

# Les étapes de la vie d'une installation nucléaire

Une installation est classée dans la catégorie des **INB (installations nucléaires de base)** lorsque les substances radioactives qu'elle contient ou les rayonnements émis dépassent un certain seuil.

Ce peut être, par exemple, un réacteur, un laboratoire de recherche « chaud » (contenant des matières radioactives) ou un accélérateur de particules. Leur fonctionnement est très réglementé puisque des autorisations par **décret** sont nécessaires à chaque étape de leur vie. Ces autorisations sont signées par le Premier ministre.

### 1

Construction...

2013



... du RJH

Au CEA Cadarache, le réacteur de recherche Jules Horowitz (RJH) est en construction. Projet international, ce réacteur doit permettre de couvrir les besoins expérimentaux sur les combustibles et matériaux nucléaires des 50 prochaines années. Le RJH sera aussi l'un des principaux producteurs de radio-isotopes à usage médical, en couvrant de 25% à 50% de la production européenne de Mo 99 (molybdène).

### 2

Exploitation...



... d'Atalante

Télemanipulation de matières radioactives sur une des chaînes blindées Atalante, à Marcoule. L'installation regroupe des laboratoires hautement spécialisés dans l'étude des procédés de traitement de combustibles usés. Elle a été créée par décret ministériel en 1989. Elle est en fonction depuis 1992.

Décret de création

**Règles Générales d'Exploitation**

Les RGE constituent un document à caractère réglementaire ; elles édictent les règles à respecter par tout exploitant.

### 3

Arrêt de l'activité...



... de Saturne

L'accélérateur de particules Saturne a été construit à Saclay en 1958. Son exploitation est stoppée depuis 1997.

### 4

Assainissement...



... du Lama

Opération d'assainissement dans le Laboratoire d'Analyse de Matériaux Actifs (Lama) de Grenoble.

Décret de démantèlement

**Règles Générales de Surveillance et d'Entretien**

Les RGSE sont l'équivalent des RGE mais s'appliquent aux installations en démantèlement.

### 5

Démantèlement...

2011



... de Mélusine

Chantier de démantèlement du réacteur Mélusine (Grenoble).

Déclassement

L'installation est rayée du registre des INB.

# L'assainissement et le démantèlement

Une installation nucléaire a une durée d'exploitation limitée. L'achèvement des programmes de recherche ou de production qui y sont menés, l'obsolescence des équipements, une maintenance devenue trop coûteuse ou l'évolution de la réglementation sont autant de raisons qui peuvent conduire à sa mise à l'arrêt.

La présence de radioactivité est différente d'un type d'installation à l'autre :

- Dans un réacteur nucléaire, elle est majoritairement contenue dans les éléments combustibles, et dans une moindre mesure, dans les structures proches du cœur soumises à l'activation neutronique.
- Dans un laboratoire, elle est contenue dans des boîtes à gants ou des enceintes protégées de dimensions modestes.
- Dans une usine de retraitement, elle est présente dans des dizaines voire des centaines de kilomètres de tuyauterie et de multiples cuves.
- Dans un accélérateur, la seule radioactivité qui subsiste est celle de l'activation des structures proches du faisceau.



2004

## 1. Assainir

Assainir, c'est éliminer :

- les substances dangereuses : matières radioactives, produits chimiques ;
- les équipements légers : mobilier de laboratoire, petites boîtes à gants, appareils d'analyse ;
- la radioactivité sur certaines parties ou certains équipements de l'installation.

Assainissement d'une sorbonne de radiochimie à Fontenay-aux-Roses.

Démanteler, c'est :

- démonter et évacuer les gros équipements ;
- éliminer la radioactivité dans tous les locaux de l'installation ;
- éventuellement reconverter tout ou partie de l'installation.

## 2. Démanteler



2006

Chantier de démantèlement du réacteur Mélusine à Grenoble.

# Des programmes aux enjeux spécifiques

À la différence d'opérations standardisées et reproductibles avec des effets de série possibles comme sur un parc de centrales nucléaires, les programmes d'assainissement-démantèlement du CEA sont caractérisés par de nombreuses spécificités.

### Une grande diversité d'installations

- Réacteurs d'études, expérimentaux ou de production (avec architecture piscine ou cuve, à neutrons thermiques ou neutrons rapides,...)
- Accélérateurs ou irradiateurs
- Laboratoires, ateliers et usine du cycle du combustible
- Installations de traitement de déchets et d'entreposage

### Des différences d'échelles

- Réacteurs : depuis Ulysse, réacteur « école » (100 KWth) de l'INSTN jusqu'à Phénix (563 MWth), électrogène couplé au réseau d'EDF
- Labos chauds : du LAMA (Grenoble) à l'usine UP1 en passant par le bâtiment 18 de Fontenay-aux-Roses et l'Atelier Pilote de Marcoule



### Légende

- Installations pour la Défense : ■
- Installations civiles : ■
- Les chantiers « réalisés » : ■
- Les chantiers en cours : ■
- Les chantiers futurs : ■

### Des spécificités techniques

- Des installations de R&D qui ont évolué par le passé en raison d'options scientifiques ou technologiques avec un enjeu de traçabilité des modifications
- Les infrastructures liées au cycle du combustible, avec souvent un niveau de contamination pouvant être important (Fontenay-aux-Roses, Marcoule)
- Une typologie de déchets très larges, imposant parfois l'identification de filières (exutoires)

# Une première en France

## Chronologie

- 1956**  
 Création du Centre d'études nucléaires de Grenoble
- 2001**  
 Décision de dénucléarisation du site CEA de Grenoble
- 2007**  
 Déclassement de la première installation du projet « Passage » (le réacteur expérimental Siloette)
- 2013**  
 Fin du démantèlement des dernières installations nucléaires du Centre CEA de Grenoble

De 2002 à 2013, le programme « Passage » a permis d'assainir puis de démanteler toutes les INB du CEA de Grenoble qui a mis fin à ses programmes de recherche nucléaire pour se consacrer à la recherche technologique.

Ce programme a été l'un des projets phares du centre pendant une douzaine d'années et Grenoble a été le premier site en France ayant conduit jusqu'à leur terme des opérations conséquentes de démantèlement, ce qui démontre la réversibilité d'installations nucléaires.

Le déclassé administratif est prévu en 2014 pour les dernières installations.



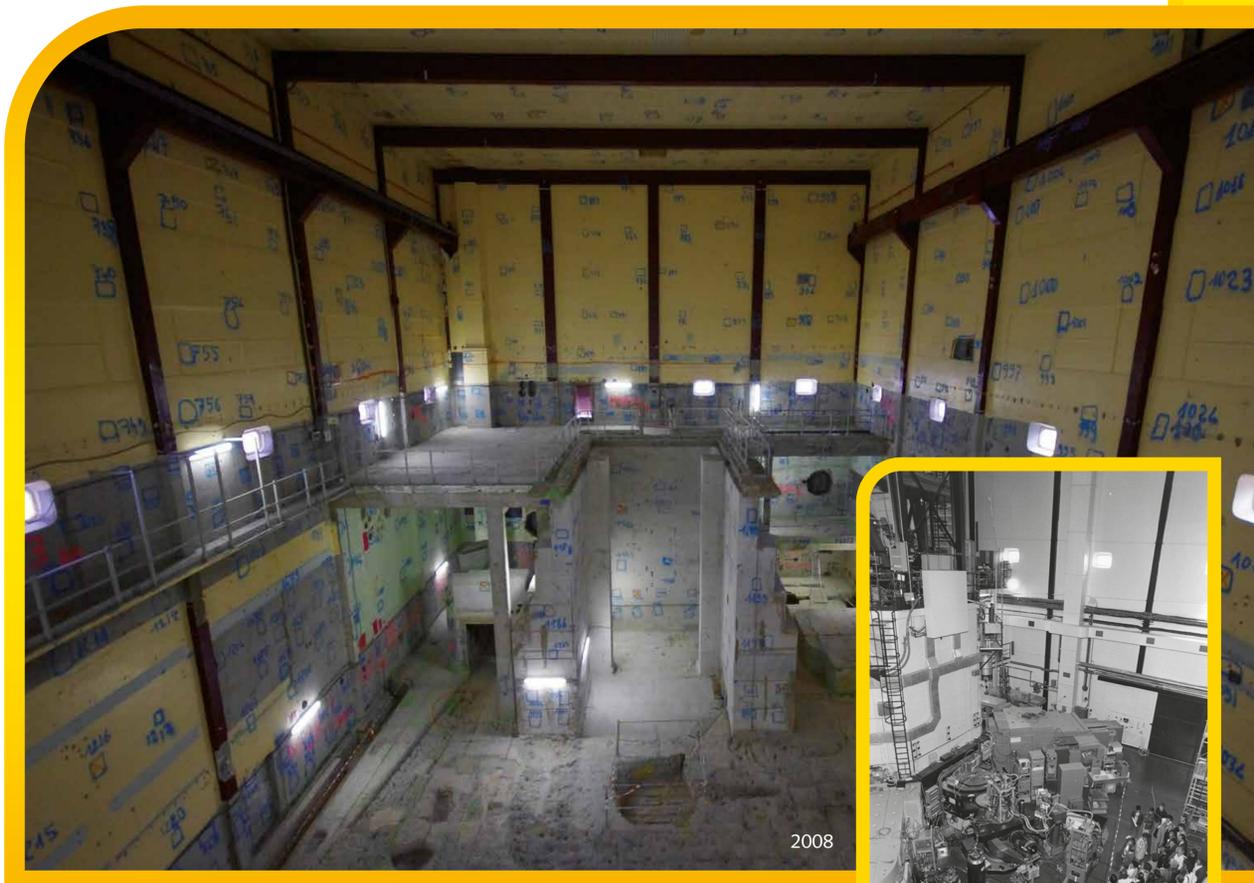
Fin des travaux de démantèlement dans le réacteur Siloé.



Fin des travaux de démantèlement au LAMA (laboratoire d'analyse de matériaux actifs).



Entreposage des déchets en big bags à la STED avant envoi à l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA).



Mélusine en fin d'assainissement.



