

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



LES ENJEUX DE L'ASSAINISSEMENT/DÉMANTÈLEMENT ET DE LA REPRISE ET DU CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS



www.cea.fr

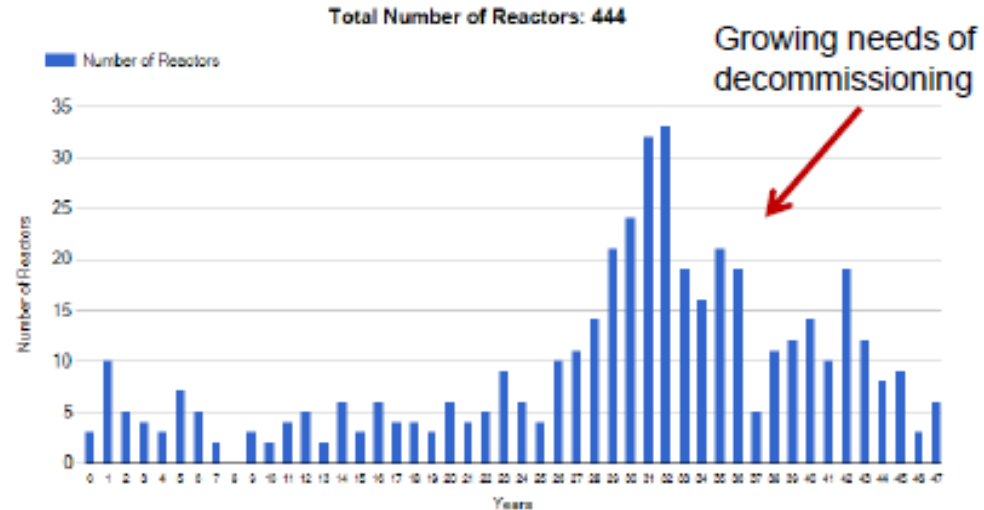
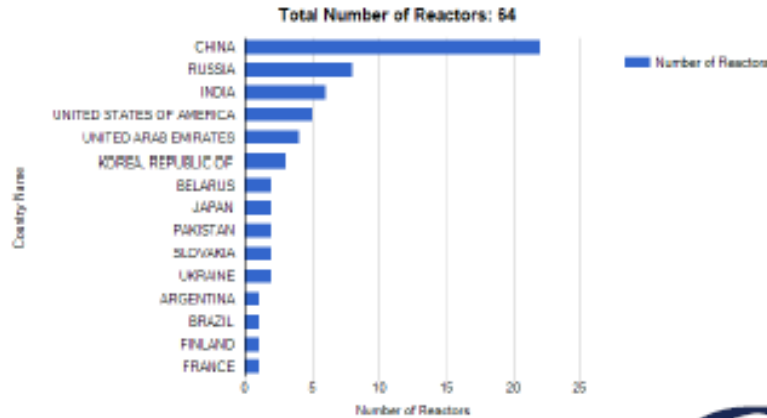
Christine GEORGES
Chef de Programme R&D pour l'A&D
CEA-DEN-DADN

Rencontre EFMMIN4 18/07/2016 – Marseille

Vision mondiale du Cycle de vie des installations nucléaires (source AIEA / PRIS)

Status	Nuclear Power Reactors	Research Reactors	Nuclear Fuel Cycle Facilities
Operational	444	243	329 (+ 5 in commissioning phase)
Under Construction	65	8	25
Long-term / temporary Shutdown	2	19	28
Permanent Shutdown	140	134	96
Under Decommissioning		~50	58
Fully Decommissioned	17 ⁺	~300	127

Vision mondiale – zoom sur centrales nucléaires (source AIEA)

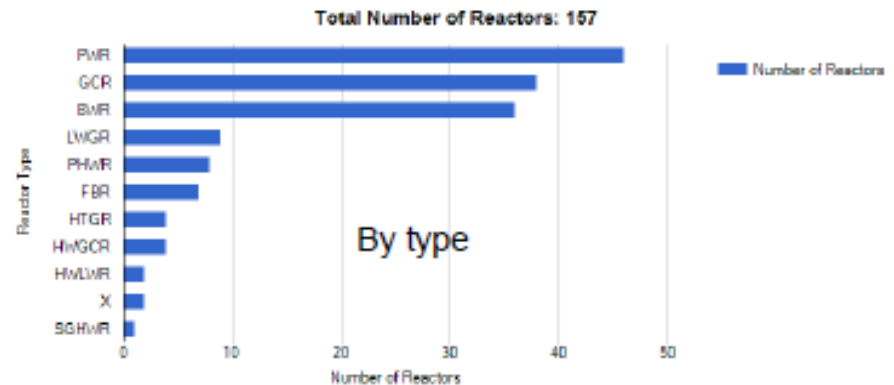
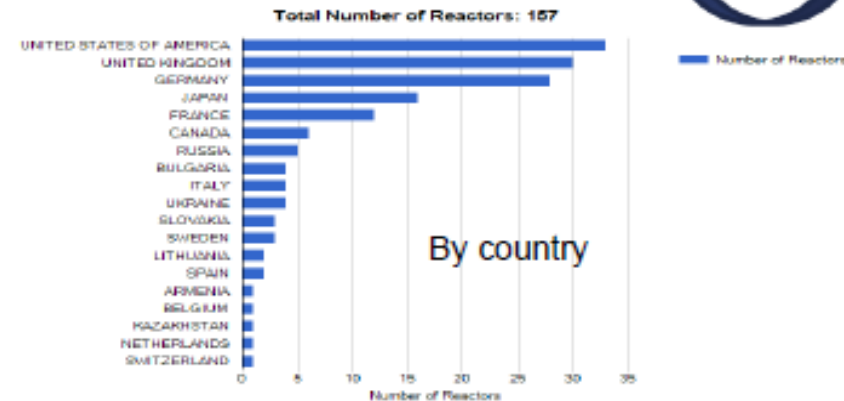


