

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



EFMMIN 4

APPLICATIONS À L'ASSAINISSEMENT DÉMANTÈLEMENT ET À LA CARACTÉRISATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Un état de l'art et une synthèse des méthodes et technologies de mesure, contrôle et caractérisation pour le D/A

18 Juillet 2016, Marseille

Philippe GIRONES | philippe.girones@cea.fr

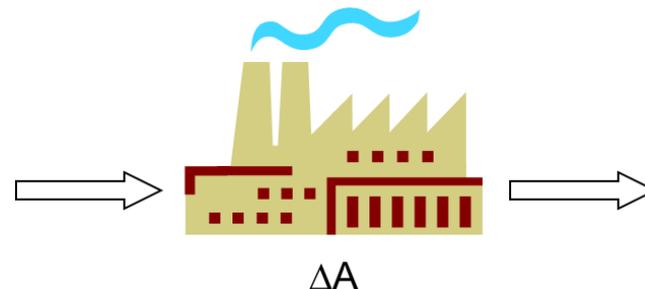
www.cea.fr



- Gy** 1. Réduire le temps qui sépare les opérations télé opérées des opérations manuelles,
- Bq** 2. Réduire les risques de dissémination (tenue de travail, déclassement),
- (n, f)** 3. Retirer les points de l'installation qui nécessitent la maîtrise de la sous criticité.

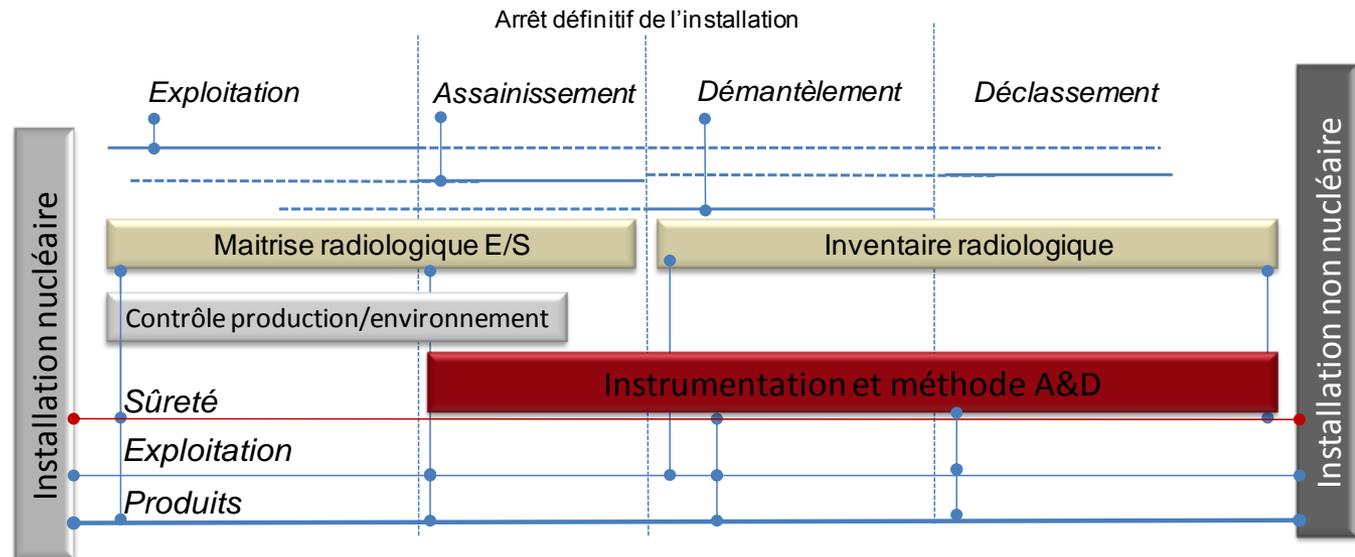
$$f(t) = \min \{Gy, Bq, (n, f)\}$$

⇒ **Scénarios**



Le projet de démantèlement impose une nouvelle vision du « terme source »

- ⇒ Complément du référentiel technique d'installation : **Sûreté**
- ⇒ Mettre en place des procédés : **Qualité des produits**

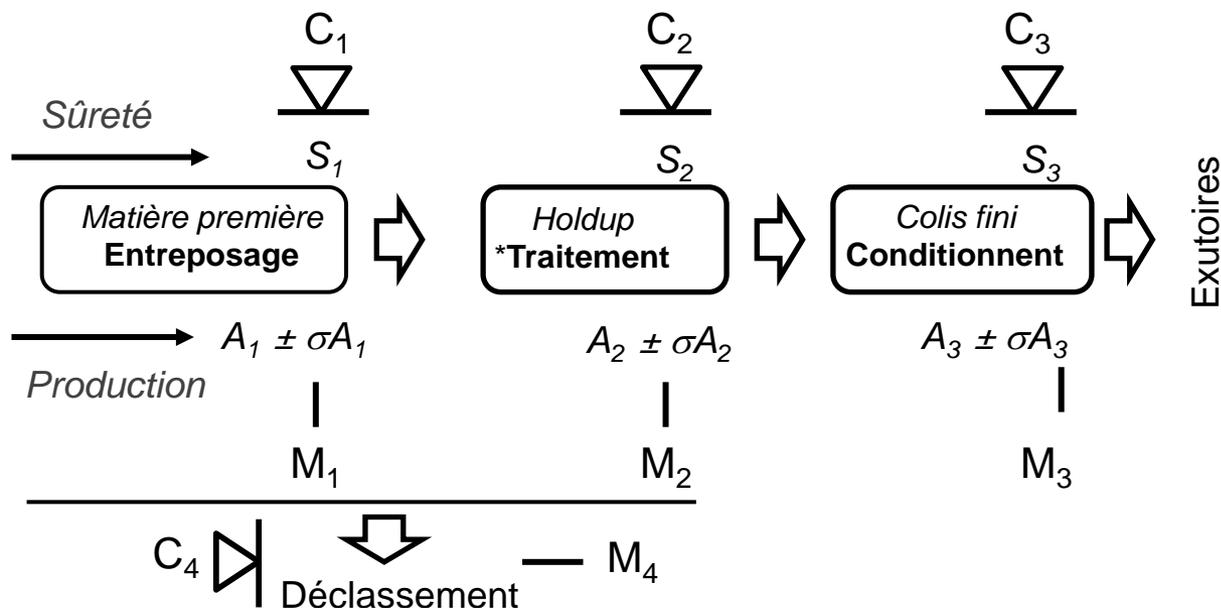


∃ une instrumentation et des méthodes spécifiques à l'A&D

Définition d'un procédé (partie immatérielle)

Conception et réalisation de processus (équipements et MO)

**Mise au gabarit radiologique et physique, et tri
Cx contrôle, Mx mesure*



→ Elaboration d'un **diagramme d'instrumentation**

F1 _ **Faire l'inventaire** des « pièces détachées »

Caractérisation de l'état initial

F2 _ **Instrumenter** un procédé (*production de colis, assainissement*)