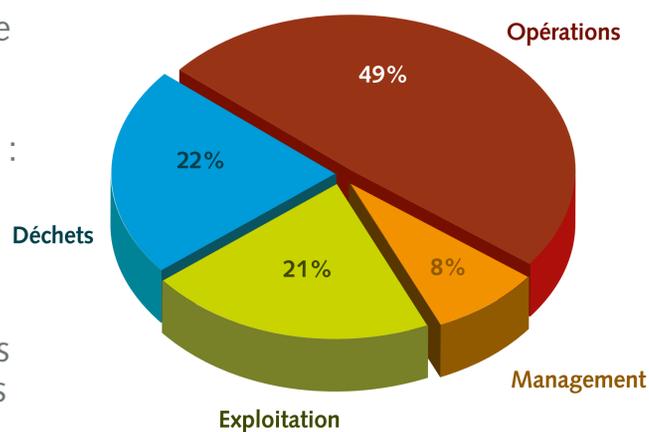
Mélusine en cours d'exploitation.

## Passage en quelques chiffres :

- 3 réacteurs expérimentaux (Mélusine, Siloé et Siloette),
- 1 laboratoire chaud : le Laboratoire d'Analyses des Matériaux Actifs (LAMA),
- 1 station de traitement de déchets : la Station de Traitement des Effluents et Déchets (STED).

Budget total : de l'ordre de 300 M€. 26 000 tonnes de déchets radioactifs dont 25 000 tonnes de TFA (déchets de très faible activité).

### Répartition du budget par poste



## Impact environnemental

Tout au long du projet, les analyses de l'air, de l'eau et de la faune montrent des niveaux de rejets bien inférieurs au niveau naturel et aux normes autorisées.

# Un important programme d'assainissement-démantèlement

Le centre CEA de Fontenay-aux-Roses a écrit les premières pages de la recherche nucléaire française en accueillant le premier réacteur expérimental français, la pile « ZOE ». En pleine mutation, il se tourne désormais vers les sciences du vivant.

Aujourd'hui, le centre poursuit un important programme d'assainissement-démantèlement d'installations. En 1995, le programme de dénucléarisation du site de Fontenay-aux-Roses débute. Depuis 2008, il est baptisé Aladin (Assainissement des Laboratoires et Démantèlement des Installations Nucléaires).



Vue aérienne du CEA de Fontenay-aux-Roses.

## Le poids de l'histoire

Depuis les années 50 et 60, époque où la première génération d'INB de Fontenay-aux-Roses était en phase d'exploitation, les méthodes de travail et de traçabilité ont fortement évolué, tout comme la réglementation.

L'assainissement et le démantèlement de ces installations nécessitent aujourd'hui beaucoup d'études et de moyens logistiques, avec un véritable travail de reconstitution historique et de documentation.

## Horizon : 2034

Afin de prendre en compte certains aléas notamment administratifs et techniques, et les évolutions de la réglementation, la fin des opérations d'assainissement-démantèlement, initialement prévue en 2018, a été replanifiée à l'horizon 2034, hors aléas et hors assainissement des sols.

# Les iNB du centre

Depuis 2006, année de publication des décrets déclassant certaines INB et regroupant celles restantes, le centre de Fontenay-aux-Roses compte deux INB (n°165 dite « procédé » et n°166 dite « support »). Elles sont exploitées par le Service des opérations de démantèlement des installations de Fontenay-aux-Roses (Sodif) de la direction de l'énergie nucléaire (CEA/DEN). Ces INB sont sous le régime administratif de mise à l'arrêt définitif.

### L'INB n°165 « procédé » regroupe :

Le bâtiment 18 qui accueillait notamment les activités de recherche et développement (R&D) dans le domaine du retraitement des combustibles nucléaires, des transuraniens, des déchets et de leur caractérisation et le bâtiment 52-2 ou « radiométrie 2 » (RM2) qui hébergeait les activités de recherche mettant en œuvre des combustibles irradiés à base de plutonium.



Démantèlement de la salle des filtres du laboratoire de radiométrie n°2 (RM2). Montage d'un sas de confinement avant l'intervention.

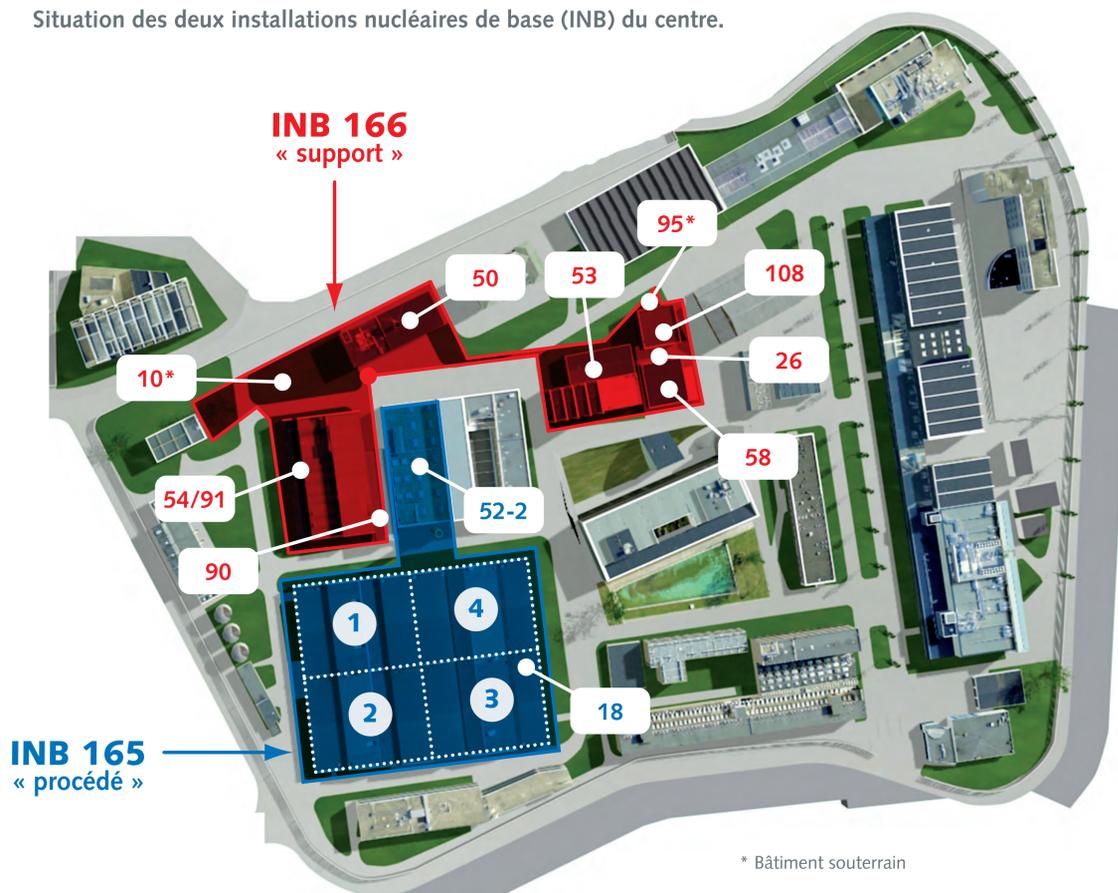


La chaîne Cyrano après assainissement.



L'emplacement de la chaîne Cyrano après démantèlement.

Situation des deux installations nucléaires de base (INB) du centre.



### L'INB n°166 « support » rassemble :

Toutes les autres installations notamment dédiées à la gestion des déchets (entreposage, tri, mesure et chargement sur des véhicules de transport, etc...).



Conditionnement et évacuation de déchets irradiants au bâtiment 58. Déplacement d'un fût de 50l de déchets MI (moyennement irradiants) en château de transfert vers la cellule de mesure pour caractérisations radiologiques, avant surfûtage en fût de 60l.



Tri des déchets FA (faible activité) en tenue isolante et ventilée.

# Le bâtiment 18 et le défi technique de la chaîne Petrus

## Le laboratoire de radiochimie :

Dans les années 60, le laboratoire de radiochimie, dit « bâtiment 18 » servait notamment aux études sur le traitement des combustibles usés, des transuraniens et des déchets radioactifs. Ce bâtiment, qui nécessite pour son assainissement-démantèlement beaucoup d'études et de moyens logistiques pour le transfert des déchets, est le chantier le plus important de Fontenay-aux-Roses.

## Chronologie

- 1961-1995  
Exploitation en R&D
- 1995  
Transfert des activités à Marcoule et début des travaux d'assainissement
- 2004  
Début des travaux préparatoires au démantèlement
- 2006  
Décret de démantèlement



Une chaîne blindée est un dispositif de radioprotection qui permet de manipuler à distance des produits irradiants ou chimiques. Ici, la chaîne blindée Cyrano du bâtiment 18, vue de

## La chaîne Petrus

Conçue pour la préparation et l'étude des éléments transuraniens, Petrus se composait d'une chaîne de cellules blindées et, en sous-sols, de plusieurs cuves d'entreposage des solutions traitées et des effluents liquides.

La phase de ménage nucléaire des enceintes blindées de la chaîne Petrus s'est terminée à l'automne 2009.

Plusieurs années de R&D ont été nécessaires pour définir précisément, et en toute sécurité, l'évolution physico-chimique du liquide contenu dans l'une des cuves et mettre au point un procédé pour l'évacuer. La vidange et les opérations de rinçage de la cuve se sont achevées en 2011.

À la suite d'une fuite de l'une des cuves, en 1974, la salle des cuves est devenue inaccessible aux personnels. Les opérations de démantèlement sont donc menées à distance notamment à l'aide de bras téléopérés, issus de la R&D du CEA, et de petits engins de chantiers télécommandés.

Vues du local des cuves PETRUS réalisées à distance, au droit du carottage de la dalle :



Dispositif d'inspection par caméra de la cuve B.



Visualisation par écran de la cuve B.



Point d'entrée de la caméra dans la salle des cuves.

## L'assainissement des sols hors et sous INB

Les caractérisations et les études d'assainissement des sols ont été entreprises dès 1999. La priorité a d'abord été donnée aux sols situés hors du périmètre des installations avec un achèvement prévu en 2015.