The total Number of Reactors includes also 2 reactors in Taiwan, China

65 reactors under construction



444 reactors in operation - ~ 50% > 30 years old

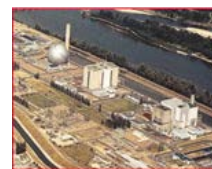


157 reactors permanently shutdown

LES ACTEURS DU DÉMANTÈLEMENT EN FRANCE



- Démantèlement de 9 réacteurs de 1^{ère} génération
 - Chinon, Bugey, 1 PWR (ChoozA), EL4, SPX, StLaurent
- *~ 3,5 G€ actualisés*



Chinon A



St Laurent A



Bugey 1



Chooz A

Creys
Malville

Brennilis

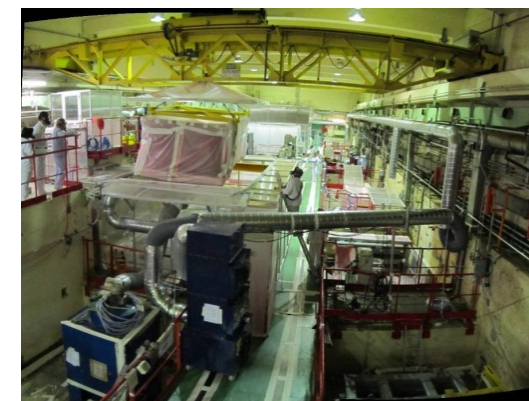


- Projets de démantèlement de la Hague, Eurodif, Pierrelatte, Cadarache
- *~ 5,8 G€ actualisés*



- Le plus gros acteur actuel
- *~ 10,5 G€ actualisés*

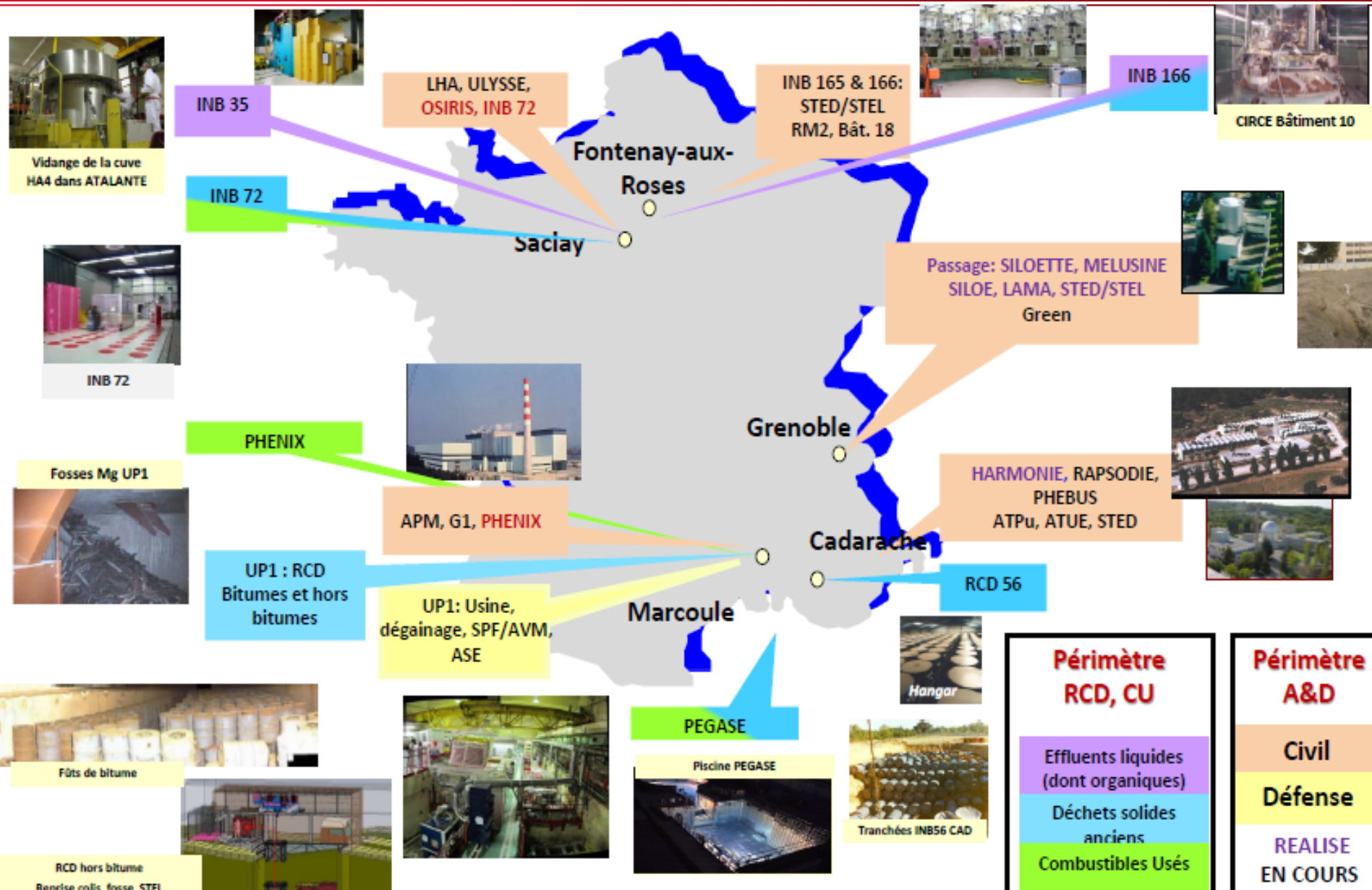
- Sur le périmètre DADN (centres civils) :
 - 860 effectifs CEA en 2016 et environ 2500 personnels d'entreprises extérieures
 - 22 installations en démantèlement (dont UP1)
 - 580 M€ ans sur le périmètre A&D et RCD