*De la pièce détachée au colis de déchets : **suivi en ligne***

F3 _ **Caractériser** des colis de déchets

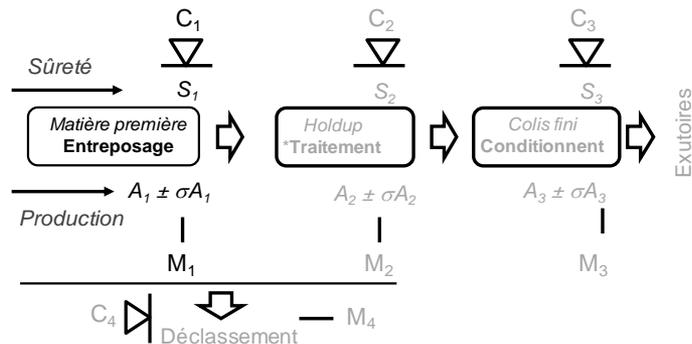
Compatibilité filière, transport

F4 _ **Libérer** un site nucléaire (*bâtiment, sol*)

*Démontrer l'absence d'impact, **caractérisation de l'état final***

F1 _ Les outils de collecte de données *in situ* Radiologique, physico chimique

Une méthode, des phases, des outils
La caractérisation de l'état initial



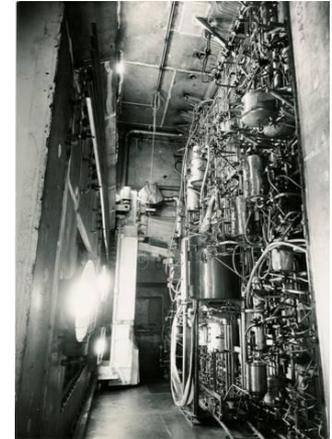
Connaissances sur le procédé (exploitation)

Historique : En avril 1990 un télémanipulateur muni d'un débitmètre est introduit dans la cellule. Au cours de cette intervention deux incidents se sont produits .

Le haut du télémanipulateur a heurté des tuyauteries et de la poussière est tombée sur ce dernier.

Lors de la sortie de l'appareil, les câbles de commande et d'alimentation électrique ont accroché un fût vide qui s'est renversé, ...»

Activité totale				
1980	250 à 300 Ci	9,25.10 ¹² à 1,11.10 ¹³ Bq	Cs-137	(suivant que la pastille endommagée en juillet 1966 a été évacuée ou non)
	250 à 300 Ci	9,25.10 ¹² à 1,11.10 ¹³ Bq	Sr-90	
	1,5 à 2 mCi	5,5.10 ⁷ à 7,4.10 ⁷ Bq	Contamination α	
		2,22.10 ¹³ Bq	A totale	
1990		3,45.10 ¹³ Bq	A totale	(d'après le spectre de contamination labile de la cellule)



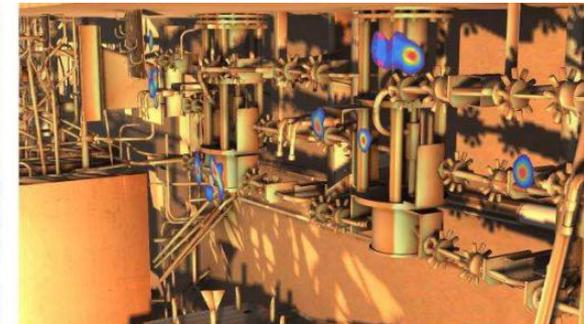
Exemple : Une installation : 230000 plans et 200000 documents

Support de la cartographie

Photogrammétrie (3D),
relevé 3D, réalité virtuelle ...



Photo



Simulation 3D

→ **Couplage ou intégration du contenu de Bdd (3D) avec les codes de calculs**

Les techniques de cartographie

Des moyens de radioprotection au couplage de techniques

Carte de contraste : mesure de DDD ou débit de fluence

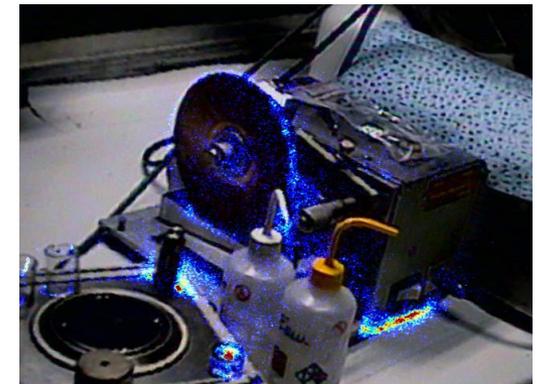
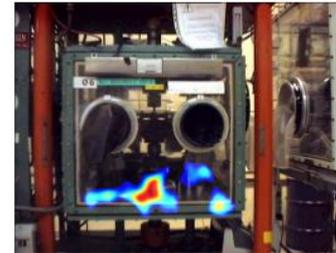
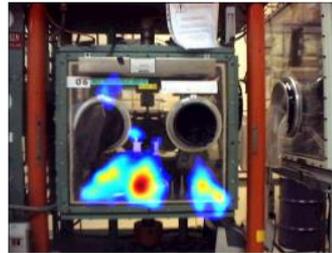
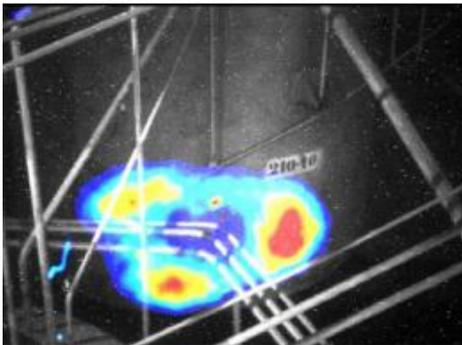
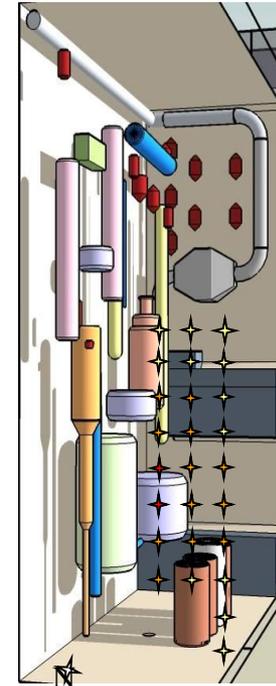
Prolongation des pratiques de radioprotection : DDD

→ Prélèvements + analyses en laboratoire

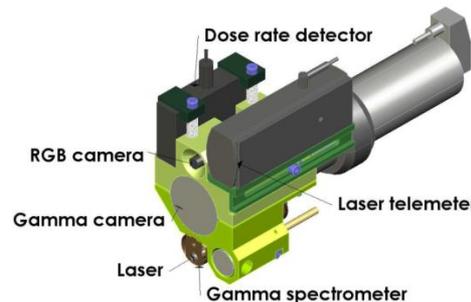
Localisation de points singuliers : Imagerie

Technique mature en cours d'évolution (optique, matériaux sensibles, particules chargées, neutron...).