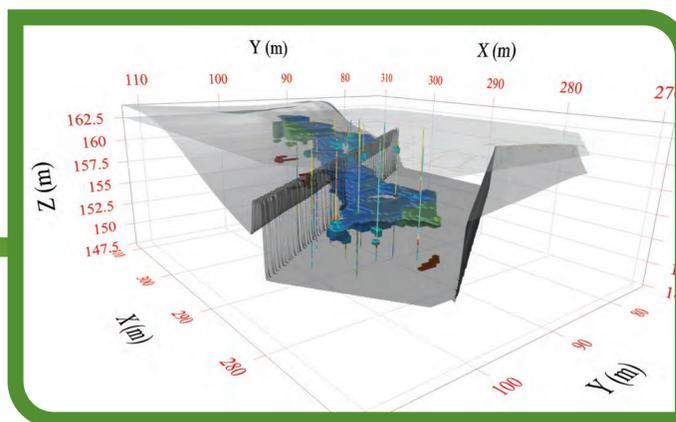
Pour l'assainissement des sols mené hors du périmètre des INB, les quantités de déchets générés et évacués vers les filières appropriées sont :

- 25 000 tonnes de déchets conventionnels,
- 15 000 tonnes de déchets TFA (très faiblement actifs),
- 20 tonnes de déchets FA (faiblement actifs).

La méthodologie générale appliquée pour l'assainissement des sols est notamment basée d'une part sur le guide méthodologique « Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives » et, d'autre part, sur le retour d'expérience.

Pour caractériser les sols, le CEA a développé des outils dédiés, dont la plateforme Kartotrak® : une solution logicielle complète permettant la collecte des données, leur traitement par géostatistique et un rendu cartographique.

La caractérisation des sols sous les INB est en cours.



### Chantier d'assainissement de la parcelle hors INB entre les bâtiments 18 et 54 :

Cartographie 3D via Kartotrak® des terres contaminées en profondeur de la parcelle hors INB situées entre les bâtiments 18 et 54. (en couleur : terres contaminées).



Préparation de la zone : retrait des bitumes et nivellement.



Atteinte de l'objectif radiologique : préparation du remblaiement avec du remblai liquide, contrôle des matériaux de blindage à la remontée.



Remblaiement des 2 derniers mètres en grave naturelle compactée par couche de 30 cm.

### Dispositif développé afin d'effectuer des prélèvements sous la chaîne PETRUS :

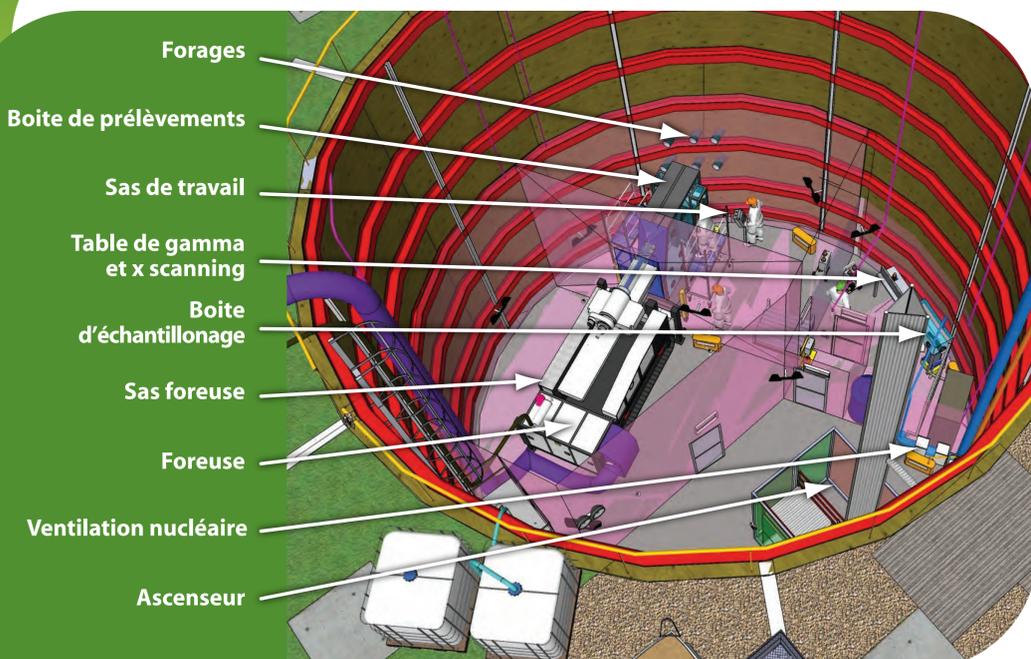


Schéma d'implantation des matériels de carottage dans la fosse pour des prélèvements sous PETRUS. Puits blindé de 12m de diamètre et 10m de profondeur.

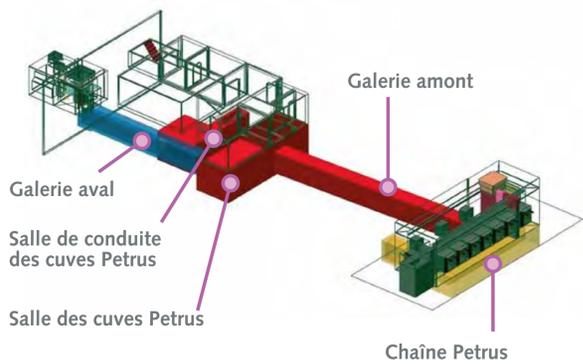


Opérations de préparation de la fosse.



Fin des opérations de préparation de la fosse accédant aux cuves d'entreposage.

# 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, sont recueillis dans une cuve qu'il est nécessaire de vider avant démantèlement.

Une caractérisation permet de déterminer comment s'y prendre et comment traiter le contenu. Comme la salle présente un débit de dose très élevé, la réalisation du prélèvement a nécessité une phase préparatoire très élaborée.

## Déroulement d'une intervention

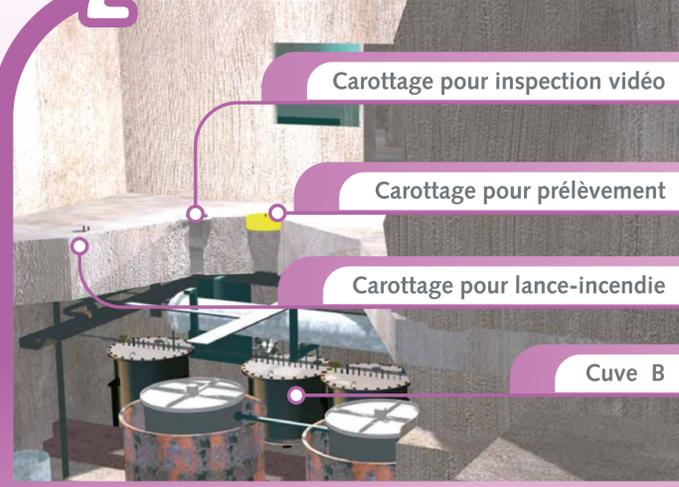
- 1** Recueil des données initiales :
  - local (dimensions, encombrement, équipements...)
  - état radiologique (irradiation, contamination...)*Source : Référentiel de sûreté Historique.*
- 2** Définition du "scénario" : Choix des méthodes et moyens d'intervention
- 3** Développement des outils
- 4**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

### 1 Cuve B

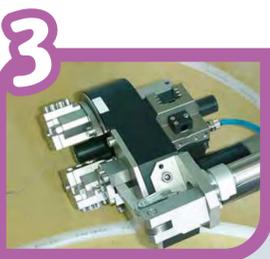


Inspection vidéo de la salle des cuves.

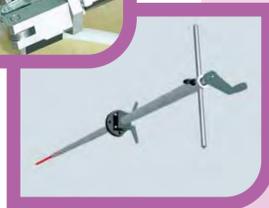
### 2



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 B



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 B.

2009 : fin de relevage.

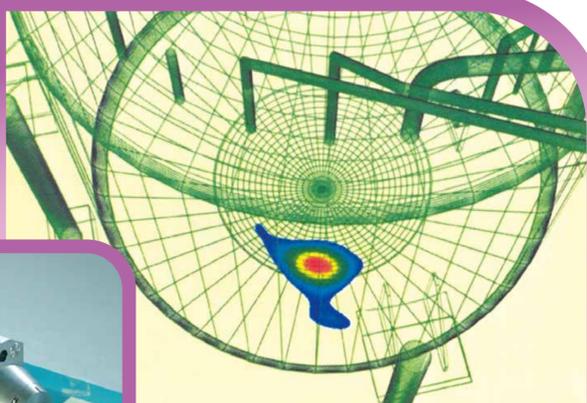
2011 : fin des rinçages.

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

# 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*.

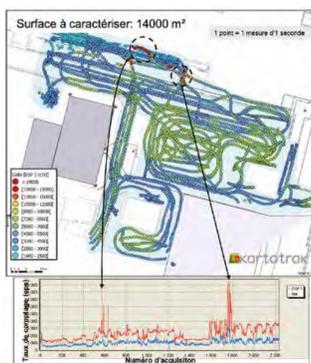
# Créer et développer des outils à Fontenay-aux-Roses

## Un logiciel d'aide à la décision

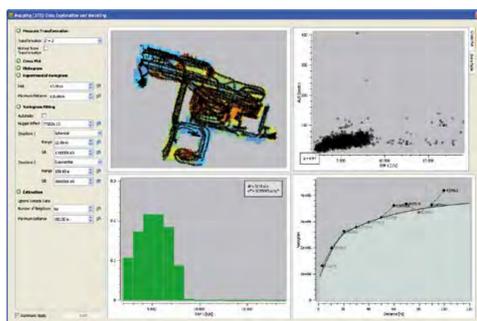


Geovariances

Le logiciel Kartotrak® permet d'établir rapidement des cartographies de flux gamma émergents 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

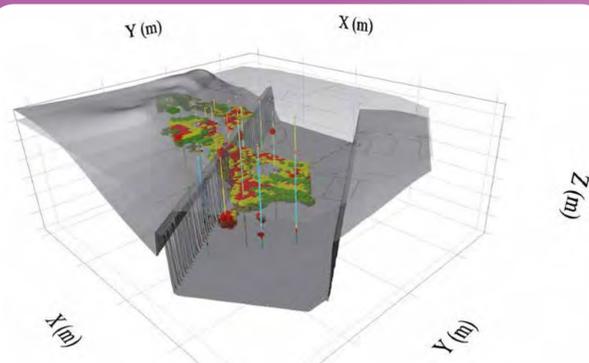


Analyse et traitement des données par géostatistique ©CEA



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.



