait pas pu être vidée.

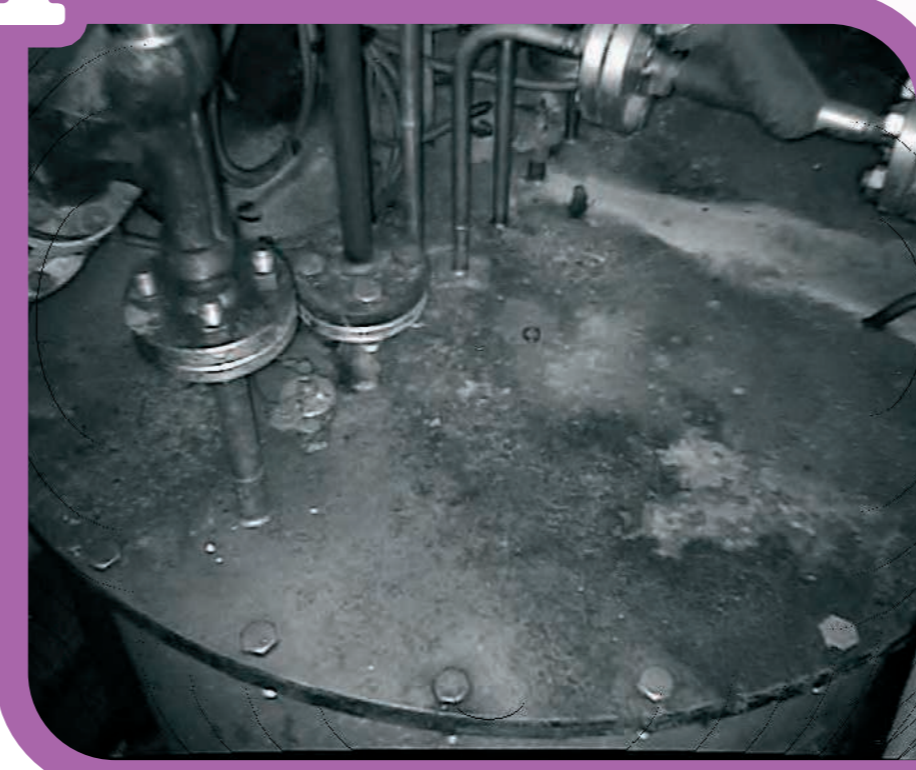
Afin de déterminer la faisabilité du traitement de son contenu, une caractérisation physique et radiologique a été réalisée. La salle des cuves présentant un débit de dose très élevé, la réalisation des prélèvements a nécessité une phase préparatoire très élaborée.

## Déroulement d'une intervention

- 1** Recueil des données initiales :
  - local (dimensions, encombrement, équipements...)
  - état radiologique (irradiation, contamination...)*Source : Référentiel de sûreté Historique.*
- 2** Définition du "scénario" : Choix des méthodes et moyens d'intervention
- 3** Développement des outils
- 4** Validation sur maquette et simulation des matériels et mode opératoire
- 5** Formation des opérateurs sur la maquette
- 6** Préparation du chantier
- 7** Réalisation des prélèvements
- 8** Repli de chantier

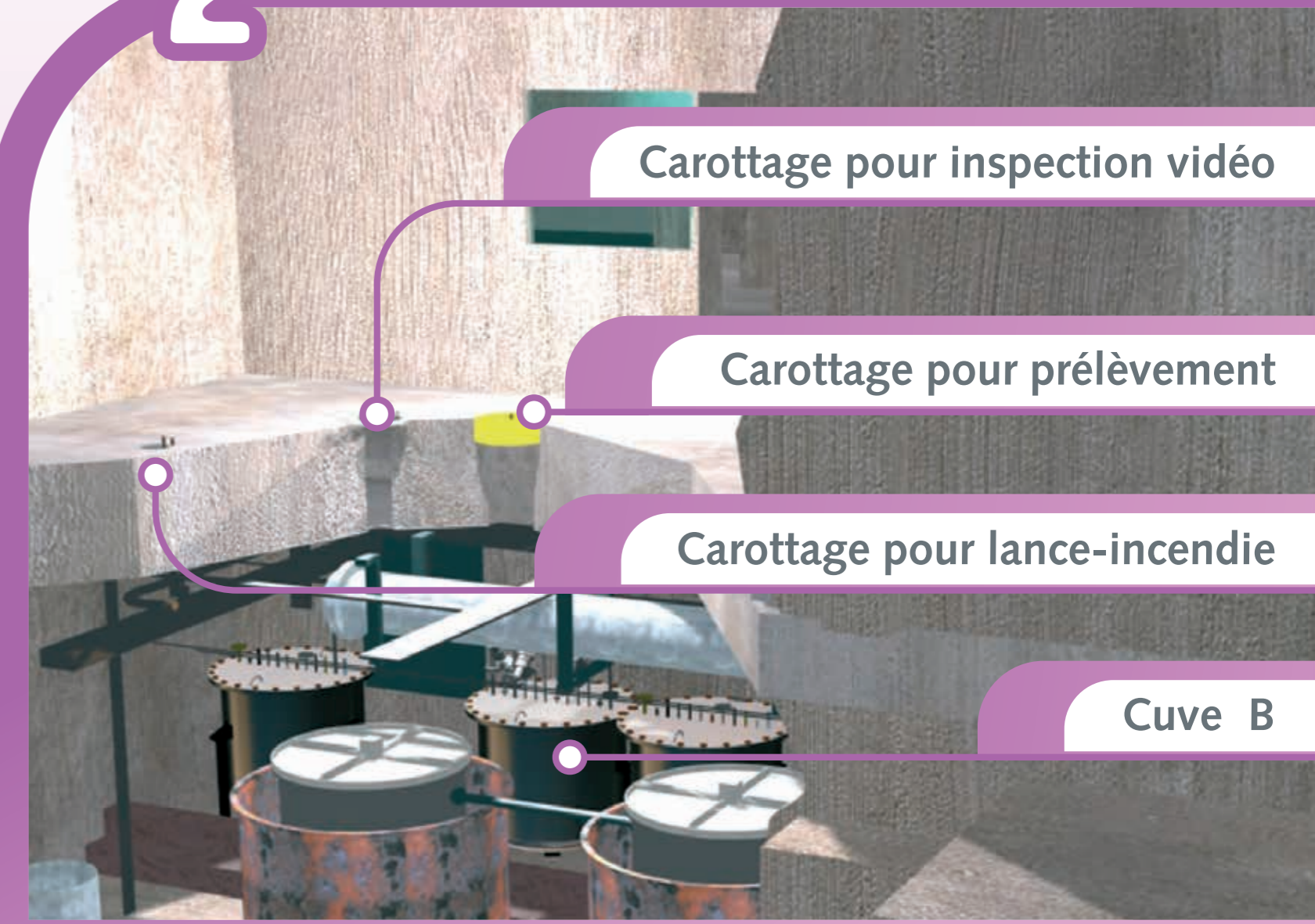
L'ensemble de ces opérations s'inscrit dans le cadre du démantèlement complet de la salle des cuves Petrus.