Altimétrie (cm)	DdD (mGy/h)
800	142
750	171
700	207
650	252
600	332
550	438
500	562
450	705
400	970
350	800
300	893
250	936
200	1098
150	784
100	747
50	452
0	320



→ **Couplage des techniques**

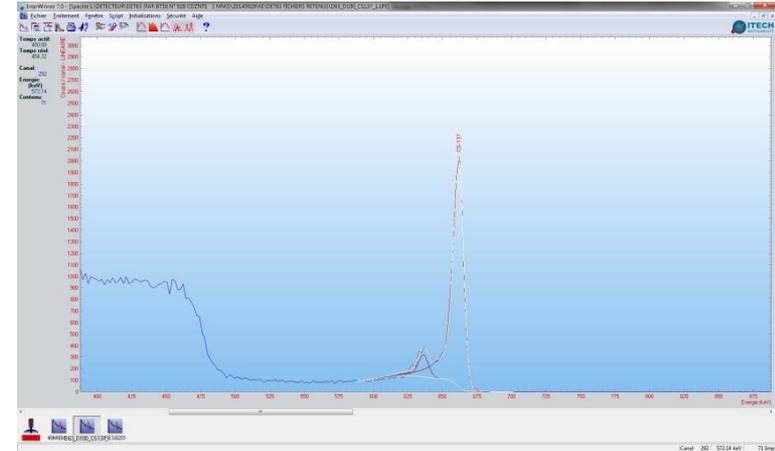


Dynamique de mesure, traitement

Nal[TI], LaBr₃, ...



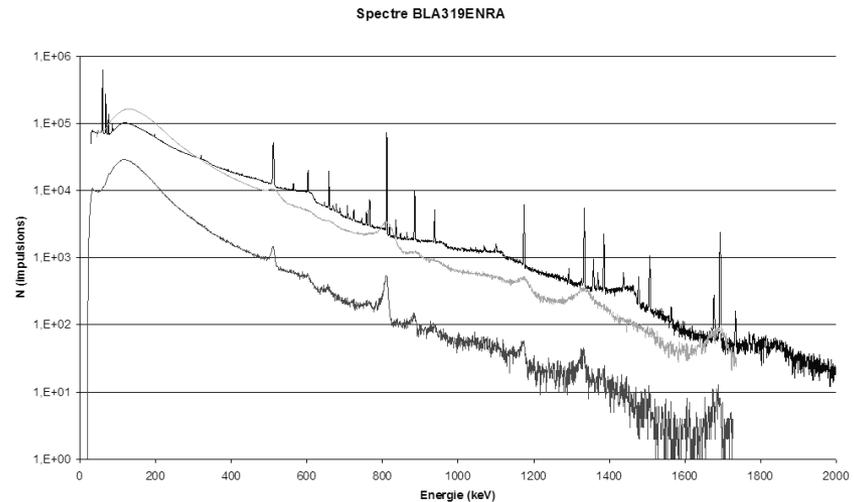
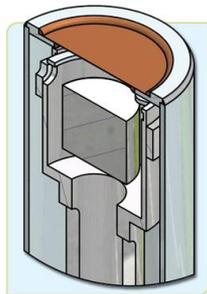
$$\dot{\phi}_i(E) = \frac{N_i(E)}{t_c \cdot \epsilon(E)}$$



CdZnTe, ...



GeHp



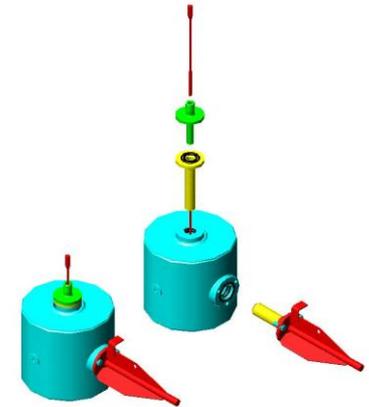
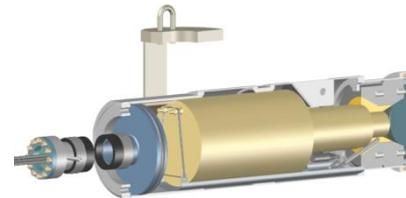
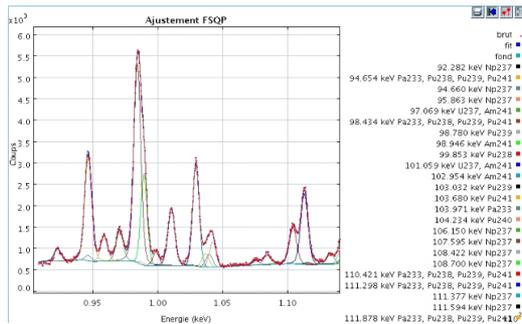
→ Travaux sur la collimation, réduction du bruit, traitement

Les systèmes de caractérisation radiologique

Le traitement absolu,

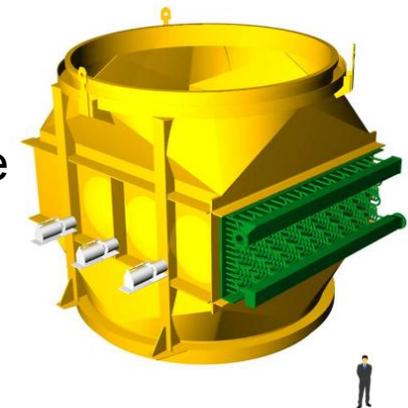
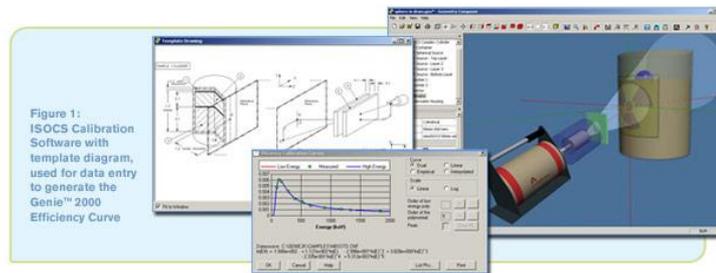
Le traitement relatif ou avancé.

→ Dépend du contexte et du « mélange » des radionucléides



Méthodes numériques de tracé du rendement global

Solutions industrielles ou tracé à l'aide de codes de référence



→ **Couplage méthodes numériques/traitement**

Pour répondre aux études techniques en A&D (inventaire):

1. *Disposer de **cartographies** (radionucléides/physico chimie)*
2. *Des **moyens** de caractérisation **industriels** (acquisition, traitement, traçabilité)*

Les instruments ?

La maîtrise de la **localisation** des sources (acquisition)

Les techniques d'analyse **physico chimiques** (acquisition)

Couplage des techniques,

Qualité des prélèvements, analyses in situ...