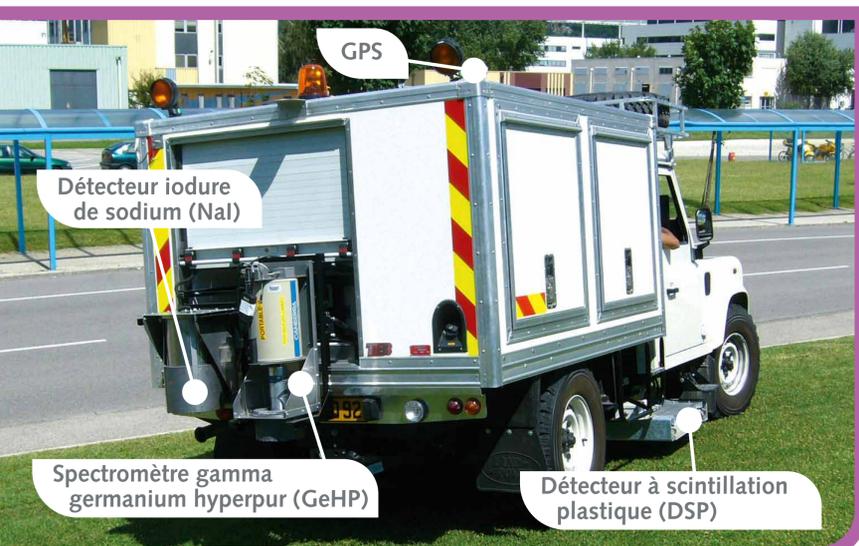
Vue 3D réalisée avec Kartotrak® à partir de 21 sondages représentant l'ancienne douve du site de Fontenay-aux-Roses, actuellement en cours d'assainissement. ©CEA

## 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 émergent 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 émergent 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, émergent 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

Simulation et modélisation sont très utilisées lors des chantiers d'assainissement-démantèlement, en particulier pour préparer les interventions, valider les scénarios et définir les dispositifs de radioprotection nécessaires. Le logiciel Narveos développé au CEA et commercialisé par Euriware permet l'évaluation interactive de la dosimétrie des personnels.

### Connaissance de l'environnement radiologique et géométrique

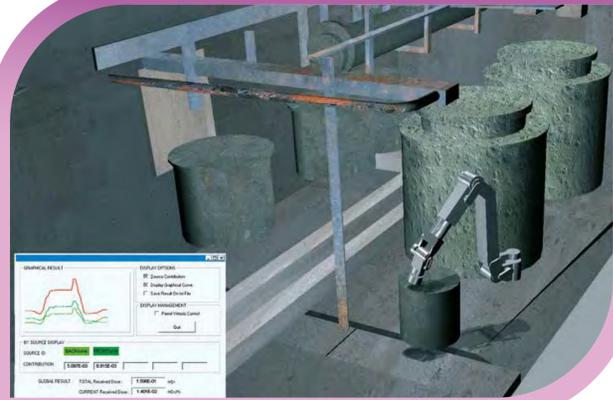
Création d'un modèle virtuel en trois dimensions.

Couplage possible avec des outils de mesures radiologiques comme la gamma caméra.



### Préparation de l'intervention

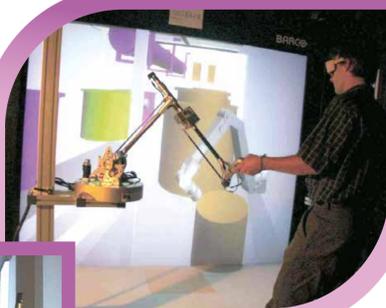
- Test et comparaison des différents scénarii,
- Choix et optimisation technique, économique et radiologique du scénario,
- Dimensionnement des outils.



Logiciel **NARVEOS**

### Formation des opérateurs

Ce module limitera à terme la construction de maquettes physiques à l'échelle 1.



### Validation des données de base

Le logiciel AOMS permet la mise à jour du modèle en fonction de l'avancée des études. A terme, le réajustement du scénario retenu se fera en temps réel à partir de données prises sur le chantier.



# 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.

# Les différents types de déchets

Un déchet radioactif est composé de toute matière pour laquelle aucune utilisation n'est prévue et qui contient des radionucléides.

### Classification

La France a adopté une classification basée sur le niveau d'activité par unité de masse et sur la période\* des éléments radioactifs contenus dans le déchet.

\* La période est la durée, propre à chaque élément radioactif, au bout de laquelle la radioactivité de cet élément a été divisée par deux.

Activité  
massique

Moins  
de 100 Bq/g

De 100  
à 100 000 Bq/g

De 100 000  
à 1 milliard de Bq/g

Plus d'un milliard  
de Bq/g

Classe  
d'activité

TFA  
(Très faible activité)

FA  
(Faible activité)

MA  
(Moyenne activité)

HA  
(Haute activité)



### Les exutoires

Tous les déchets sont, au final, conditionnés sous forme solide. Les liquides subissent un procédé de concentration d'activité par chauffage et évaporation, suivi d'un enrobage des concentrats obtenus : bétonnage pour les FA et MA et vitrification pour les HA. 90% des déchets nucléaires (en volume) produits en France disposent déjà d'une filière de gestion en stockage ultime.

Vie courte  
(période inférieure à 30 ans)

Vie longue  
(période supérieure à 30 ans)

TFA

Centre industriel de regroupement d'entreposage et de stockage (CIRES)



FA



Centre de stockage de l'Aube (CSA)

Recherches sur des projets de stockage pour éléments à vie longue ; entreposage chez les producteurs en attente de l'ouverture d'un stockage définitif.

MA

Projet ANDRA Cigéo de stockage géologique profond (500 m). Mise en service prévue en 2025. Déchets CEA actuellement entreposés à Cadarache (Cedra) et Marcoule (Diadem 2016).

HA



Conteneur de combustible utilisé pour entreposage de longue durée.

# La caractérisation d'un fût de déchets

Les installations de mesure des déchets de faible et moyenne activité ont pour objectif la détermination de l'activité radiologique alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) et gamma ( $\gamma$ ) contenue dans les colis. Associée à une radiographie X, elle permet de valider la destination de ces déchets vers un stockage en surface géré par l'Andra.



Installation Sandra B à Fontenay-aux-Roses.



### Déroulement

1. Positionnement des fûts à mesurer sur un convoyeur
2. Pesée du fût
3. Lecture de l'étiquette du fût
4. Spectrométrie gamma en rotation
5. Comptage neutronique passif en rotation
6. Interprétation des résultats de mesure
7. Radiographie X et son interprétation



Chaque fût est identifié par un code-barres unique pour assurer sa traçabilité.



Spectrométrie gamma : détecteur GeHP (germanium hyperpur), pour déterminer l'activité gamma des radioéléments et vérifier la conformité avec les spécifications de l'Andra.



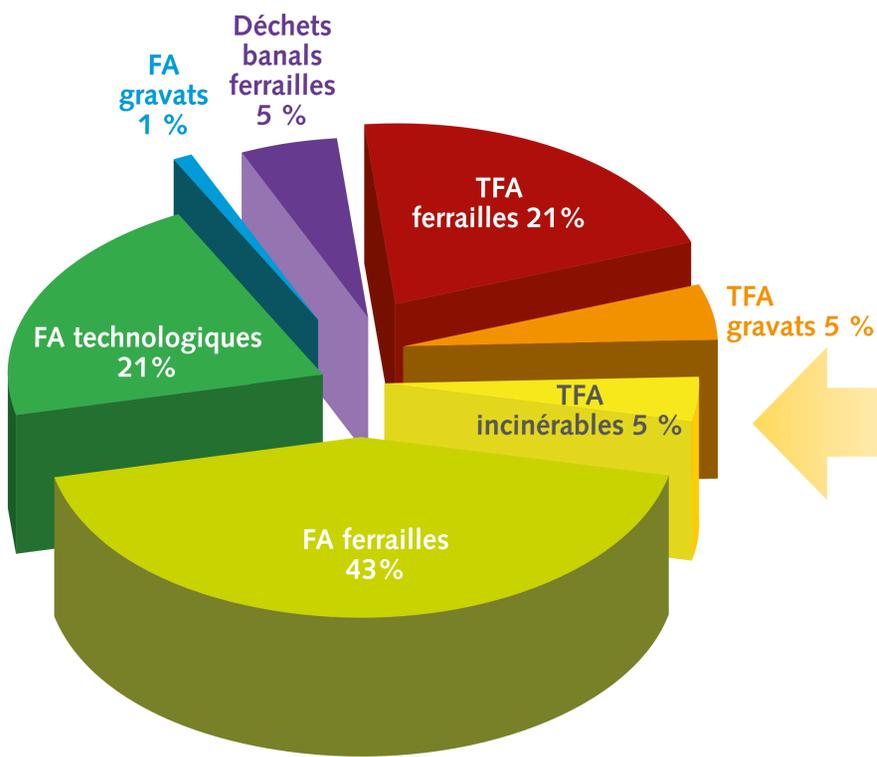
Contrôle par radiographie X du fût.



Comptage neutronique passif : 16 détecteurs à  $^3\text{He}$ .

# Déchets générés lors du démantèlement

La station de traitement des effluents liquides de Fontenay-aux-Roses était composée d'un **procédé** d'évaporation des effluents radioactifs associé à une cimentation des concentrats et d'un ensemble de 7 **cuves** (de réception, d'entreposage des distillats...).