### 1 Cuve



Inspection vidéo de la salle des cuves.

### 2



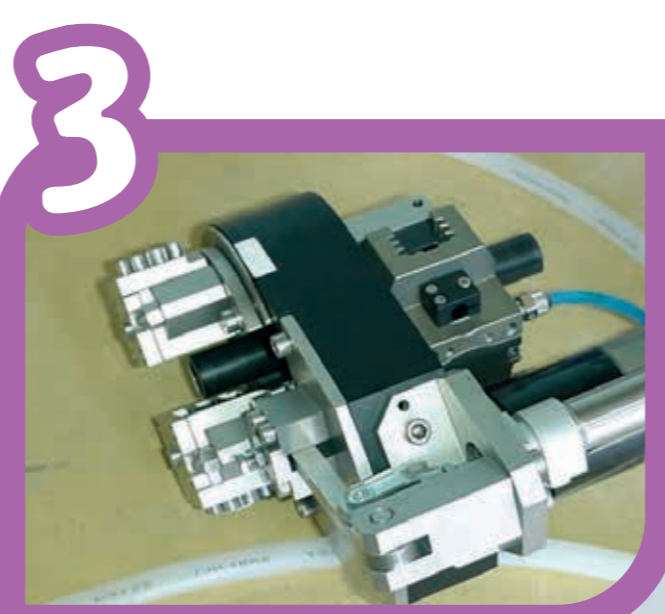
Carottage pour inspection vidéo

Carottage pour prélèvement

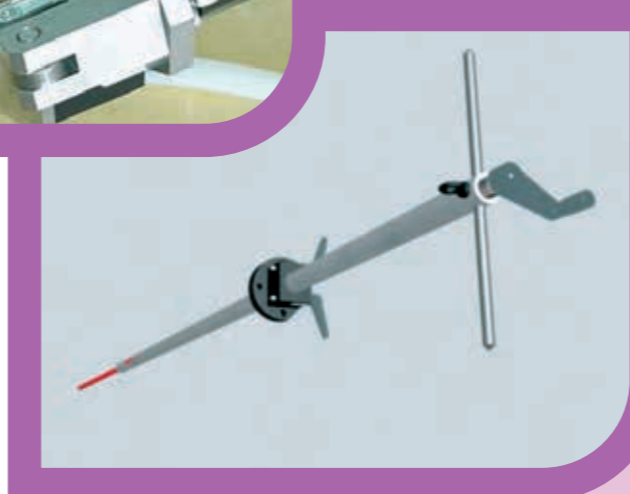
Carottage pour lance-incendie

Cuve B

Modèle 3D réalisé à partir des plans et de photos puis recalage à partir de l'inspection vidéo.



Ci-dessus : coupe-tube pneumatique développé spécialement ; ci-contre : perche de prélèvement de liquide.



### 4 Maquette de la cuve



Essai de découpe de tube en inactif sur maquette à l'échelle 1.

### 6



Mise en place d'une boîte à gants pour effectuer le prélèvement.

### 7

Juin 2004 : premier prélèvement effectué dans la Cuve.