Tracé de courbe de rendement **incertitude associée aux grandeurs d'intérêt** (traitement)

→ **Couplage des méthodes : acquisition et traitement**

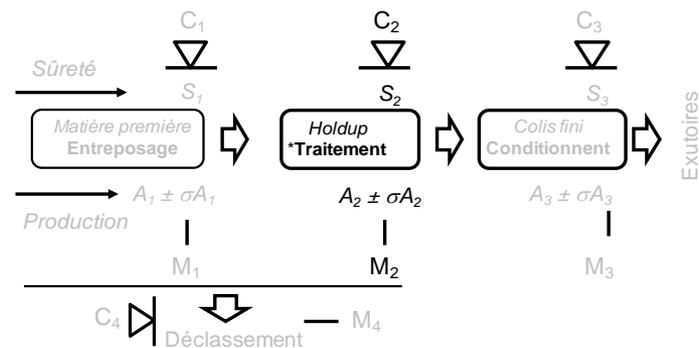


F2 _ Instrumenter un procédé

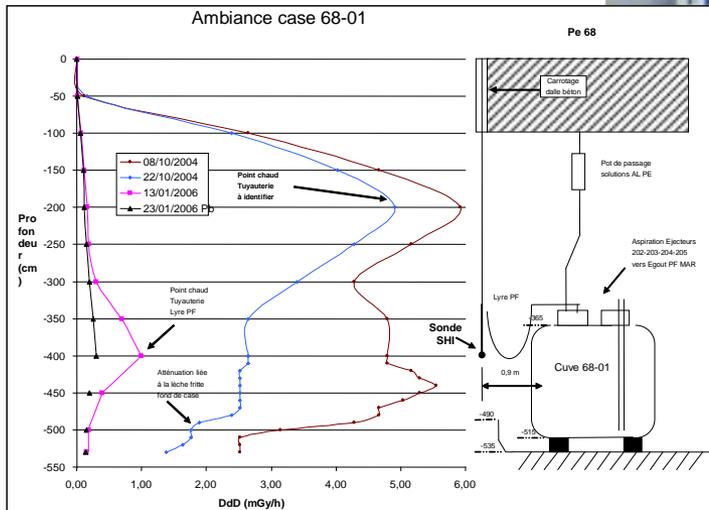
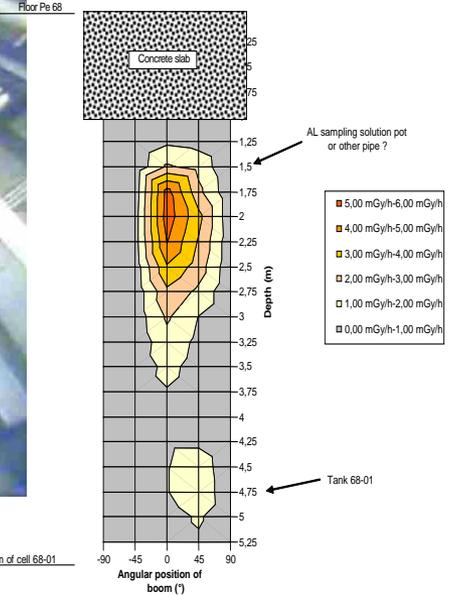
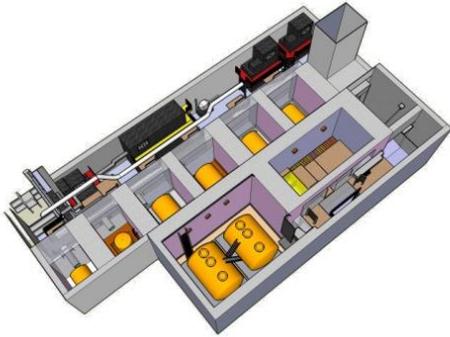
Assainissement, dépose, mise au gabarit, conditionnement

Des solutions de contrôle

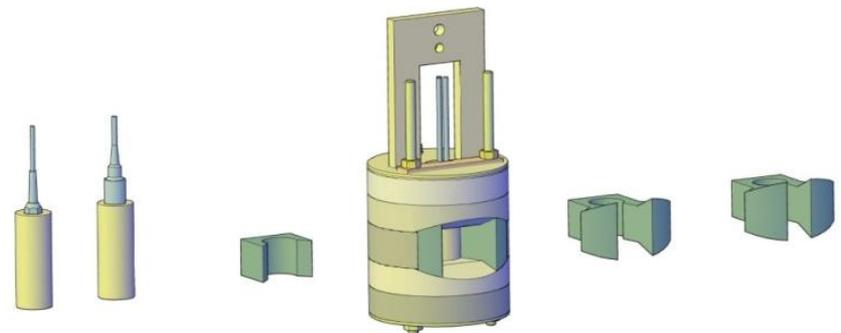
Suivi en ligne



Suivi d'assainissement : Imagerie, Gy, Bq

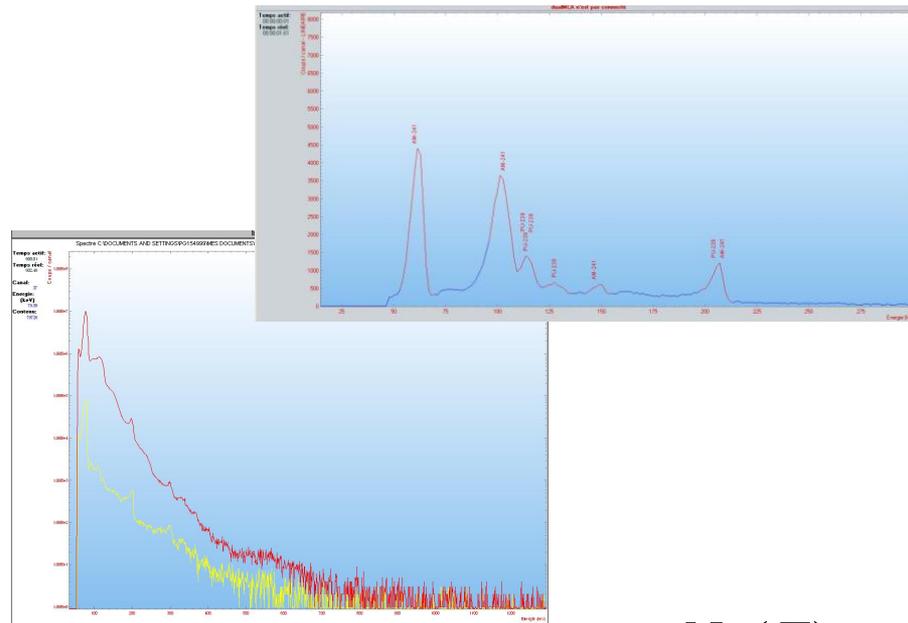
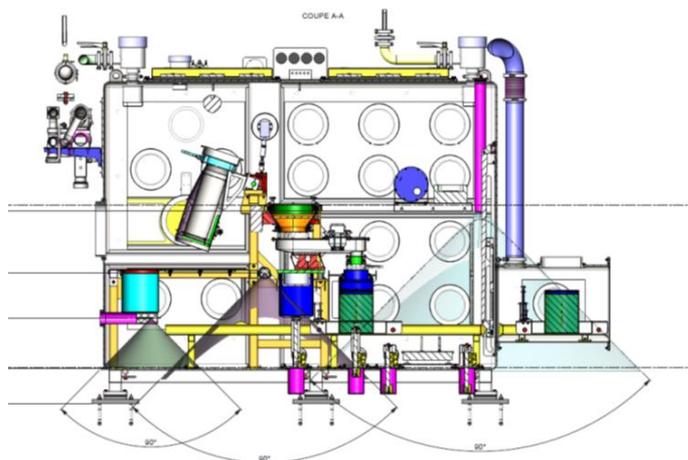
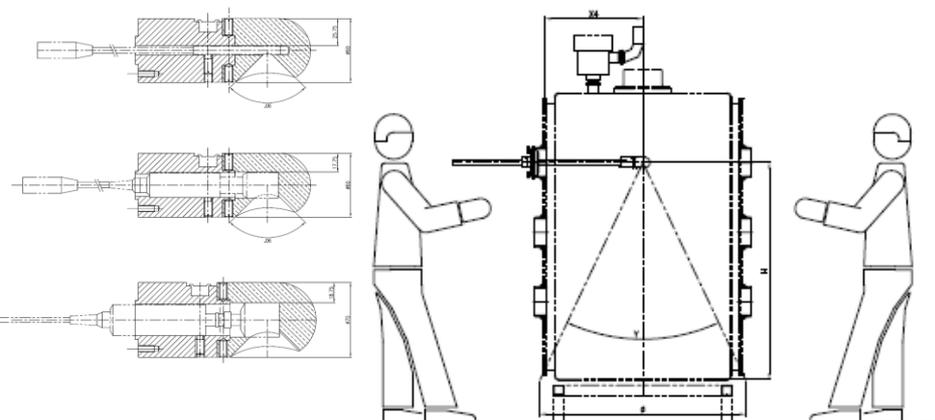