143 m<sup>3</sup>

### Le procédé



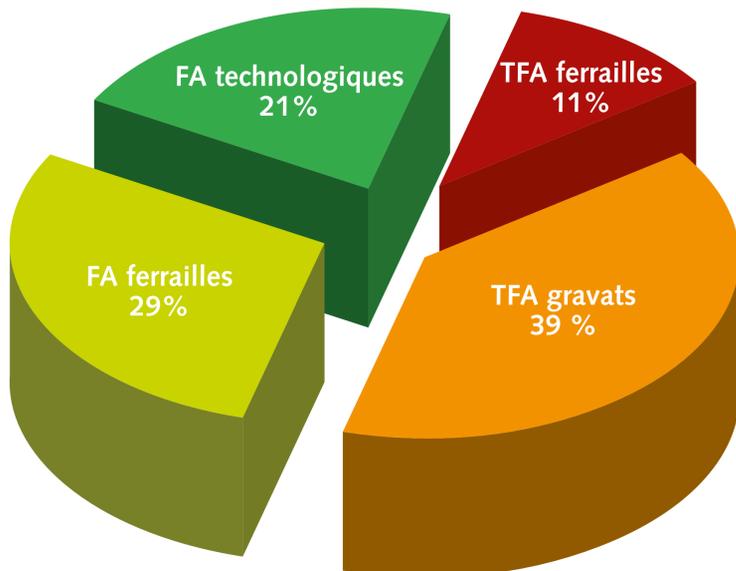
Le procédé en cours de démantèlement (2003).

Déchets générés lors du démantèlement du procédé

493 m<sup>3</sup>

Le démantèlement niveau 2 de la station a généré 493 m<sup>3</sup> de déchets.

Déchets générés lors du démantèlement des cuves



350 m<sup>3</sup>

### Les cuves



La salle des cuves avant et après démantèlement (2004).



2004

# Le traitement des déchets TFA

Béton, acier, canalisations, plastiques...



Les déchets de très faible activité représentent l'essentiel des déchets générés par le démantèlement : béton, canalisations, plastiques... Leur niveau de radioactivité est comparable au niveau naturel mais en France ils sont traités spécifiquement du fait de leur passage dans une installation nucléaire.

### Choix du conteneur



Exemple de conteneur : le panier grillagé.

### Conditionnement des déchets



Remplissage d'un panier grillagé.

### Caractérisation des déchets



Analyse en laboratoire et analyse *in situ* dans un laboratoire mobile, le Lamas.

### Entreposage des colis avant évacuation



Ci-dessus : gravats entreposés en big bags.



Ci-contre : métaux et plastiques conditionnés en conteneurs.

### Contrôle des colis avant départ



Contrôle des colis avant départ : mesure d'irradiation par le service de radioprotection du site.

### Transfert des colis



### Stockage



Centre industriel de regroupement d'entreposage et de stockage (CIREs)

Les colis de déchets, contrôlés à leur arrivée sur le site, sont stockés dans des alvéoles creusées dans l'argile, protégées par des toits démontables en forme de tunnel et équipées de dispositifs de surveillance.

# Le traitement des déchets FA et MA à vie courte

Durant toute sa vie, à toutes les étapes de son traitement, de sa création jusqu'à son stockage final sur le site de l'Andra, le déchet est tracé. Sa provenance, sa nature, sa caractérisation radiologique sont autant de renseignements qui le suivent et doivent rester conformes tout au long du processus de traitement, avec les spécifications de l'exutoire final.

Au CEA, une application informatique de gestion des déchets radioactifs est commune à tous les centres. Appelée "Caraiibes", elle permet d'assurer la traçabilité du déchet de la production à son stockage final.

### Conditionnement des déchets

Surbottes, prégnants, câbles, gravats, verreries, cartons, pièces métalliques...



De gauche à droite : conditionnement en fûts, en caissons, en coques bétonnées.

### Caractérisation des déchets

Mesures par spectrométrie gamma des déchets.

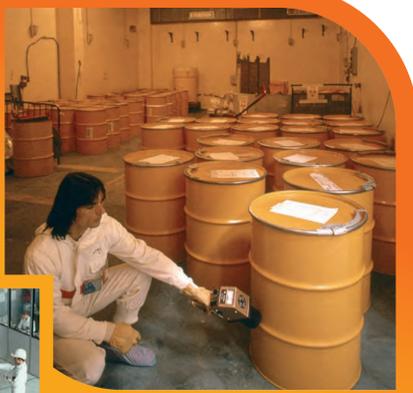


### Entreposage



De gauche à droite : fûts, caissons, coques béton.

### Contrôle avant départ de site



Mesures d'irradiation avec une babyline.

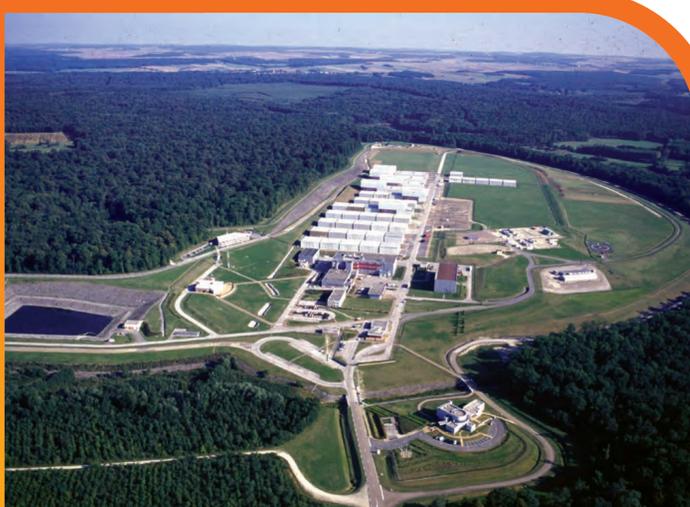
### Transfert des colis



Chargement des colis en conteneur IP2 puis transport sur route.

### Stockage

Centre de stockage de l'Aube (CSA)



# Le traitement des déchets MA vie longue et HA

Câbles, verreries, pièces métalliques, bootings de télémanipulateur...



### Déchets MA-VL

Conditionnement

Fûts de 100 litres



Caractérisation par spectrométrie  $\gamma$

Mesures



Transport

Emballage RD39



### Traitement des déchets - Exemple à Cadarache

Entreposage de colis de 870 litres contenant des fûts de 100 litres (moyenne activité) compactés.



Château de transfert contenant des colis de 500 litres conditionnés après compactage des fûts de 50-60 litres.



Mise en puits d'entreposage dans l'installation Cedra en attente de l'ouverture de Cigeo.



### Déchets HA

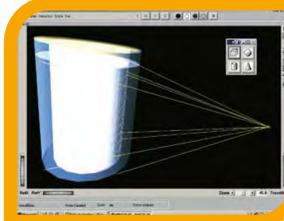


Conditionnement

Déchets issus de chaînes blindées



Caractérisation par spectrométrie  $\gamma$



Modélisation

Entreposage avant départ ...



... dans des puits

Contrôle du château de transport



Frottis : contrôle de non contamination



Mesure directe : contrôle d'irradiation

Transport

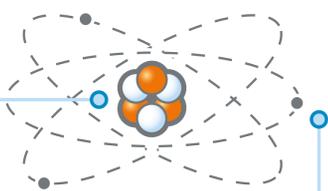
Emballage DGD-001



# La radioactivité

### L'atome

Noyau (protons et neutrons)



Nuage électronique (électrons)

Toutes les matières de l'univers sont constituées d'atomes. Répartis en 89 éléments chimiques, 325 atomes différents existent sur terre. De nature, 274 d'entre eux sont stables et 51 instables car ils contiennent trop de protons, de neutrons ou des deux. C'est cette instabilité que l'on nomme radioactivité.

### La radioactivité

La radioactivité est la transformation spontanée d'un atome instable en un autre atome. Elle s'accompagne d'une émission d'énergie sous la forme de rayonnements ionisants  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ . Il peut y avoir plusieurs transformations avant d'arriver à un noyau stable, on parle alors de chaîne de désintégrations. La radioactivité décroît au cours du temps.

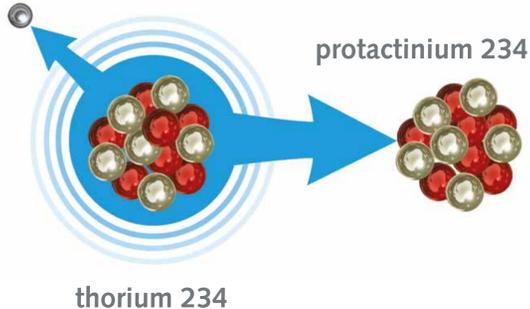
#### Radioactivité alpha ( $\alpha$ )

Particule  $\alpha$  (hélium 4)



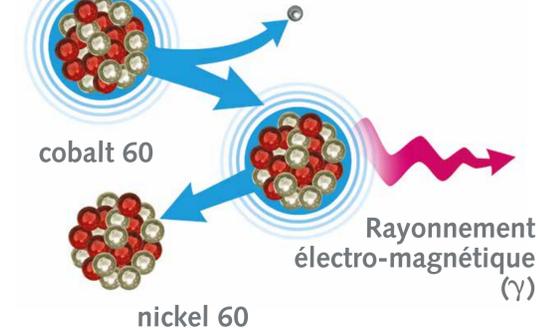
#### Radioactivité bêta ( $\beta$ )

Particule  $\beta$  (électron)



#### Radioactivité gamma ( $\gamma$ )

Particule  $\beta$



### Les unités de mesure

Cette image permet de symboliser la relation entre les trois unités de mesure de la radioactivité. Le nombre de pommes qui tombent peut se comparer au becquerel (nombre de désintégrations par seconde) ; le nombre de pommes reçues par le personnage, au gray (dose absorbée), les bosses (petites ou grosses) au sievert (effet produit).



### La radioactivité naturelle et artificielle en France

#### Radioactivité artificielle

PRATIQUES MÉDICALES 32,7 %

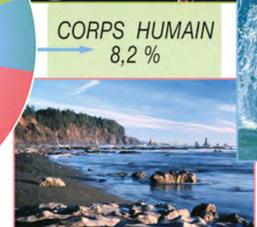


AUTRES 0,3 %  
• Rejets industriels.  
• Retombées des anciens essais nucléaires atmosphériques.