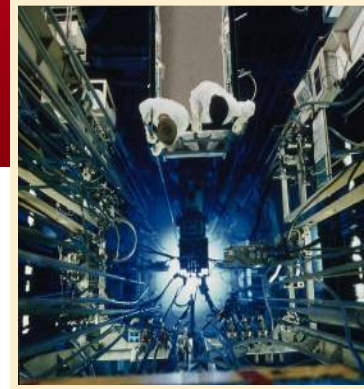


A&D AU CEA/DEN : quelques chiffres clé

- **860 employees (CEA/Nuclear Energy Division)** who work for dismantling program, waste management, facilities' exploitation and R&D for dismantling
- **580 M€: Annual financing** guaranteed by French Government in the Framework of the « waste management » law (June, 28th, 2006)
 - **More than 80%** goes toward Industry
 - **11 billion €** long term financial charges for the next decades
- **+ than 30 industrial partners, 2500 employees from suppliers**
- **22 facilities** in the process of cleaning and dismantling
- **5 CEA's sites concerned:** Fontenay-aux-Roses, Saclay, Grenoble, Marcoule et Cadarache
- **More than 100 projects** of decontamination/dismantling, retrieval and conditioning of legacy wastes, investments for new facilities in support (waste treatment, interim storage, R&D, transport packaging, waste management)
 - **From 5, 30 or even 50 years:** average duration of projects
 - **From 350 M€ to several billions €:** dismantling's cost for an entire site
 - **840 000 m³ of Radioactive wastes,** whose almost 50% have a very low activity level

PERIMETRE DE L'A&D ET DE LA RCD A LA DEN





■ Grande diversité d'installations :

- Réacteurs : piscine, neutrons rapides, ...
- Accélérateurs et irradiateurs,
- Laboratoires, ateliers et usine
- Installations de traitement de déchets et d'entreposage

■ Pas « d'effet de série »

■ Tailles diverses :

- Réacteur : Ulysse INSTN -> Phénix
- LAMA -> bat 18 FAR -> APM -> UP1

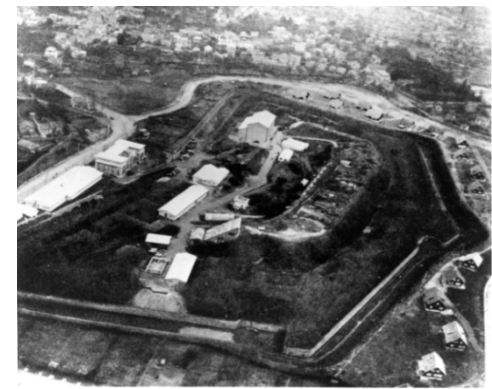
■ Installations de R&D,

- Traçabilité des modifications, historique
- Déchets très divers,...

■ Traitement chimique combustibles irradiés:

- Niveau de contamination (et d'irradiation)
pouvant être important (FAR, Marcoule APM et UP1,...)

■ Sites nucléaires historiques



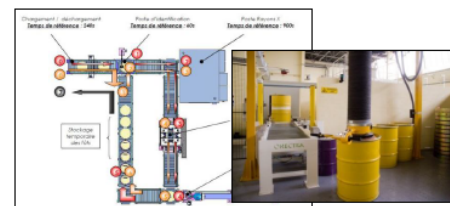
Maitriser l'état initial

- Installations anciennes, traçabilité et pratiques différentes d'aujourd'hui: **Besoin d'améliorer encore davantage la caractérisation en amont et le couplage avec la simulation pour définir les scénarios de démantèlement**



Proposer des évolutions du cadre réglementaire

- Circulaires internes, Guide 14, échanges avec AS sur les **états finaux**, recherche de solutions innovantes pour les déchets sans filières ou les TFA, etc.