Bottom of cell 68-01



→ Monitoring

Intégration d'un système de contrôle en ligne en BàG

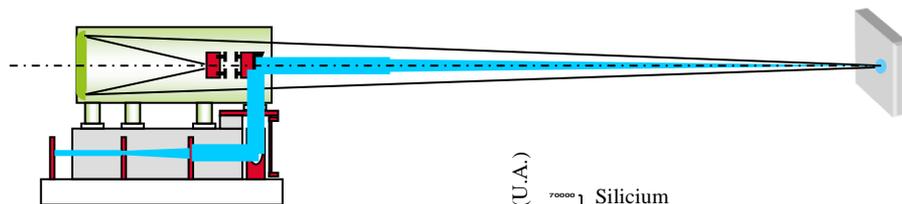


$$FD_{(0,1)}(E) = \frac{N_0(E)}{N_1(E)}$$

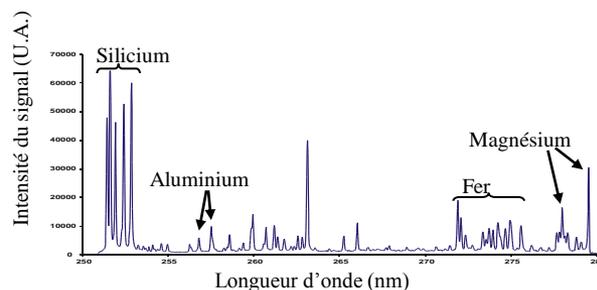
$$\begin{pmatrix} N_{1,0} & N_{2,0} & \dots & N_{p,0} \\ N_{1,1} & N_{2,1} & & \\ N_{1,2} & N_{2,2} & & \\ \vdots & & & \\ N_{1,n} & N_{2,n} & & N_{p,n} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} R_{(1-2)}^1 & R_{(1-3)}^1 & \dots \\ R_{(1-2)}^2 & R_{(1-3)}^2 & \\ \vdots & & \\ R_{(1-2)}^n & R_{(1-3)}^n & \end{pmatrix}$$

→ Suivi en ligne du Holdup, production

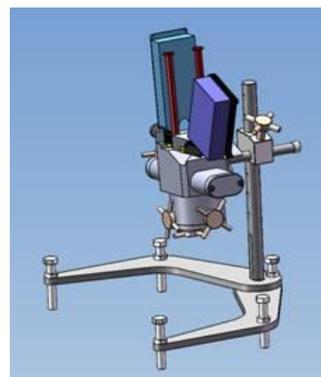
Laser induced breakdown spectroscopy _ LIBS



Mesures à distance



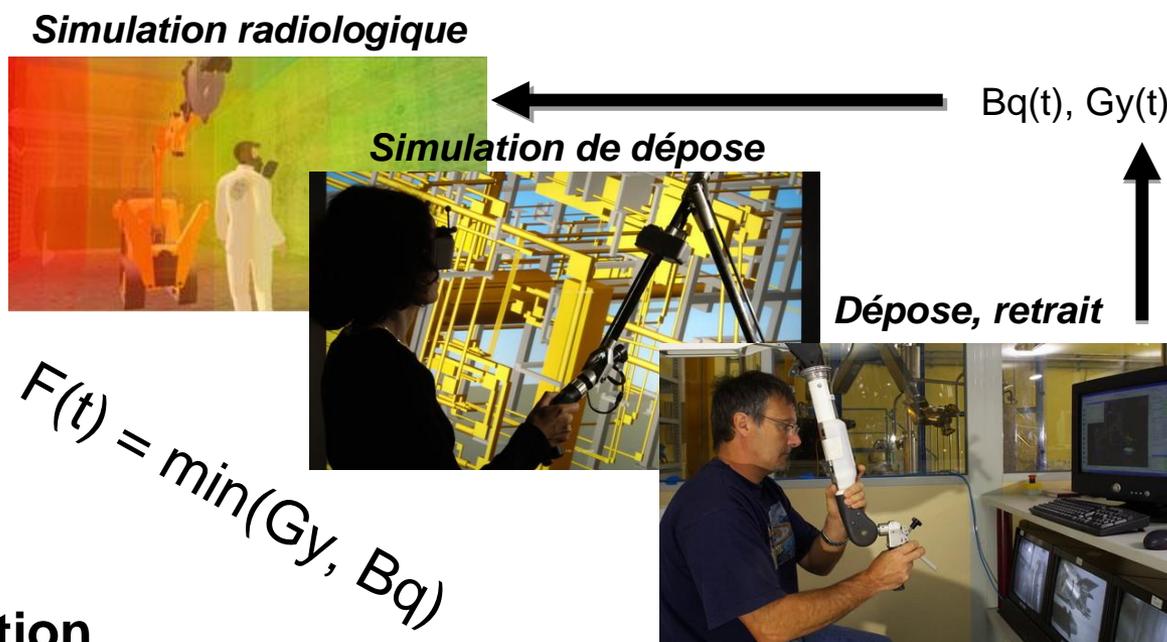
Techniques matures à nucléariser
FXL, Lab on chip...