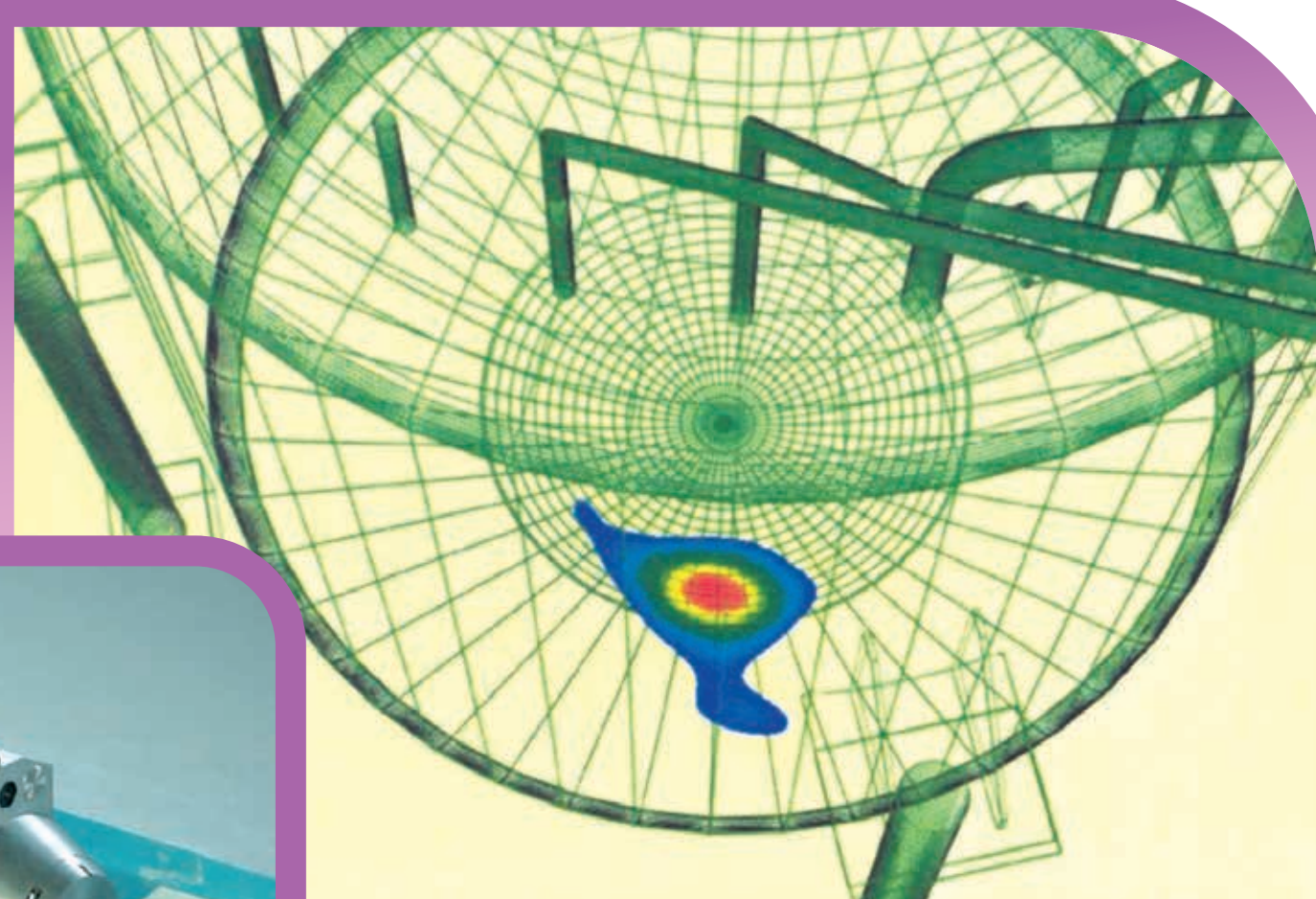
2009 : fin de relevage.

2011 : fin des rinçages.

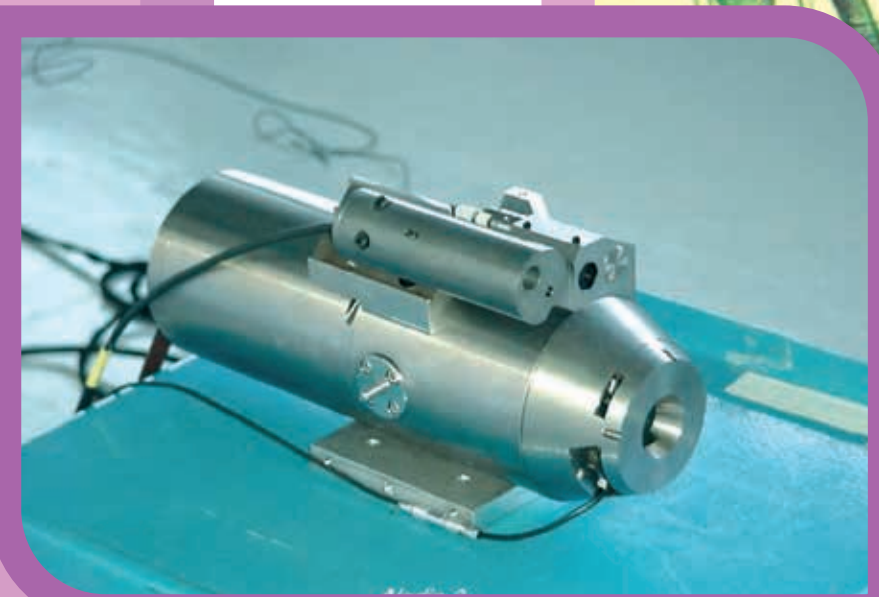
# Cartographeur la radioactivité

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 final des parois des locaux.

Gamma caméra



La gamma ( $\gamma$ ) caméra (sensible aux rayonnements gamma) est utilisée pour localiser les points chauds (niveau de radioactivité supérieur à un seuil déterminé) dans les zones inaccessibles et aider à la détermination de l'enchaînement des opérations. Les prototypes de type Aladin, ainsi que leurs versions industrielles compactes, Cartogam et Gampix, sont des instruments développés et utilisés au CEA. Le CEA développe également une alpha ( $\alpha$ ) caméra qui est industrialisée.



Spectrométrie alpha ( $\alpha$ ) et gamma ( $\gamma$ ) associée à un logiciel de modélisation



La spectrométrie a pour principe d'isoler et de quantifier les différents radioéléments d'une structure étudiée (boîte à gants, fûts, cuves, ...)

Mesure de débit de dose



La babyline et le FieldSpec<sup>®</sup> sont utilisés pour quantifier les émissions bêta ( $\beta$ ) et gamma ( $\gamma$ ).



Mesure de la contamination



Inspection à un seuil prédéfini : en cas de point chaud, une alarme se déclenche.