#### Radioactivité naturelle

TERRE ET ESPACE 24,5 %

- Rayonnements cosmiques.
- Rayonnements telluriques.



CORPS HUMAIN 8,2 %

RADON 34,3 %



L'exposition annuelle moyenne pour chaque habitant en France est de 3,5 mSv, dont les deux tiers sont d'origine naturelle.

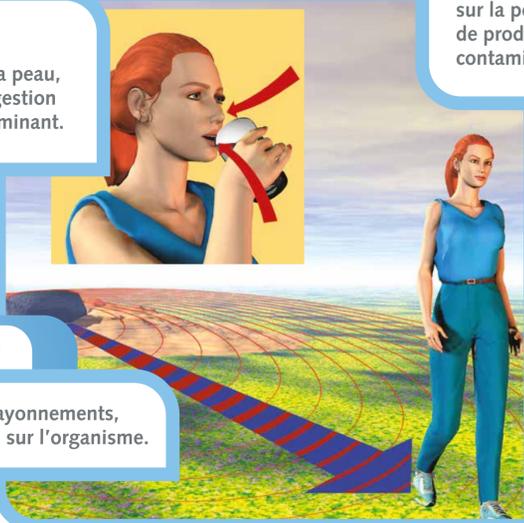
# La radioprotection

La radioprotection vise à protéger l'homme de l'ensemble des dangers que l'exposition aux rayonnements ionisants ou à une contamination par des produits radioactifs est susceptible d'entraîner.

## Les modes d'exposition

### Par contamination

**Interne :**  
par blessure de la peau, inhalation ou ingestion de produit contaminant.



**Externe :**  
par dépôt sur la peau de produit contaminant.

### Par irradiation

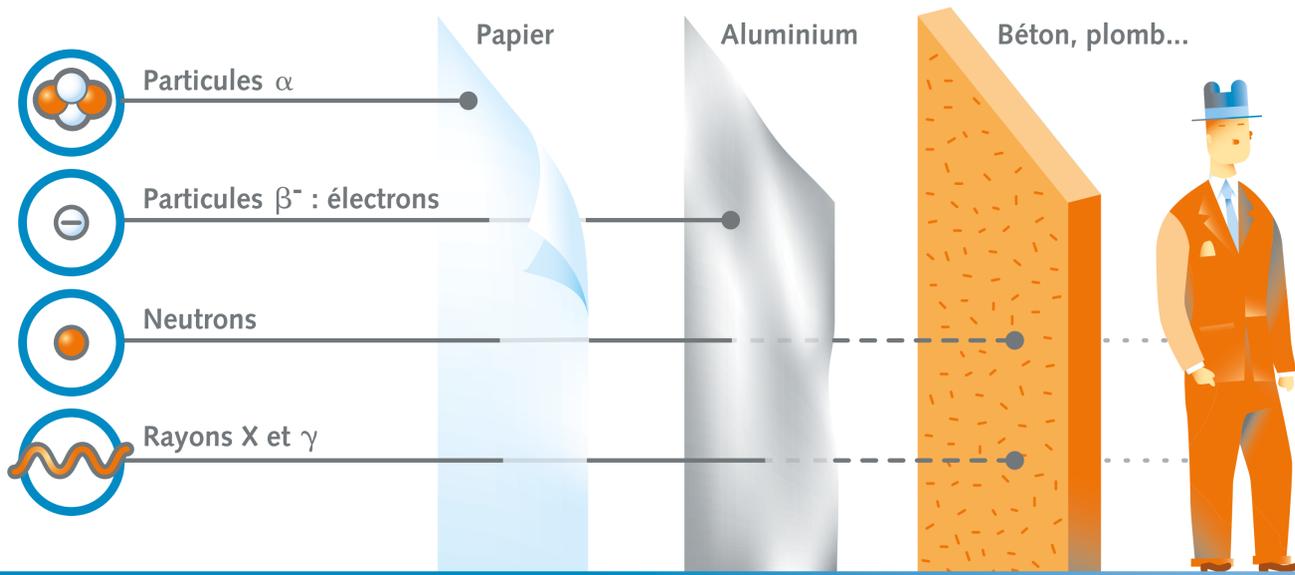
Effet des rayonnements, à distance, sur l'organisme.

## La protection

Pour se protéger contre toutes les sources de rayonnements, on peut :

- s'éloigner de la source de rayonnements,
- mettre un ou plusieurs écrans entre la source de rayonnements et les personnes (dans l'industrie nucléaire, on utilise des murs de béton, des parois en plomb et des verres spéciaux chargés en plomb),
- réduire la durée de l'exposition aux rayonnements.

## Les différents écrans contre les rayonnements

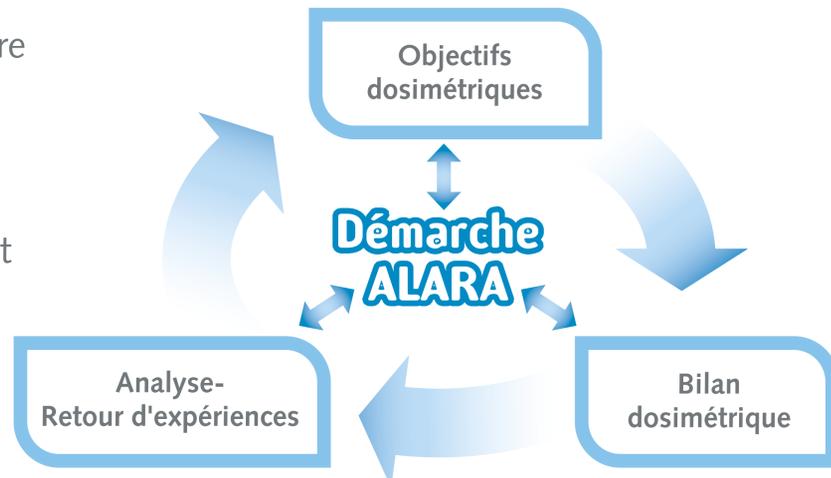


## Radioprotection et chantier d'assainissement-démantèlement

Un chantier d'assainissement-démantèlement répond à trois impératifs :

- la protection des travailleurs en minimisant l'exposition aux rayonnements dans le cadre de la démarche **ALARA**\*,
- la protection de l'environnement, par la réduction du volume et de l'activité des déchets et effluents radioactifs,
- le moindre coût, en optimisant la gestion et la planification, dans le respect de la réglementation.

\* **ALARA** = **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable (aussi bas que raisonnablement possible).



# La protection des hommes

## Protections intégrées aux installations

- La zone à assainir ou à démanteler est toujours **confinée** pour éviter la dispersion de poussières radioactives. Lors d'assainissement en extérieur, une enceinte de confinement mobile peut être utilisée.
- Cet espace clos est **ventilé** par un flux d'air de l'extérieur vers l'intérieur pour empêcher toute sortie de poussière.
- Les systèmes de **mesure** sont omniprésents dans l'installation et certains fonctionnent en continu. De plus, chaque opérateur est équipé de dosimètres personnels (film, Dosicard).

## Sas d'accès en zone contrôlée

L'accès en zone contrôlée nécessite le port par chacun d'une tenue protectrice revêtue dans un sas selon une procédure très rigoureuse d'habillage et de déshabillage. A chaque sortie de zone, un contrôle de non contamination est obligatoire.



## Protections des personnes

### CONTRE LA CONTAMINATION

Tenue de zone



Masque et combinaison



Tenue ventilée



Milieu de plus en plus contaminant et irradiant



Sorbonne



Boîte à gants



Cellule blindée et télémanipulateur

### CONTRE L'IRRADIATION ET LA CONTAMINATION

# La protection de l'environnement



Contrôle des rejets.

Le CEA accorde une importance majeure à la protection de l'environnement, dès la conception des installations, puis lors de leur exploitation et de leur démantèlement.

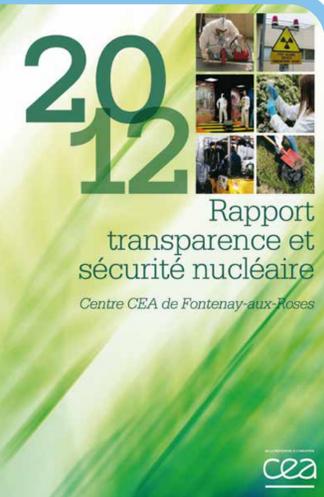
Tous les rejets sont contrôlés avant sortie de site :

- Les rejets liquides sont contrôlés par analyses chimique et radiologique ; sous les seuils de rejet réglementaires, ils rejoignent le réseau urbain d'eaux usées.
- Les rejets atmosphériques sont filtrés et contrôlés en continu.

## Objectifs des contrôles

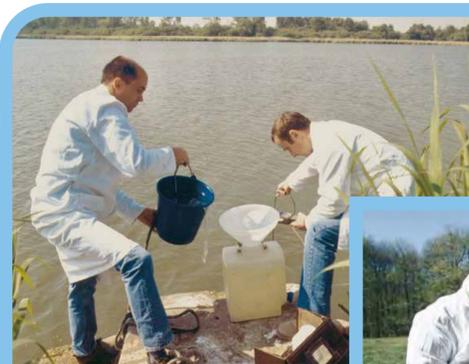
Ces contrôles permettent de s'assurer de la parfaite conformité des résultats vis-à-vis des autorisations légales ou réglementaires et de garantir l'absence d'impact sur l'environnement et la santé publique.

## Surveillance du site



Le rapport annuel de sûreté du centre de Fontenay-aux-Roses

Chaque centre CEA assure une surveillance systématique du site et de son environnement par un contrôle rigoureux et continu de ses rejets et par un programme de surveillance (prélèvements et mesures dans l'atmosphère, l'eau, la végétation et les sols). Les résultats des mesures sont régulièrement rendus publics.



Surveillance des eaux souterraines, de surface, de pluie.

Surveillance atmosphérique.



Prélèvement d'échantillons dans la végétation.



Analyses en laboratoire à Fontenay-aux-Roses.



Laboratoire mobile permettant les analyses *in situ*.



# La sûreté et la sécurité sur le site

A chaque étape de la vie d'une INB, la sûreté et la sécurité constituent une priorité absolue.