SANDRA B ~ 1322 fûts mesurés depuis janv.2014

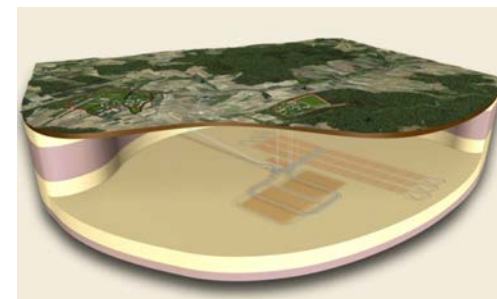
Disposer d'un financement garanti en pluriannuel

- Convention triennale avec l'état mais plafonnée à 740 M€ pour DEN et DAM



Maîtriser la gestion des déchets (tri, traitement, conditionnement, transport, entreposage/stockage)

- 30% du coût des projets et potentiels goulets d'étranglement
- **optimiser la catégorisation (TFA-FA-FAVL-MAVL, HAVL), évacuer en ligne**
- Besoins de disposer de spécifications stabilisées



Organisation et ressources capables de résoudre les nombreux problèmes techniques encore devant nous

Article 7 de la loi du 28 juin 2006 : Les propriétaires de déchets de moyenne activité à vie longue produits avant 2015 les conditionnent au plus tard en 2030.

RCD : Reprise Conditionnement Déchets, effluents et CU anciens

Liquides organiques :

- cuves Saclay (**HA4 : fin d'évacuation vers ATALANTE en 2013**)
- FAR (Petrus (terminé), CIRCE, ...)

Déchets solides :

- Cadarache INB 56 (**Projet RCD 56**) + Pégase (**Fin de l'évacuation des 2714 fûts plutonifères en 2013**)
- Saclay (IN 72), FAR (INB 166),
- Marcoule UP1,

Combustibles usés : PEGASE (CAD), INB 72 (SAC)

Effluents Atalante



Fosses Mg UP1



Tranchées INB56 CAD

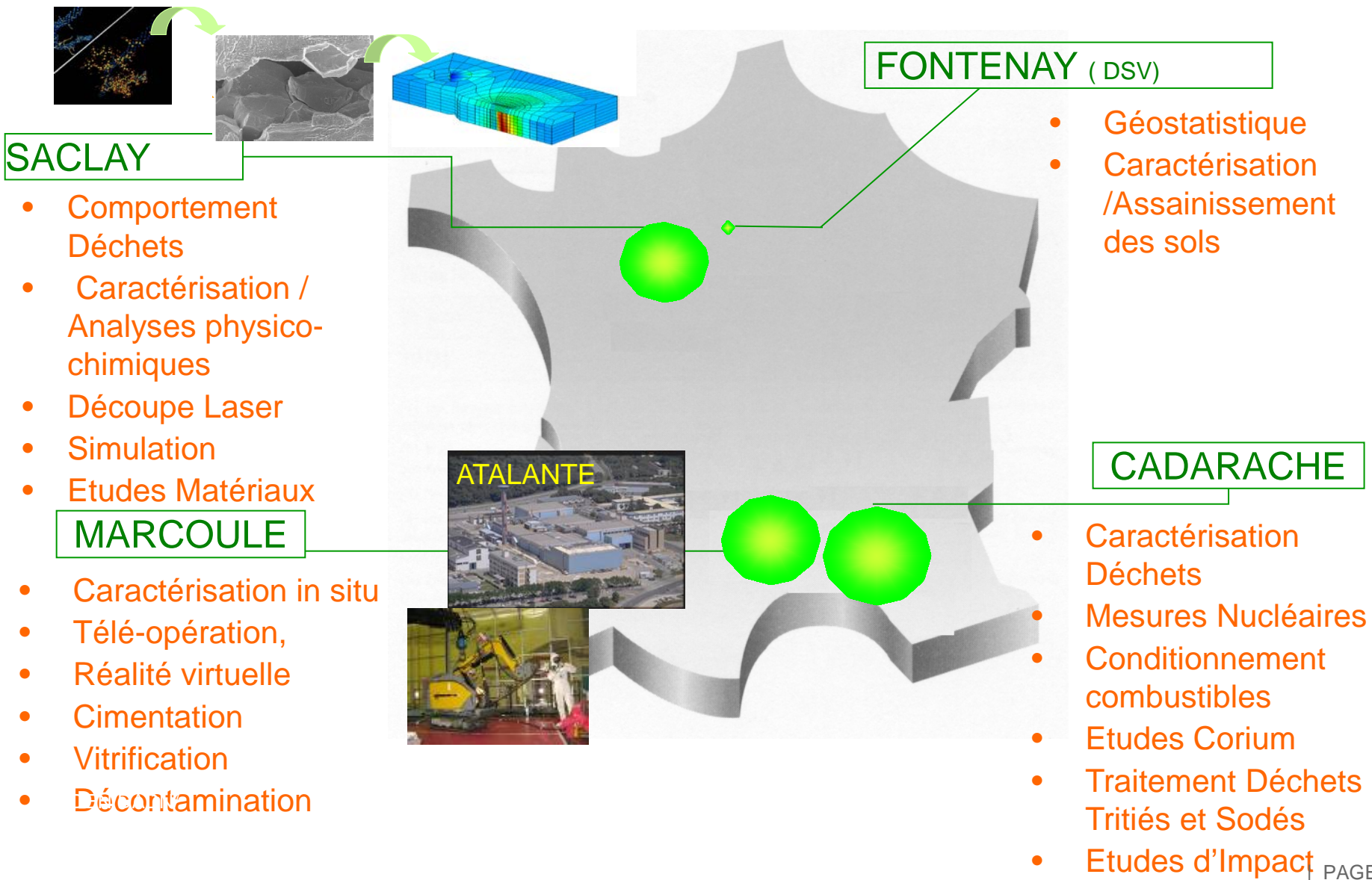
Piscine PEGASE



Entreposage CASCAD



SYNERGIES ENTRE LABOS DEN POUR REpondre A CES CHALLENGES



SACLAY

- Comportement Déchets
- Caractérisation / Analyses physico-chimiques
- Découpe Laser
- Simulation
- Etudes Matériaux