## Caractérisation en laboratoire

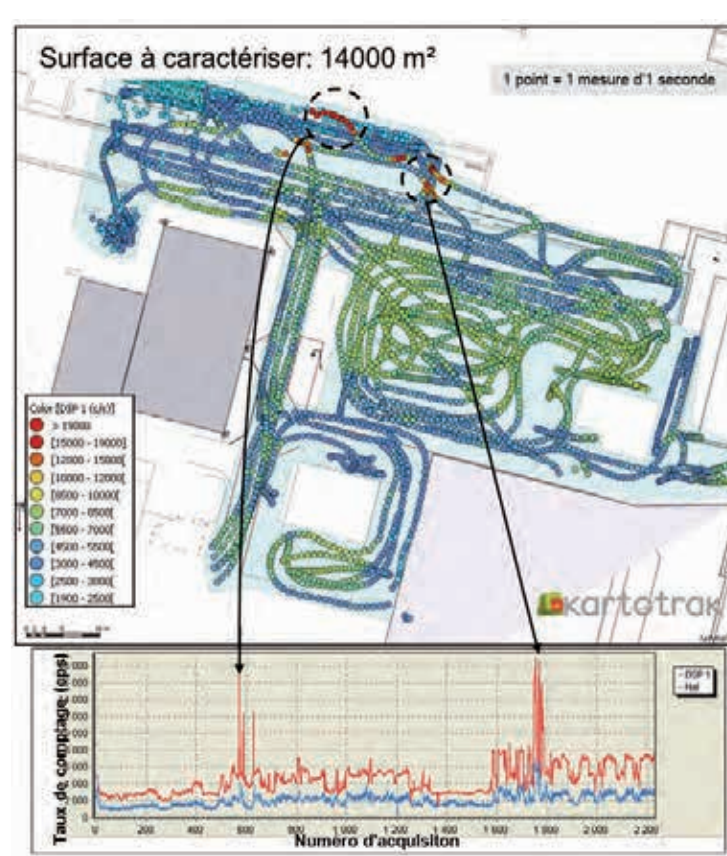
À chaque étape de l'assainissement et du démantèlement, des mesures nucléaires en laboratoire (spectrométrie  $\alpha$ ,  $\gamma$  et comptage  $\beta$ ) sont effectuées à partir de prélèvements d'échantillons, de carottage ou de frottis, et sont complémentaires aux mesures *in situ*.

# Créer et développer des outils

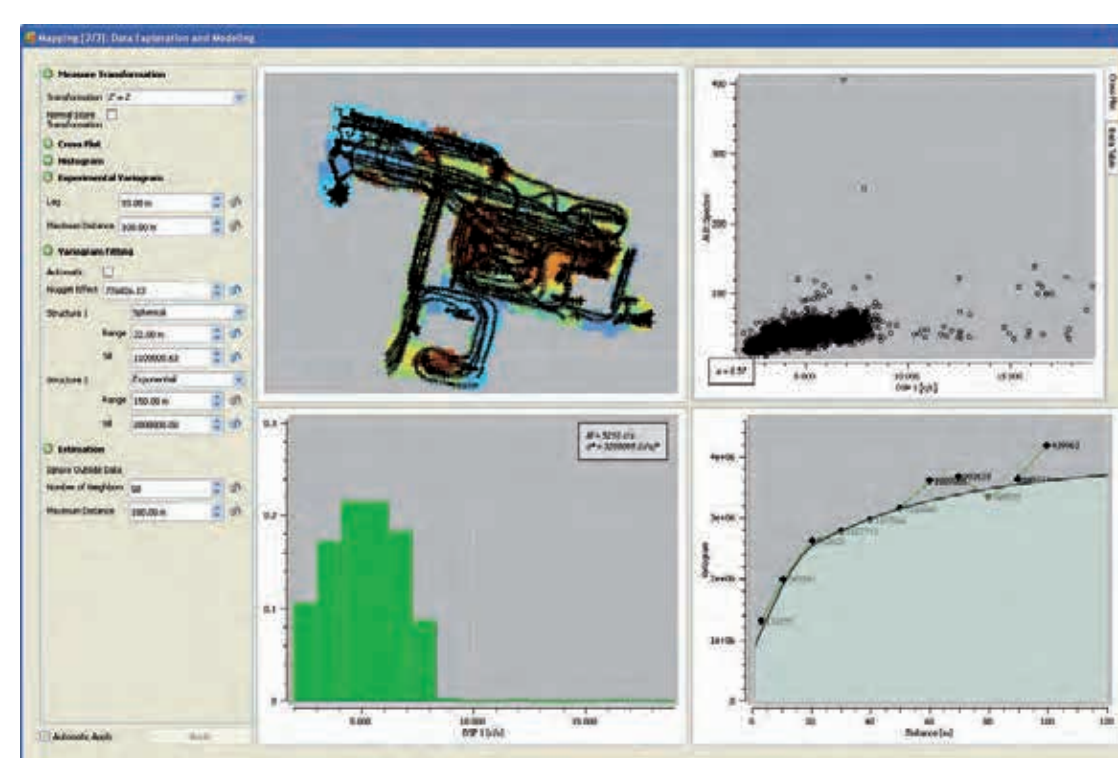
## Un logiciel d'aide à la décision



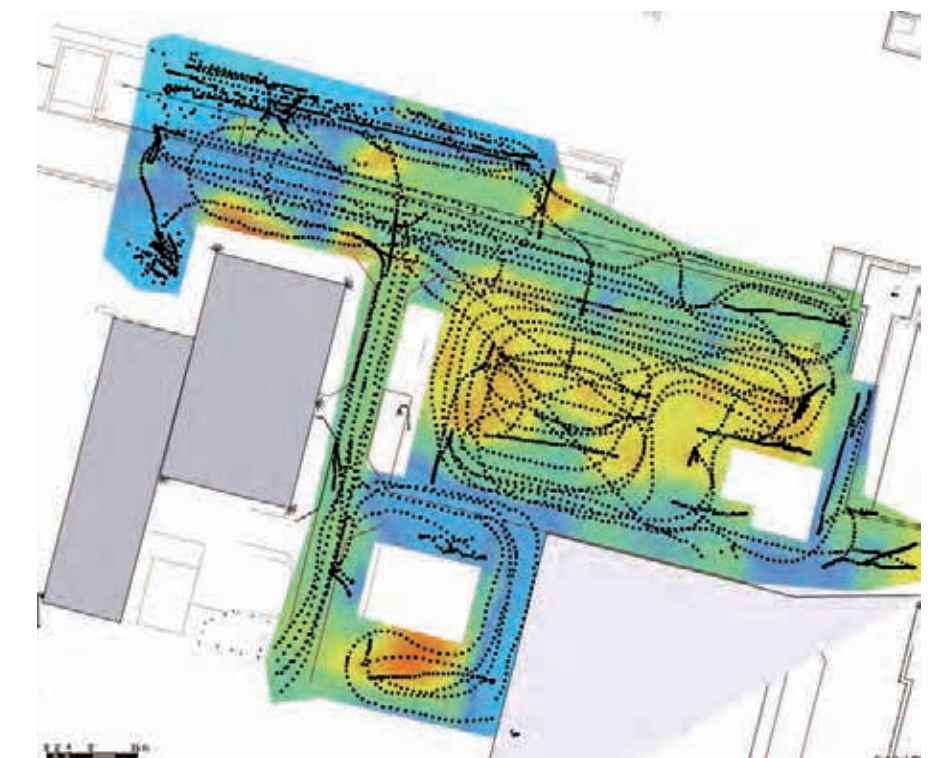
Le logiciel Kartotrak® permet d'établir rapidement des cartographies de flux gamma émergeant des sols. Depuis 2012, la nouvelle version du logiciel permet l'intégration de données issues de sondages en profondeur pour restituer des cartographies en 3D. Les résultats sont obtenus par traitement géostatistique des données (interpolation, incertitude, risque de dépassement). Kartotrak® offre une réelle aide à la décision et participe pleinement à l'optimisation des coûts et délais de traitement des sites en cours d'assainissement-démantèlement.