## Sûreté

La sûreté dans une INB vise à assurer un fonctionnement normal, à prévenir les accidents et à en limiter les effets.

## Sécurité

La sécurité vise à assurer la protection des personnes, des biens et de l'environnement contre les dangers, nuisances et gênes.

Cellule  
sûreté

Cellule  
sécurité

## Directeur

Responsable de la sûreté  
et de la sécurité sur le site.

## PGSE : présentation générale de sûreté de l'établissement

Ce document regroupe, pour toutes les installations du centre, toutes les informations générales contribuant à la sûreté nucléaire et concernant le site et son environnement.



Reprise de confinement  
d'un fût lors d'un exercice  
de plan d'urgence interne (PUI)  
à Fontenay-aux-Roses.

## PUI : plan d'urgence interne

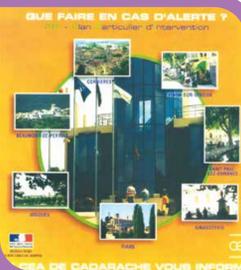
Le plan d'urgence interne définit l'organisation et les moyens mis en place par la direction d'un site nucléaire en cas de situation incidentelle ou accidentelle : mettre l'installation accidentée dans un état sûr, secourir et protéger les personnes, évaluer et limiter les conséquences sur l'environnement, anticiper l'évolution possible du sinistre, informer le personnel, les tutelles, les autorités de sûreté et les élus locaux.

## PPI : plan particulier d'intervention

Géré et déclenché par le préfet, le plan particulier d'intervention définit les moyens et l'organisation nécessaires pour protéger les populations en cas d'accident et apporter à l'exploitant de l'installation l'appui des moyens d'intervention extérieurs (pompiers, police, gendarmes, Samu...).



Simulation  
d'un déclenchement de plan  
particulier d'intervention  
(PPI) à Cadarache.



Plaquettes  
d'information  
sur les plans particuliers  
d'intervention (PPI)  
des centres de Cadarache  
et Saclay.

# La sûreté et la sécurité dans l'installation

## Chef d'installation

Responsable  
de la sûreté  
et de la sécurité  
dans l'installation

## Ingénieur sûreté

Chaque installation nucléaire de base (INB) est régie par un « référentiel de sûreté » approuvé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Il démontre la sûreté de l'installation vis-à-vis des différents risques (situations accidentelles, risques extérieurs) et décrit les règles d'exploitation qui en découlent. L'ASN effectue régulièrement des inspections dans les installations pour en vérifier le respect.

## Ingénieur sécurité

## La réglementation

Le référentiel de sûreté regroupe l'ensemble des documents concernant la sûreté :

- le plan d'urgence interne (PUI),
- le rapport de sûreté,
- les règles générales d'exploitation (RGE) pour les installations en exploitation et les règles générales de surveillance et d'entretien (RGSE) pour les installations en cours d'assainissement-démantèlement,
- les décrets relatifs aux installations et les décisions de l'ASN relatives aux rejets liquides et gazeux,
- les prescriptions techniques,
- l'étude déchets,
- les études d'impact et les études de danger,
- les règles de transport.

## Étude déchets

Cette étude concerne la gestion de tous les types de déchets produits sur le centre et notamment ceux issus du démantèlement.

## Zonage Déchets

Lors d'un chantier de démantèlement, le zonage déchets permet de préciser et d'identifier les zones à caractère radioactif des zones sans radioactivité ajoutée. Les opérations de zonage sont obligatoires et mises en place dans toutes les installations du centre.

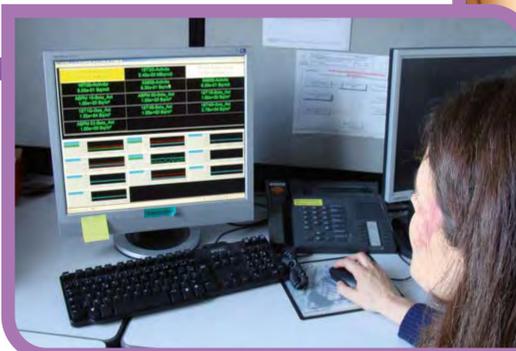
Le rapport de sûreté  
d'une INB  
au centre de  
Fontenay-aux-Roses.

## Des dispositions écrites connues de tous

Toutes les dispositions prévues dans le référentiel de sûreté sont traduites en pratique dans les INB par des documents écrits, connus de tous, qui sont les procédures, les modes opératoires et les consignes.



Le coffret de signalisation et d'alarme (en haut à droite), et la chambre d'ionisation (en bas à droite) mesurent l'irradiation ambiante dans le réacteur expérimental Osiris à Saclay.



Le tableau de contrôle des rayonnements (TCR), ici à Fontenay-aux-Roses, permet de visualiser toute anomalie d'irradiation ou de contamination.



Les contrôles de non contamination corporelle et vestimentaire sont obligatoires en sortie de zone contrôlée : Sirius (contrôleur mains-pieds et vêtements).

# Cadre législatif et contrôle

### 2006, deux nouvelles lois

2006, entrée en vigueur de deux lois clés, la loi « Transparence et Sûreté Nucléaire (TSN) » et la loi « déchets » des 13 et 28 juin répondant aux besoins exprimés par les parlementaires :

- une autorité de sûreté nucléaire indépendante,
- une obligation de mise à disposition du public dans des délais rapides d'une liste de données,
- une feuille de route précise sur la gestion des déchets nucléaires.

### Pouvoirs publics

La sûreté des installations relève de l'Autorité de sûreté nucléaire. Les inspecteurs du travail contrôlent quant à eux l'application de la réglementation du travail dans les INB.

Groupe permanent d'experts réuni à l'ASN



Demandes d'expertises

Avis techniques

- Demandes d'autorisations ou de modifications
- Documents relatifs aux incidents ou accidents
- Suivi des inspections
- Bilans

Contrôles et inspections, autorisations

### Exploitant nucléaire

En France, les principaux exploitants nucléaires sont les industriels EDF, Areva, le CEA et l'Andra. L'exploitant d'une installation nucléaire doit garantir la protection et l'information des populations vivant à proximité de son site.

### Expertise technique

L'institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) effectue des recherches et des expertises sur les risques liés à la radioactivité. L'Autorité de sûreté nucléaire s'appuie notamment sur les avis techniques de l'IRSN.

**IRSN**



Deux experts étudiant un dossier de démantèlement

Échanges techniques

Le CEA  
Fontenay-aux-Roses

### La cellule de sûreté

Le CEA dispose également d'un système de contrôle interne. Rattachée à la direction de chaque centre, la cellule de sûreté nucléaire est chargée de superviser et de contrôler les INB implantées sur le site.



# Surveillance des sites et des installations

La surveillance d'un centre CEA et des stations de contrôle de l'environnement est assurée par des dispositifs de contrôle et de détection (contrôle de radioprotection dans les installations, incendies, effluents, protection physique) raccordés à un tableau central dont les alarmes sont surveillées en permanence au poste de commandement de la formation locale de sécurité qui garde et protège le centre. Des dispositions spécifiques sont également prévues en cas d'événements programmés ou non (groupes électrogènes en cas de coupure d'électricité...) pouvant perturber l'acquisition des informations sur les stations de contrôle.

### Sur le site

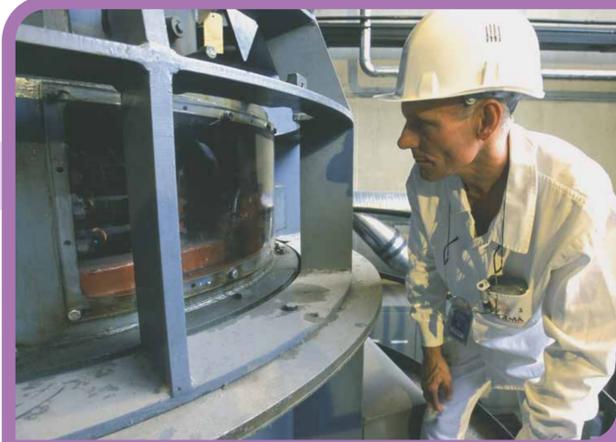


Sur chaque centre du CEA, la formation locale de sécurité (FLS) assure la protection des matières nucléaires. Elle exerce en outre les missions de secours et de lutte contre l'incendie.



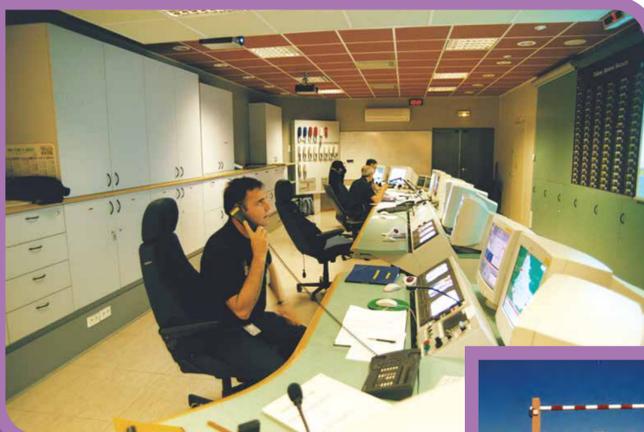
### Rondes et visites

### Dans l'installation



Au cours de sa ronde, le technicien rondier vérifie systématiquement tous les éléments clés de l'installation.

### Surveillance



Ci-dessus : PC FLS à Cadarache.  
Ci-contre : portique de contrôle radiologique d'un chargement à Fontenay-aux-Roses.

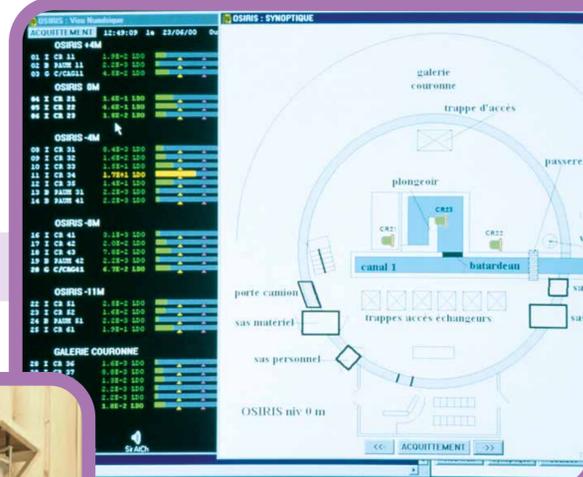


Tableau de contrôle radiologique (TCR) : 53 balises (ci-contre) disséminées dans l'enceinte du réacteur Osiris à Saclay sont reliées au TCR.