→ Nucléarisation des techniques

Pour répondre à la maîtrise de la **qualité produit/conditions sûres** → « conduire » un procédé (ass., dépose, mise au gabarit, conditionnement) :

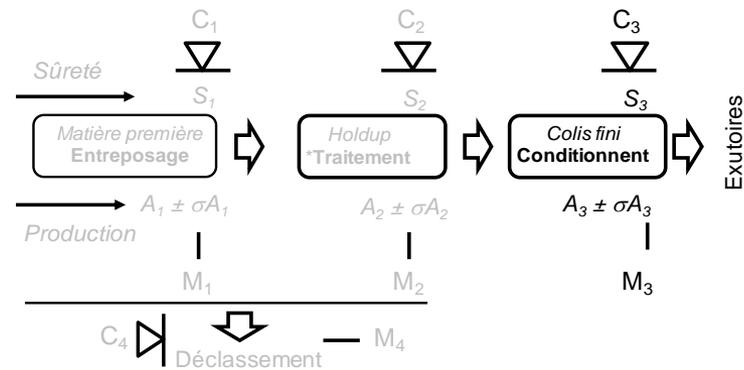
1. *Le Suivi in situ,*
2. *Des moyens de traitement et boucle de rétroaction.*



→ **Optimisation**

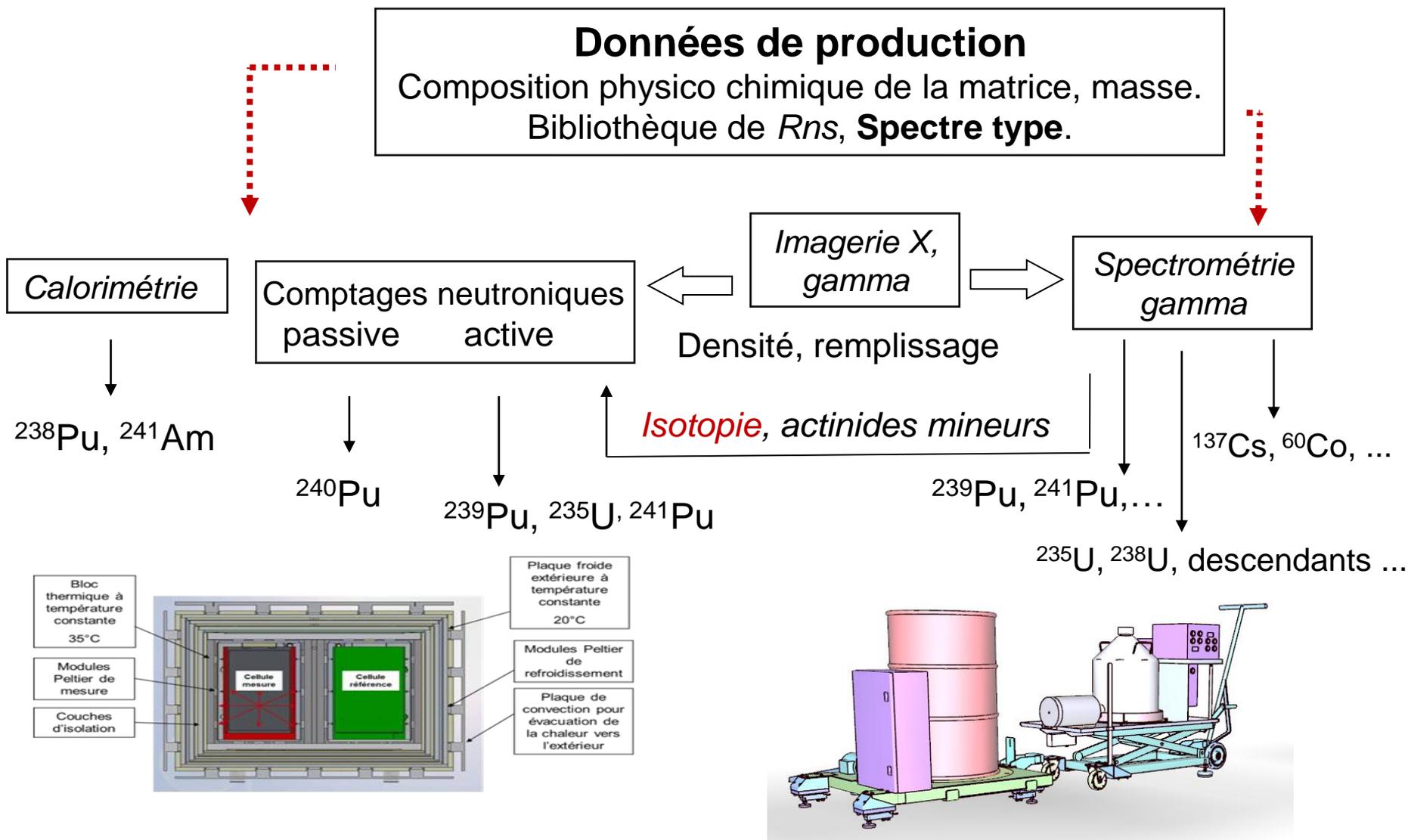
F3 _ Caractériser des colis de déchets

La mesure de colis de déchets



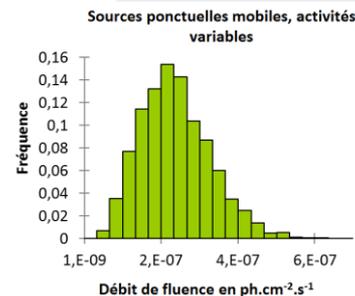
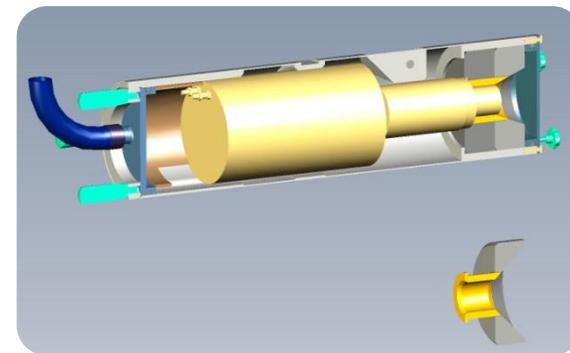
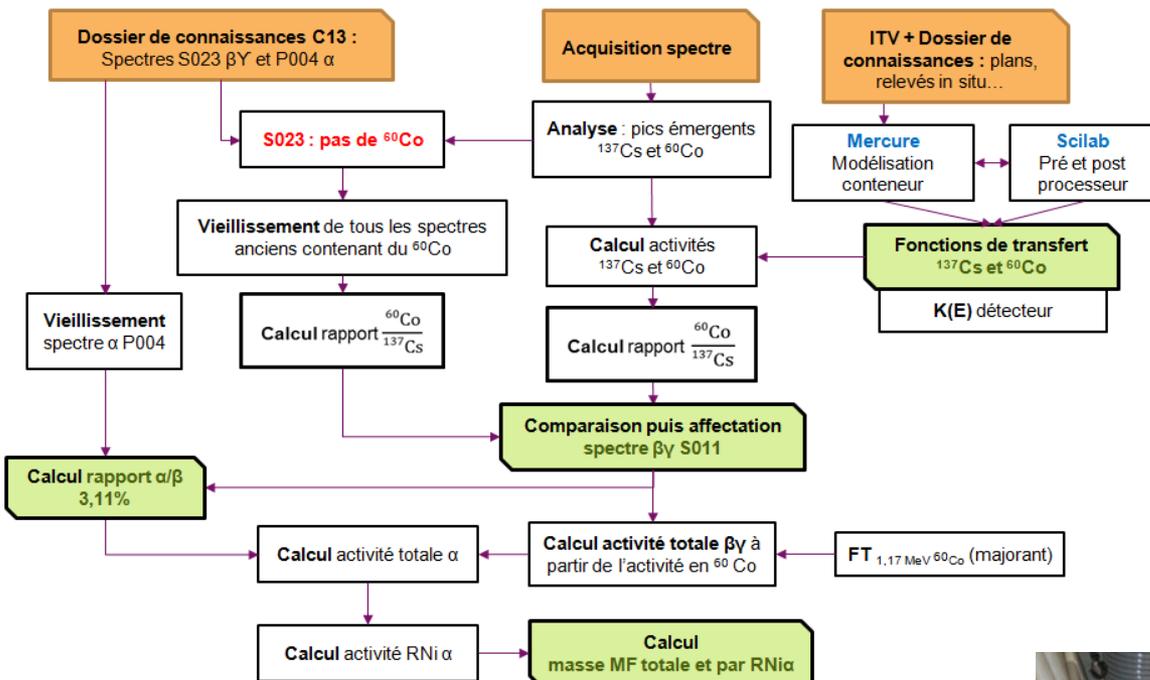
Méthodes d'analyse des colis de déchets