MARCOULE

- Caractérisation in situ
- Télé-opération,
- Réalité virtuelle
- Cimentation
- Vitrification
- Décontamination

FONTENAY (DSV)

- Géostatistique
- Caractérisation / Assainissement des sols

CADARACHE

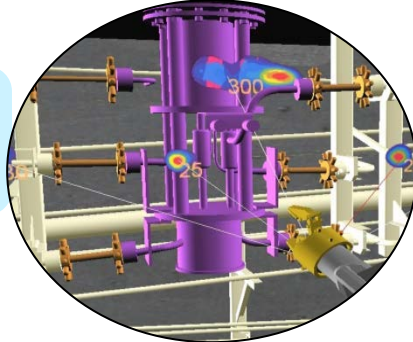
- Caractérisation Déchets
- Mesures Nucléaires
- Conditionnement combustibles
- Etudes Corium
- Traitement Déchets Tritiés et Sodés
- Etudes d'Impact



6 axes de développement en R&D et Expertise en support aux programmes d'A&D

- Support aux programmes d'A&D
- Développement et promotion de la R&D et de l'expertise en A&D

**Caractérisation
in situ**



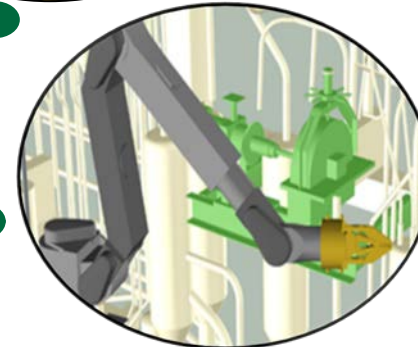
**Caractérisation des
déchets**



**Traitement et
conditionnement
des effluents et
déchets**



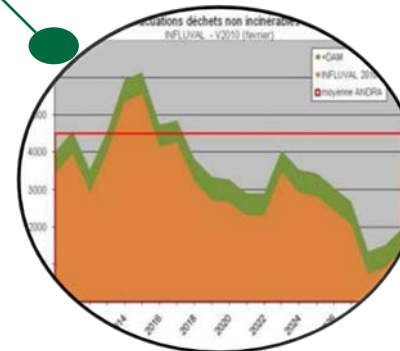
**Travail en
milieu
hostile**



**Décontamination
des solides,
structures et sols**



**Méthodes et
outils de gestion
pour l'A&D**



1) CARACTERISATION IN SITU

► Besoins :

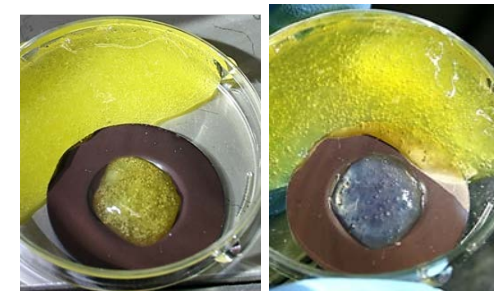
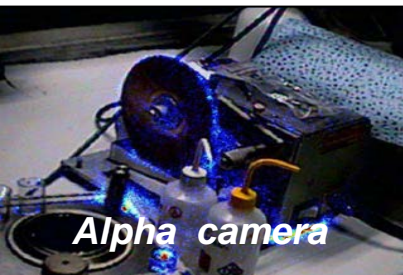
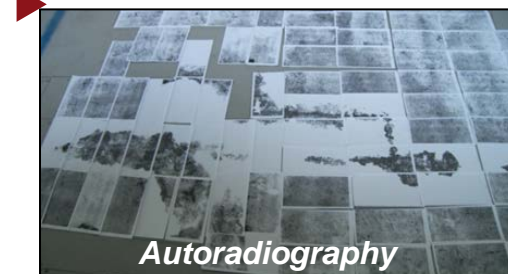
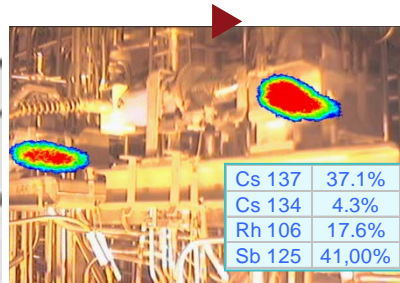
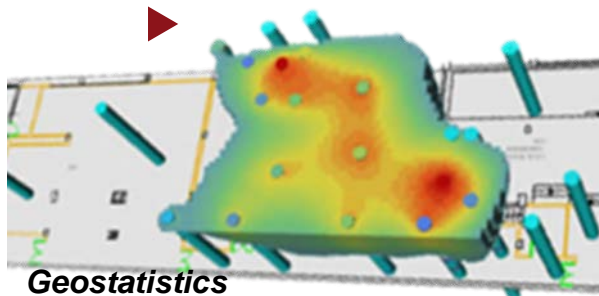
- Meilleure Connaissance des états physique et radiologique initiaux en complément des historiques et des calculs : localisation des points chauds, identification des radioéléments, estimation des activités
- Minimisation des prélèvements
- Accessibilité dans des zones exigües