Importations des données dans le logiciel ©CEA

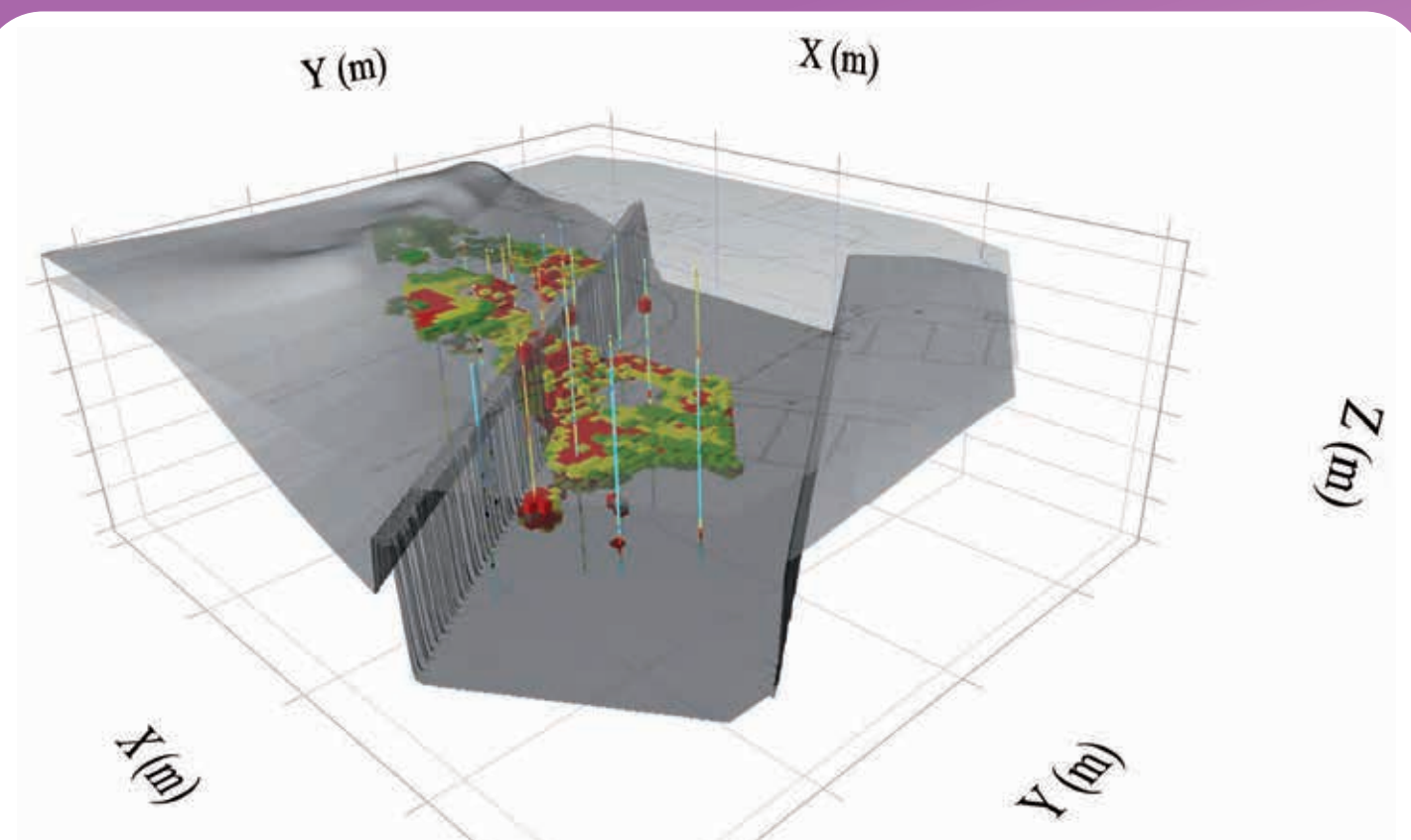


Analyse et traitement des données par géostatistique ©CEA



Cartographie de surface ©CEA

Développé au CEA de Fontenay-aux-Roses et commercialisé par Geovariances, le logiciel Kartotrak® est utilisé pour réaliser les caractérisations des sites en France (par le CEA, EDF, l'ANDRA, AREVA,...) et à l'étranger, notamment pour l'AIEA (Allemagne, Gabon, Azerbaïdjan, Koweït,...) ainsi que dans le cadre de collaborations avec la Russie, la Chine, le Japon et la Corée du Sud.