Technique d'analyse *in situ* (ND)



→ **Nouvelles technologies**

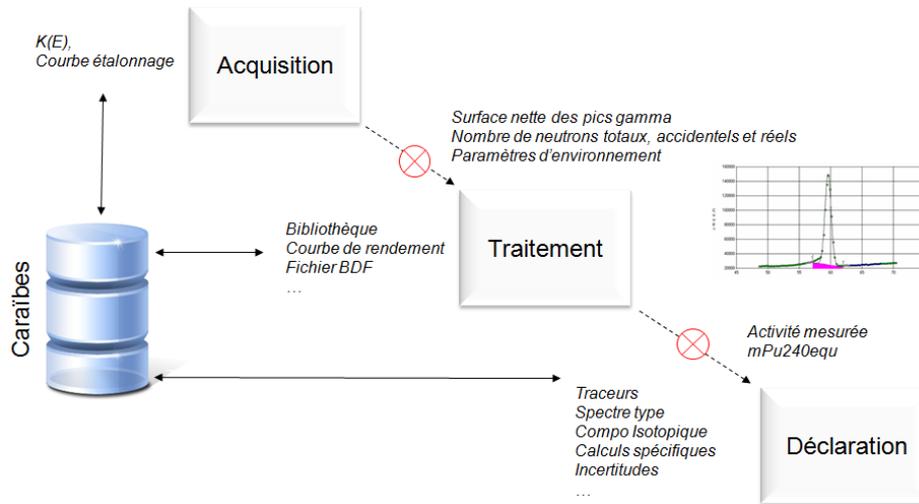
Colis en conteneurs béton



→ Méthode (acquisition/traitement)

F3 _ Caractériser des colis de déchets

Un système de caractérisation des colis



Un système d'information
Une chaine de caractérisation
Une performance industrielle

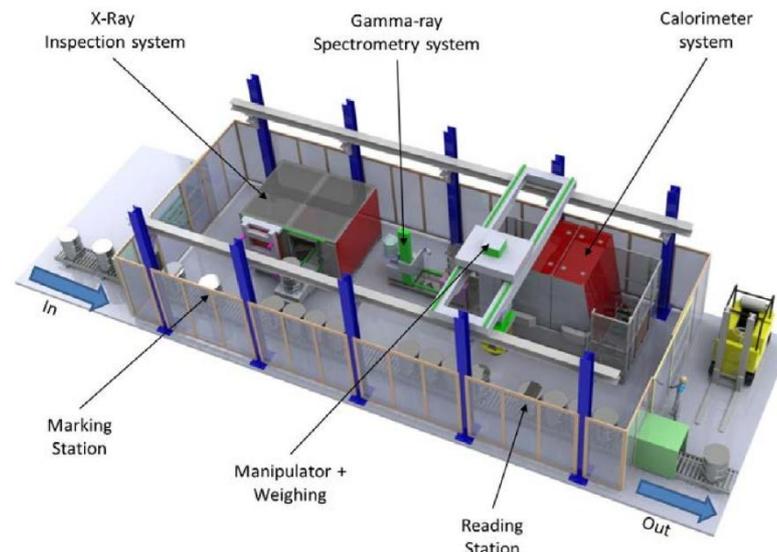
Imageur X, γ

Spectrométrie gamma

Calorimètre

Comptage neutronique

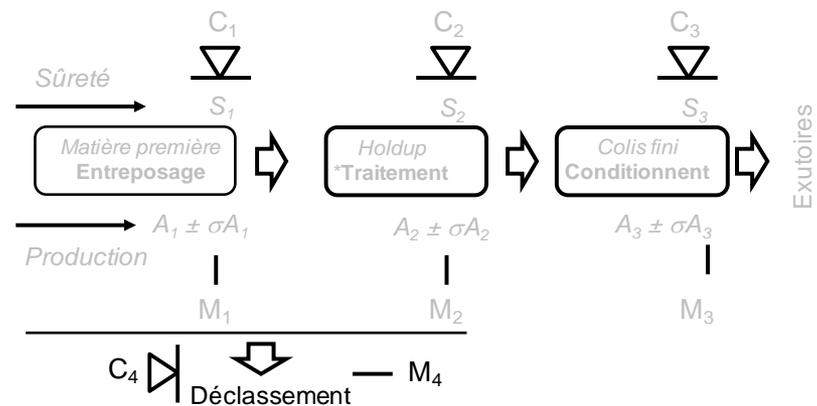
→ Physico chimique ?



Measurement station - Classification of radioactive waste

F4 _ Le déclassement ou la libération de sites

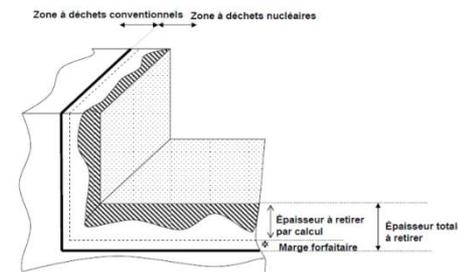
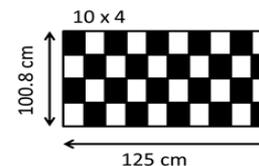
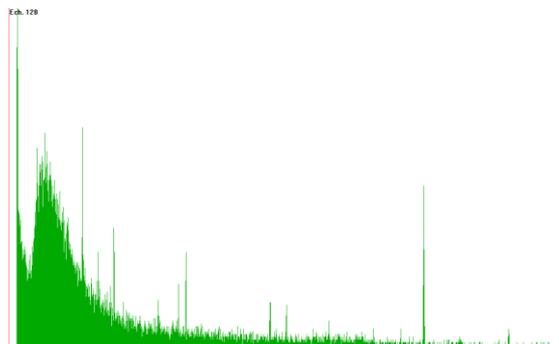
La mesure bas niveau



Un guide ASN N°14 : lignes de défense, modes de contrôle.

Des techniques de caractérisation radiologique

- La spectrométrie gamma (traitement spécifique),
- Les détecteurs de particules chargées (RP),
- Autoradiographie,
- Fluorescence X,
- Libs...