► Développements:

- Mesures gamma non destructives
- Alpha et Gamma caméras
- Autoradiographie
- LIBS : mesure in situ de la contamination
- Gels révélateurs
- Méthodes géostatistiques
- Systèmes d'analyses miniaturisés et laboratoires mobiles
- Couplage et intégration de systèmes complets « caractérisation/ téléopération/ simulation »

► Gains attendus:

- Rapidité d'accès à des cartographies installations et sols,
- Meilleure précision des données d'entrée des études de scénarios ou des études d'impact
- Désengorgement des laboratoires d'analyse
- Optimisation des mesures et scénarios depuis la définition des objectifs jusqu'aux inventaires finaux
- Meilleure Maîtrise des aléas, des plannings et des coûts,



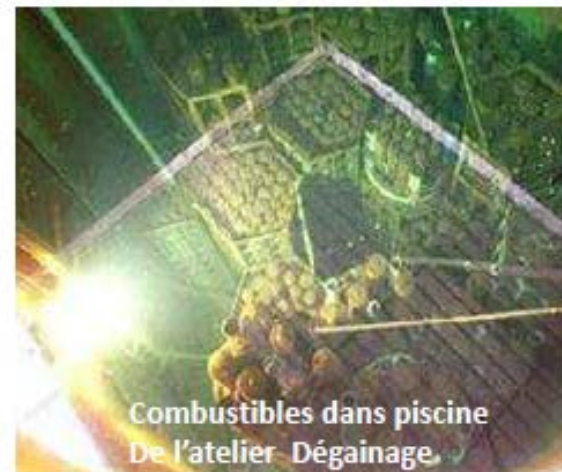
INCERTITUDES ... SUR LES ÉTATS INITIAUX (CHIMIQUES ET RADIOLOGIQUES)



Magasin Uranium



Poudre / solution de Dissolution
suite à incident MAR 200



Combustibles dans piscine
De l'atelier Dégainage



Déchets technologiques
dans fosses Zone Nord



Fûts Bitume avant
reconditionnement



Déchets vrac /opération
« mise en propreté »



Cellule procédé APM

2) CARACTERISATION DES DECHETS

► Besoins

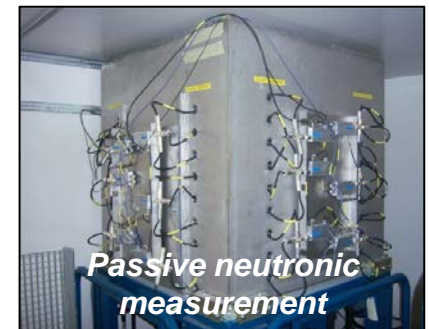
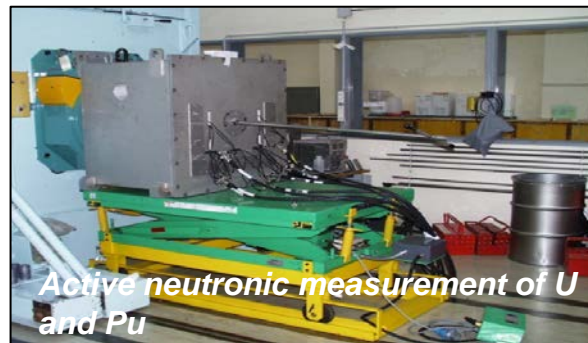
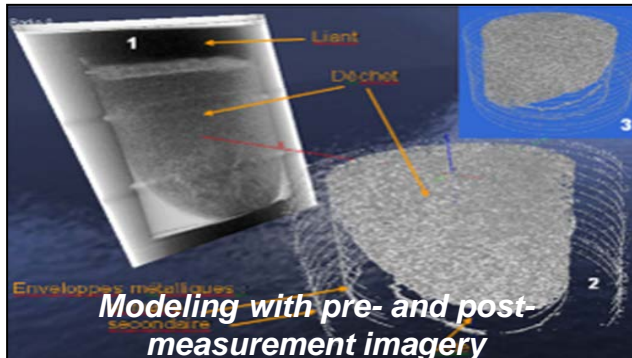
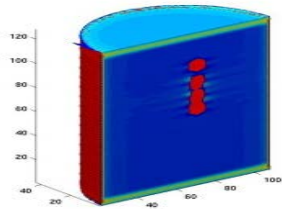
- Augmentation de la précision des mesures et des limites de détection
- Systèmes transportables
- Systèmes utilisables pour différentes catégories de déchets

► Développements

- Analyses non destructives:
 - Imagerie γ et α , spectrométrie γ
 - Mesures γ , Neutronique
- Analyses destructives:
 - Analyses béta vie longue

► Gains attendus

- Moins de marges en réponse aux spécifications ANDRA: minimisation des volumes
- Données de base plus justes pour les futurs entreposages et stockages
- Optimisation du processus de caractérisation