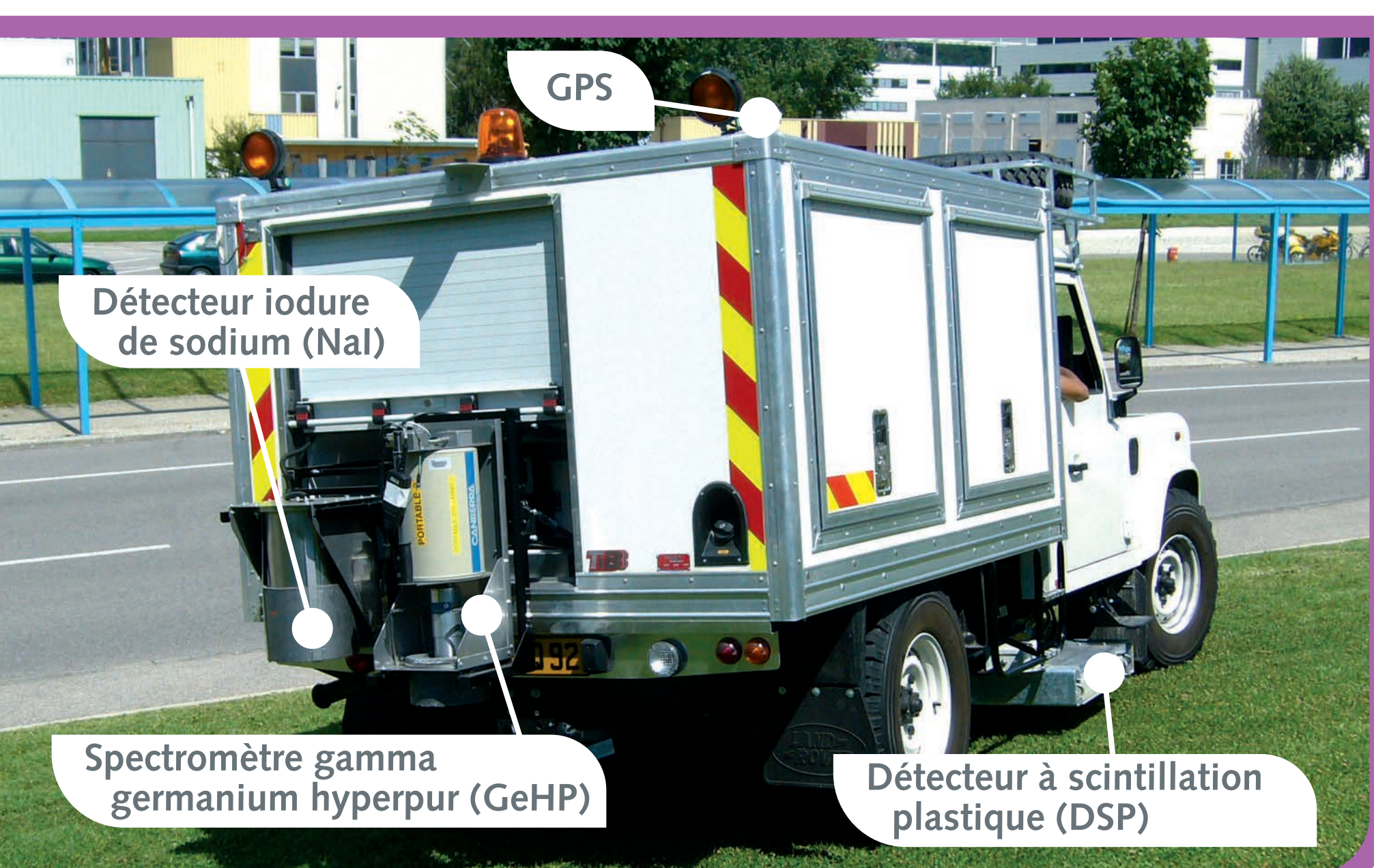
Vue 3D réalisée avec Kartotrak® à partir de 21 sondages représentant l'ancienne douve du site de Fontenay-aux-Roses, actuellement en cours d'assainissement. ©CEA

## Cartographier des sites

VEGAS (Véhicule d'Expertise et d'investiGation pour l'Assainissement de Site), est un véhicule développé à Fontenay-aux-Roses, dédié à la cartographie des sols potentiellement pollués par des substances radioactives. Doté d'un régulateur de vitesse et d'un GPS, VEGAS peut cartographier des surfaces de l'ordre de 1ha/heure,

tout en envoyant ses mesures à un logiciel de traitement de données (Kartotrak®, par exemple) en temps réel. Le GPS à correction différentielle en continu offre une précision spatiale de l'ordre de 10 cm.

Divers instruments de mesures radiologiques sont embarqués sur VEGAS et détectent le flux gamma émergeant du sol : un détecteur à scintillation plastique (DSP), un détecteur iodure de sodium (NaI) et un spectromètre gamma germanium hyperpur (GeHP). Ils sont capables de détecter en surface une activité radiologique, même à des niveaux très faibles, de l'ordre de 70 Bq/kg en <sup>137</sup>Cs pour une pollution homogène de 1m<sup>2</sup> de terre (0,37 Bq/cm<sup>2</sup> en activité surfacique) ainsi que des sources ponctuelles de <sup>137</sup>Cs de l'ordre de 3800 Bq.



Dispositif VEGAS doté d'un régulateur de vitesse variant de 2,6 à 10 km/h, d'un GPS et de divers instruments détectant le flux de gamma émergeant du sol. Ces instruments de mesure radiologique sont positionnés à des hauteurs différentes (de 20 à 70 cm du sol) afin de différencier le flux de gamma environnant de celui, recherché, émergeant du sol. ©CEA

## « Nettoyer » la radioactivité

Lors de l'assainissement, le but de la décontamination est de concentrer la radioactivité dans un volume de déchets minimal afin de faciliter l'intervention des opérateurs en diminuant les contraintes radiologiques.

### Décontamination chimique

Pour réduire le volume des déchets radioactifs, des chercheurs du CEA ont mis au point des gels solidifiants et des mousses réduisant les quantités d'effluents générés lors de la décontamination des surfaces polluées.



Gel/mousse : matériaux dans lesquels se fixe la radioactivité.