### Contrôles



Station météo du centre de Fontenay-aux-Roses.

En cas de contamination atmosphérique, une balise de mesure de contamination atmosphérique (ici, RAMSYS) alerte les personnes présentes dans le local ainsi que l'agent de radioprotection.



# Les grandes phases d'un projet d'assainissement-démantèlement

Les chantiers de démantèlement sont souvent très longs et mobilisent des ressources humaines, techniques et financières importantes.

Ils sont organisés en grands projets où chaque opération est rigoureusement planifiée. À chaque étape, le respect des objectifs en termes de sécurité, de coût, de délai et de résultat est vérifié.

1

## Phases préalables

- Définition de l'objectif final : quelle sera la future utilisation de l'installation, jusqu'à quel point démantèle-t-on ?
- Définition d'objectifs intermédiaires : identification de scénarios, estimation des coûts, analyse des risques,...

Colonnes pulsées en cours de démantèlement en 2004 à Fontenay-aux-Roses. Elles ont servi à la mise au point du procédé de retraitement des combustibles usés en exploitation à la Hague (bâtiment 91, Fontenay-aux-Roses).



## Priorités

- Assurer la sûreté et la sécurité,
- Évacuer les matières radioactives,
- Maîtriser la dosimétrie,
- Optimiser les déchets (valorisation, tri à la source...).

2

## Étude des scénarios

- Définition et justification du choix des meilleures techniques,
- estimation du volume des déchets,
- définition de la radioprotection,
- évaluation des coûts,
- demandes d'autorisation.

4

## Réalisation des chantiers

Principales contraintes :

- existence des exutoires (lieux de stockage, filières d'élimination),
- obtention des autorisations pour effectuer les transports (agrément),
- obtention des autorisations.

Colonnes pulsées complètement démantelées, 2005.



5

## Bilan

Alimentation du retour d'expérience

**REX**

3

## Développements techniques

- Recherche d'entreprises compétentes par la CAEAR (Commission d'Acceptation des Entreprises en Assainissement Radioactif et démantèlement d'installation nucléaire),
- Étude et vérification des modes opératoires,
- Mise à disposition des ressources humaines et financières,
- R&D nouveaux outils.

Depuis 2004, le CEA gère un des plus grands chantiers de démantèlement au monde : UP1. Mise en service en 1958, cette usine a assuré jusqu'en 1997 la séparation chimique entre les matières réutilisables (uranium et plutonium) et les produits de fission contenus dans les combustibles nucléaires, permettant le traitement de 18600 tonnes de combustibles usés.





# Les coûts et le financement du démantèlement

En France, conformément aux lois de 2006, le coût du démantèlement des installations nucléaires doit être provisionné par les exploitants nucléaires. Les sommes consacrées à ces opérations sont souvent conséquentes, à la mesure de la complexité et de la durée des travaux à engager.

## Les fonds dédiés

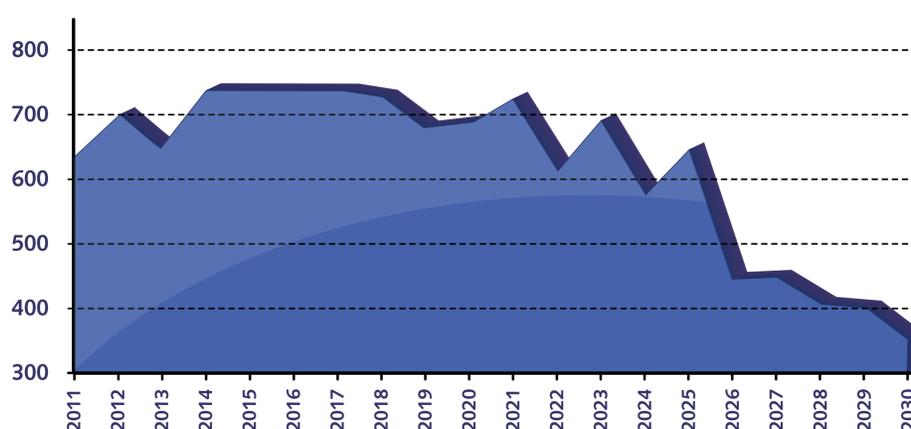
Le financement du démantèlement des installations du CEA est assuré par le biais de deux fonds dédiés, le premier pour ses installations civiles et le second pour ses installations dans le domaine du nucléaire militaire.

Ces outils permettent de pérenniser le financement des opérations, de les gérer dans un cadre pluriannuel et donc d'en optimiser le coût.

Le CEA a été le premier exploitant nucléaire à mettre en place de tels fonds, avec une gestion de trésorerie externalisée et une gouvernance appropriée, fondée sur un comité de surveillance composé de personnalités extérieures à sa direction.

- 2001 : Création du Fonds dédié « civil »
- 2004 : Création du Fonds dédié « Défense »
- 2010 : Réévaluations des coûts de démantèlement
- 2010 : Convention cadre Etat-CEA pour l'abondement du fonds dédié du CEA
- 2012 : Mise en place de la première convention triennale (période 2012-2014)

Les dépenses d'assainissement-démantèlement du CEA : prévisions jusqu'en 2030



Au cours des 10 prochaines années, le CEA consacrera environ 700 millions d'euros par an à ses programmes d'assainissement-démantèlement. Les provisions totales du CEA pour ses programmes d'assainissement-démantèlement et la gestion des déchets s'élèvent à 16,7 milliards d'euros.

## Ce que dit la loi

Les lois de 2006 sur la transparence et la sûreté nucléaire et sur la gestion durable des matières et des déchets radioactifs prévoient des obligations pour les exploitants :

- L'évaluation prudente des charges de démantèlement
- Le provisionnement de l'intégralité des charges futures d'assainissement
- L'existence de structures de contrôle
- Le recours à des outils dédiés de prévision financière et de reporting
- L'information et l'évaluation externe

Le CEA doit disposer des liquidités nécessaires aux travaux de démantèlement ainsi que des actifs nécessaires pour gager ses passifs de démantèlement comme en dispose la loi de 2006. Une convention cadre sera signée pour matérialiser l'engagement de l'Etat d'abonder le fonds dédié du CEA. *Conseil de Politique nucléaire (CPN) en février 2010.*

# La stratégie de démantèlement du CEA

Aujourd'hui, 21 installations nucléaires de base civiles (INB) sont en démantèlement au CEA (sur 43 au total). Ces activités mobilisent près de 800 salariés ; leur financement est assuré de manière pluriannuelle à travers un fonds dédié.

La stratégie du CEA est conforme aux recommandations des Autorités de sûreté : démantèlement immédiat et complet des installations, chaque fois que c'est réalisable, afin de diminuer les risques le plus rapidement possible et de bénéficier des connaissances du personnel d'exploitation. La stratégie du CEA est de rechercher l'optimum technico-économique.

L'ensemble des actions du CEA s'inscrit dans un cadre législatif national (notamment la loi TSN de 2006), complété par un ensemble de réglementations spécifiques.

En appui, le CEA mène des actions de R&D avec pour objectif de diminuer les délais, les coûts, les doses, les déchets et d'améliorer la sûreté des chantiers. La stratégie du CEA est de valoriser auprès du tissu industriel la R&D qu'il mène, ainsi que le retour d'expérience en assainissement et démantèlement.



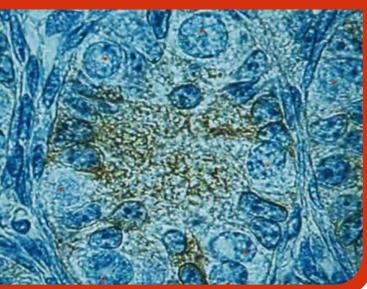
## Les chantiers prioritaires d'assainissement-démantèlement au CEA sont :

### Fontenay-aux-Roses

#### De la radiochimie du plutonium aux technologies biomédicales.

Les opérations d'assainissement-démantèlement ont pour but de reconvertir le site, « berceau » du nucléaire français, vers des activités de biotechnologies.

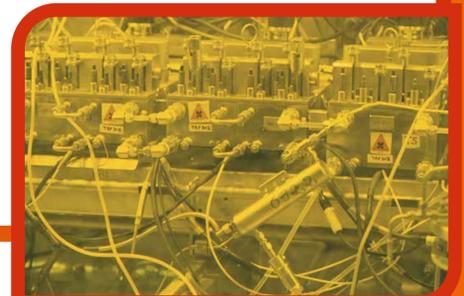
Les chantiers sont complexes car c'est à Fontenay-aux-Roses qu'ont été menées les toutes premières recherches en chimie de haute activité sur le cycle du combustible.



### Grenoble

#### De la recherche nucléaire aux nanotechnologies.

Le projet Passage est l'exemple unique de démantèlement à l'échelle d'un site entier en vue d'une reconversion (activités de R&D en microélectronique, énergies alternatives...), et donc une expérience riche pour tous les acteurs du nucléaire, qui s'est achevée fin 2012, comme prévu. Au 1<sup>er</sup> semestre 2013 ont lieu les dernières opérations d'assainissement complémentaires et de déconstruction « conventionnelle » (bâtiment du réacteur SILOE, notamment).



### Marcoule

#### Prouver la capacité du nucléaire à boucler totalement son cycle.

Le démantèlement de l'ancienne usine UP1 (1<sup>ère</sup> usine de retraitement du combustible nucléaire usé) est le plus grand chantier de démantèlement en France et l'un des plus importants au monde. Ce chantier se terminera avant 2050 avec l'évacuation des derniers déchets. Sur le même site commencera bientôt le démantèlement du réacteur Phénix, mis à l'arrêt en 2010.