► BESOINS

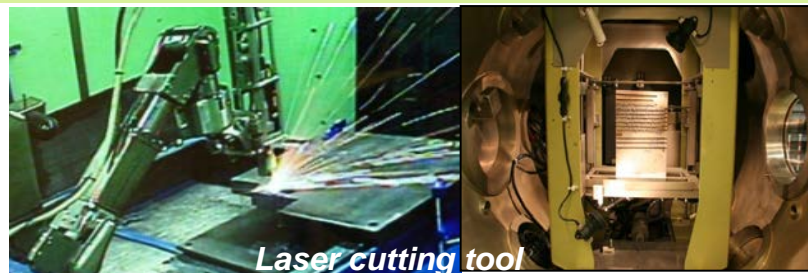
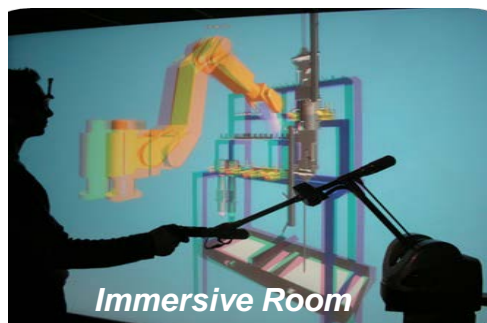
- Comparer et Valider les scénarios et les outils d'intervention
- Réduire les doses intégrées par les opérateurs
- Augmenter les cadences et limiter les aérosols produits
- Disposer de systèmes télé-opérés, plus résistants aux radiations
- Prendre en compte spécificité A&D/ ventilation

► DEVELOPPEMENTS

- Systèmes télé-opérés
- Procédés de découpe laser en air ou sous eau
- Logiciels de simulation d'intervention 3D avec calcul de doses intégrées
- Plate-formes de qualification
- Systèmes de sécurité / incendie et confinement

► GAINS ATTENDUS :

- Meilleure Maîtrise des aléas
- Maîtrise dosimétrie, optimisation déchets ,
- Augmentation Productivité, sûreté et sécurité
- Meilleure communication



4) DECONTAMINATION DES STRUCTURES ET DES SOLS

► BESOINS

- Procédés de décontamination compatibles avec les installations de traitement d'effluents et déchets des sites
- Procédé efficace de décontamination de terres et gravats
- Filières de recyclage de métaux

► DEVELOPPEMENTS

- Technologies adaptables aux différentes configurations géométriques et à une grande variété de matériaux et de radioéléments :
 - ✓ Gels aspirables,
 - ✓ Ablation laser,
 - ✓ Mousses ou gels ,
 - ✓ Flottation ou CO2 supercritique ,
 - ✓ Gels de nappage, ...

► GAINS ATTENDUS

- Baisse de la dosimétrie lors des interventions
- Décatégorisation de déchets



5) TRAITEMENT ET CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS

► BESOIN

- Ouverture de filières de traitement / conditionnement pour les déchets historiques exotiques (organiques, mercure, tritium, sodium, magnésium, pulvérulents, boues, etc...) Procédés alternatifs pour pallier aléas
- Mise aux normes des exutoires
- Procédés de recyclage

► DÉVELOPPEMENTS

- ✓ Minéralisation de déchets organiques par oxydation thermique ou incinération plasma,
- ✓ Vitrification
- ✓ Cimentation (Géopolymères, etc.)
- ✓ Adsorbants innovants pour Cs et Sr

► GAINS ATTENDUS

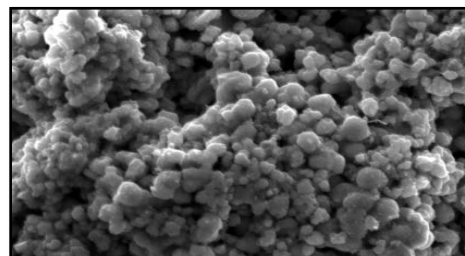
- Autorisation de démarrer les opérations
- Optimisation des volumes de déchets



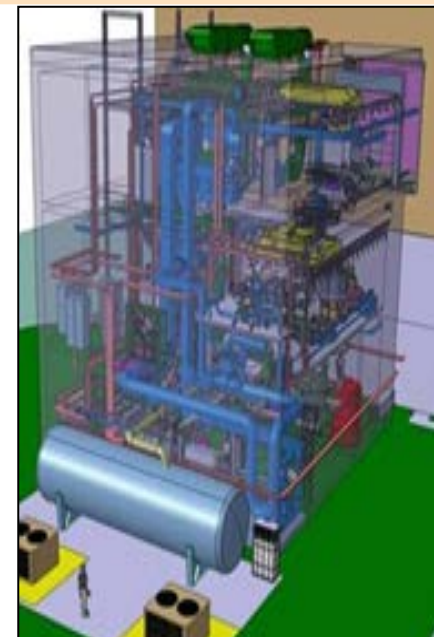
Plasma sous eau



Matrice Géopolymère

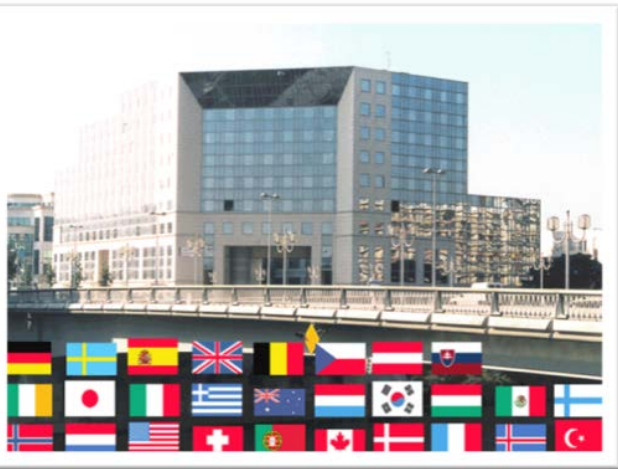


Nouveaux Adsorbants



Traitement du Sodium

RAPPEL DES CONCLUSIONS DU RAPPORT « INNOVATIONS ET BESOINS EN R&D POUR L'A&D » DE L'OCDE



CONSTATS:

- Réticence à intégrer de nouvelles technologies sur le terrain dans les projets d'A&D
- L'amélioration de l'efficacité des procédés et des technologies est indispensable pour réduire les dépenses de centaines de milliards de dollars US qui seront nécessaires au déclassement des installations nucléaires à travers le monde.

OBJECTIFS:

- Définir les domaines de l'A&D où la R&D présente le plus fort potentiel d'amélioration
- Constituer une base de connaissances sur l'état des technologies, les technologies émergentes applicables et sur la R&D en cours
- parvenir à un consensus sur les futurs développements méritant d'être financés.



- Modélisation et échantillonnage statistique (géostatistique pour le sol et caractérisation statistique des matériaux)
- Élaborer une méthode pour caractériser la contamination du béton en profondeur et le long des fissures du béton
- Développer la capacité à détecter et quantifier les radionucléides difficiles à mesurer dans des échantillons massifs sans dissolution
- ***Élaborer des méthodes améliorées pour mesurer ^{137}Cs dans le graphite***
- Élaborer de nouvelles méthodes de mesure Alpha sur les structures avant démantèlement
- Modélisation du comportement des nucléides mobiles sur différents substrats (tels que béton, acier, graphite)
- ***Développer une approche et une entente internationale ou une norme pour estimer les niveaux d'impuretés à l'état de traces dans les alliages et bétons activés des réacteurs***

PROPOSITIONS D'OBJECTIFS ET PRIORITÉS DE R&D

Zoom sur Thème 5 : Caractérisation du site et suivi environnemental



- Techniques adéquates de caractérisation non invasive des médias souterrains/volumétriques, associées à la modélisation 3D des sols souterrains et des eaux souterraines
- Utilisation de technologies avancées de caractérisation, détection et surveillance (robotique, télédétection, satellites)
- Acceptation d'une activité résiduelle (pour l'impact environnemental potentiel à long terme, au-delà de 1 000 ans) et scénarios réalistes adaptés pour les récepteurs
- Impact environnemental de la décontamination des sols
- Limites de détection et évaluation des panaches de contaminants pour les nucléides fortement mobiles (H3, Tc99, I131, Cs137).

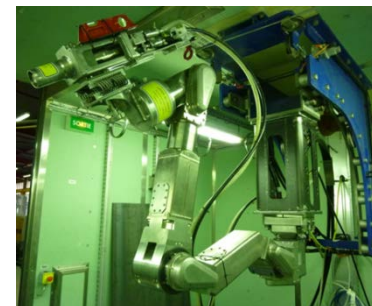
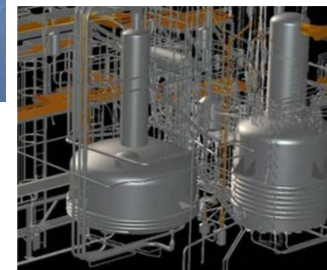
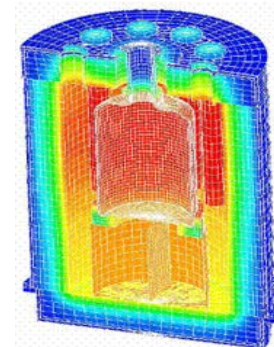
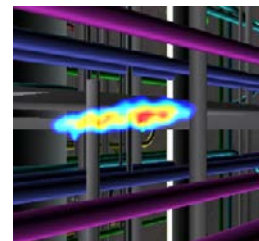
Principaux challenges

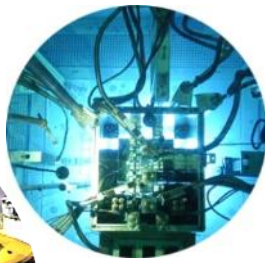
- Importance de la préparation: inventaires, investigations, cartographies, études de faisabilité, gestion des données, etc.
- Vision stratégique / gestion des priorités
- Synergies entre métiers (exploitation, gestion de projet, R&D, etc.)
- Besoin de R&D pour apporter les technologies et procédés adéquats

Avantages du double positionnement du CEA

« MOA et R&D »

- Permet de cibler la R&D en A&D sur les besoins industriels de CEA maître d'ouvrage
- Facilite l'accès à des opérations pilotes: futures vitrines qui donnent confiance aux autres donneurs d'ordres
- Permet de mutualiser avec d'autres exploitants le traitement de problèmes rencontrés sur les chantiers et d'accompagner les industriels sur d'autres chantiers en particulier à l'international





Merci de votre attention

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 64 50 10 00 | F. +33 (0)1 64 50 11 86

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

DEN
DADN