### Décontamination mécanique

La décontamination mécanique est utilisée essentiellement en assainissement final sur des supports de type béton ou métal. Elle est utilisée pour des surfaces extérieures de locaux ou sur de gros équipements.



La raboteuse et la technique du sablage sont utilisées afin d'enlever de fines couches de béton ou de métal.



Le choix d'une méthode de décontamination est opéré en fonction du niveau radiologique, de l'accessibilité de l'installation, de la quantité de déchets générés, des possibilités techniques de mise en œuvre et des possibilités de gestion des déchets liquides ou solides.

### R&D : décontamination par laser



L'AspiLaser®, développé au CEA, pour le décapage par laser des surfaces contaminées.

Les équipes du CEA ont mis au point un système utilisant la technologie « laser » afin de décapier, notamment, les murs des installations nucléaires.

Principaux avantages de cette technique :

- pas d'effluent liquide,
- moins de poussière (collecte possible des aérosols produits dès leur émission),
- adaptée à de grandes surfaces,
- automatisable.

# Démonter les équipements et les infrastructures

Les opérations de découpe ont lieu essentiellement dans la phase de démantèlement.

Les outils utilisés sont des outils industriels qui ont été adaptés aux conditions de travail dans le nucléaire.

Le choix de l'outil dépend du matériau, de l'accessibilité, de l'historique radiologique (activation ou non) et de la géométrie de la pièce, de la possibilité de mise en œuvre, du confinement du lieu de découpe, de la dispersion d'aérosols. Les outils n'utilisant pas les procédés thermiques sont privilégiés.

## Découpe de l'acier

Découpe au laser



L'acier est découpé à l'aide des outils suivants :

- scie, scie circulaire,
- disqueuse,
- grignoteuse,
- coupe tôle,
- écarteur hydraulique,
- cisaille,
- chalumeau transportable de chantier,
- chalumeau oxycoupeur,
- jet abrasif à haute pression,
- laser.

## Découpe du béton

Les infrastructures béton sont détruites à l'aide des outils suivants :

- lance thermique,
- marteau-piqueur,
- câble diamanté,
- scie diamantée,
- éclateur à béton,
- ciment expansif,
- vérin hydraulique,
- jet abrasif à haute pression.



Marteau-piqueur



Câble  
diamanté

# Simuler et modéliser

La simulation et la modélisation sont très utilisées lors des chantiers d'assainissement-démantèlement, en particulier pour préparer les interventions, valider les scénarios, optimiser la dosimétrie des personnels et assister les équipes pendant le chantier.

### Connaissance de l'environnement radiologique et géométrique :

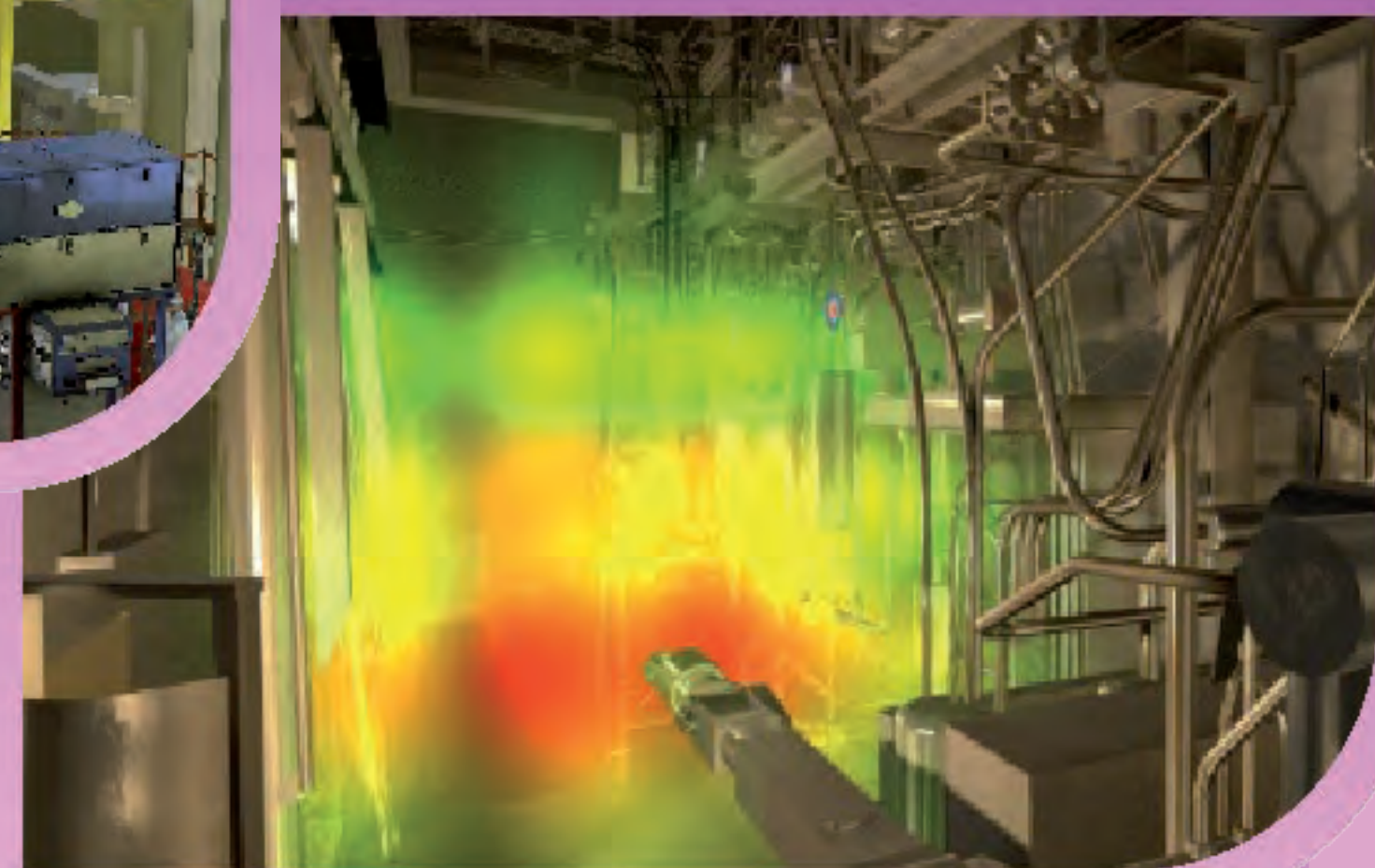
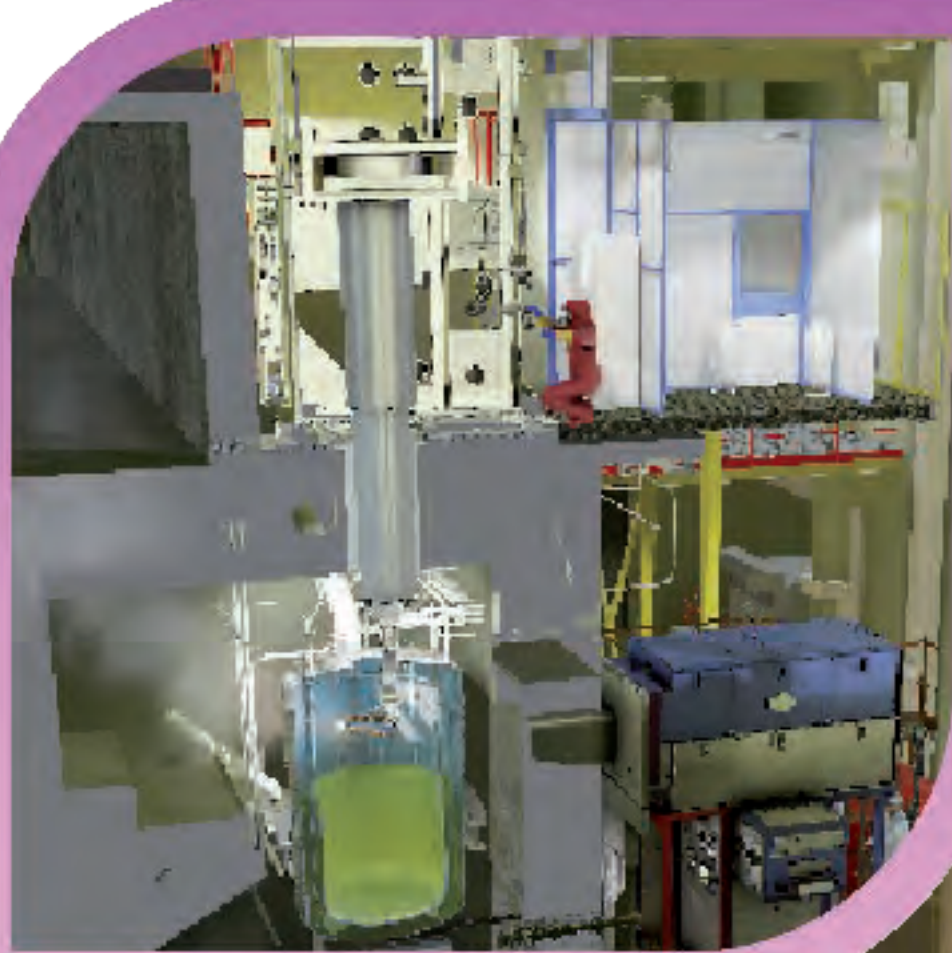
Reconstruction 3D d'une installation à démanteler par scan laser.

Construction d'un modèle radiologique des locaux grâce à des outils de mesure radiologique comme la gamma caméra.



### Préparation des interventions :

- Simulation des scénarios,
- Simulation des moyens téléopérés déployés (robots, porteurs...),
- optimisation radiologique des scénarios,
- Simulation des opérations au contact.



Logiciel **iDROP**

### Formation en immersion des futurs opérateurs en salle immersive, à échelle 1 (CEA de Marcoule)

En utilisant les retours d'effort, visuel et sonore, l'opérateur appréhende mieux l'environnement dans lequel il évoluera et les risques auxquels il sera exposé.



### Assistance aux opérateurs pendant le chantier :

Disposer du jumeau numérique d'une installation existante en démantèlement permet de suivre les travaux en temps réel.



# Opérer à distance

La téléopération permet d'intervenir dans des zones radioactives inaccessibles à l'homme, de réduire les doses des opérateurs et de limiter la pénibilité du travail. En prolongeant la main de l'homme, elle donne à celui-ci plus de dextérité, plus de précision et plus de force.



Télémanipulateur mécanique à retour d'effort.

## Les bras maître-esclave

Le bras dit "maître", situé à l'extérieur de la cellule blindée, guide un bras "esclave" situé à l'intérieur de la cellule.

Bras 'maître'



Bras 'esclave'

Le retour d'effort permet à l'opérateur, même à distance, de ressentir l'effort fourni par le bras, lui permettant ainsi une commande plus précise du procédé et des déplacements dans l'environnement.

La R&D en télémanipulation vise à augmenter la puissance des bras (capacité de charge), leur fiabilité et leur résistance à l'environnement (tenue à l'irradiation).



Télémanipulateur numérique : le bras maître et le bras esclave ne sont plus reliés physiquement, mais par une liaison numérique qui commande les déplacements et retransmet le retour d'effort à l'opérateur.



Maestro, robot numérique à bras maître-esclave hydraulique à retour d'effort. Développé par le CEA en partenariat avec Cybernétix et Ifremer, ce système optimise le compromis entre robustesse, légèreté et performance.

## Le Brokk®

Le Brokk® est un porteur utilisé dans les travaux de démantèlement des sols et des parois :

- soit comme engin piloté à distance utilisé pour l'écroûtage, le piquage de béton contaminé, la récupération de gravats et de déchets,
- soit comme porteur robotisé sur lequel un outil ou un bras hydraulique peut être monté.



Brokk® utilisé lors de l'assainissement de la salle des cuves de la station de traitement des effluents liquides de Fontenay-aux-Roses.