→ Limites de détection

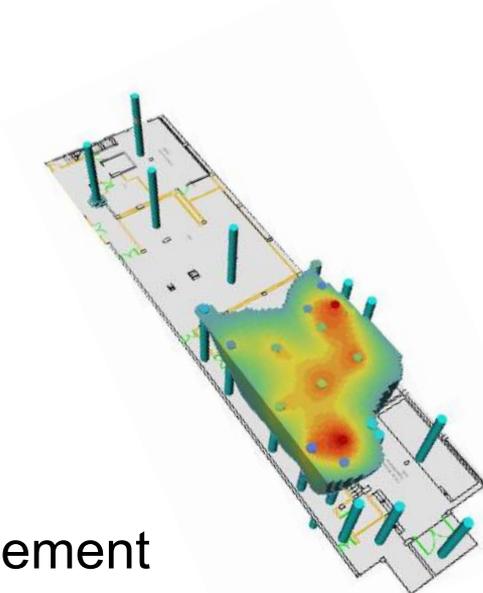
Pour répondre au déclassement :

1. *Disposer de méthodes d'acquisition → LD,*
2. *Consolider les modèles de migration,*
3. *Disposer de moyens de traitement (géostat., spectrométrie gamma, couplage de méthodes).*

→ Evaluation de la profondeur de migration

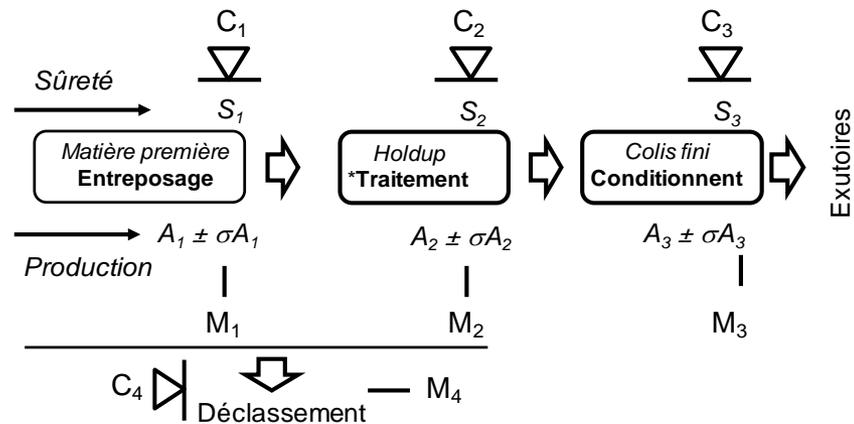
→ Outils pour les grandes surfaces (3D)

→ Capacité à évaluer en ligne les actions d'assainissement



Une synthèse

Inventorier, contrôler, déclasser



Instrumentation des procédés (radiologique et physico chimique)
→ *qualité produit, sûreté*

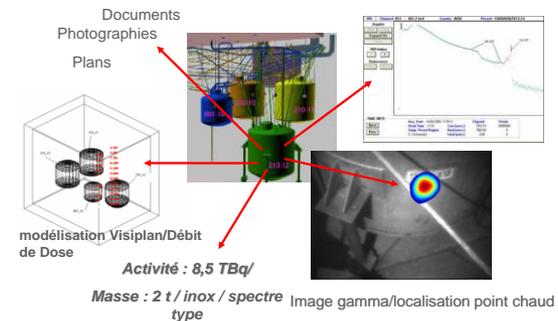
Mesure d'actinides, maîtrise de la sous criticité

Accès au **spectre type** (radiologique + physicochimique)

Les moyens de calcul et les modèles

Grandes surfaces **bas niveau**, **systèmes de caractérisation/colis**

→ **Couplage inter disciplinaire**



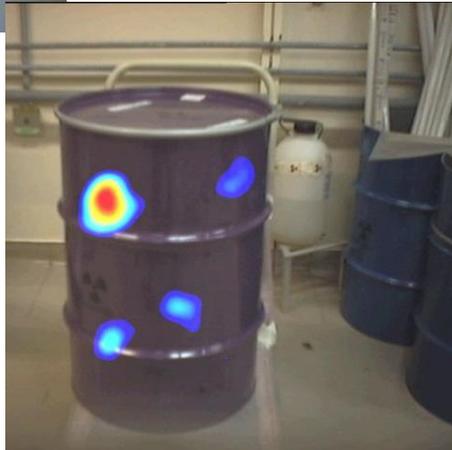
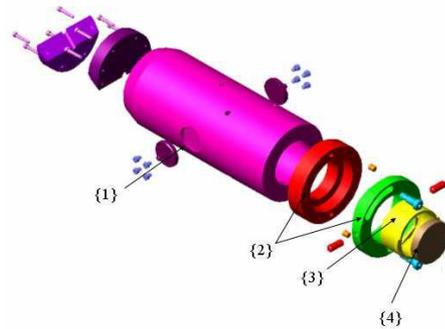


Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Marcoule | 30207 Bagnols sur Cèze
T. +33 (0) 04 66 79 63 01 | F. +33 (0)1 XX XX XX XX

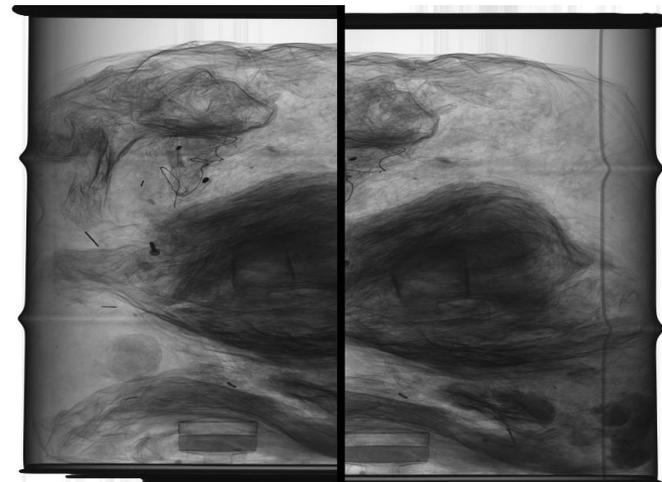
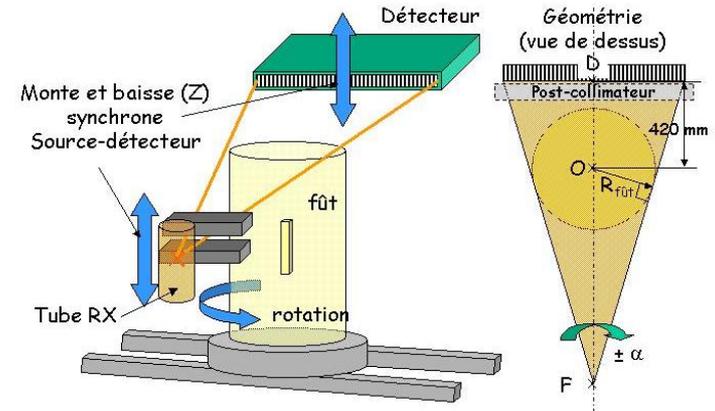
Direction : DEN
Département : DPAD
Service : CMET

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

Cartographie gamma des fûts



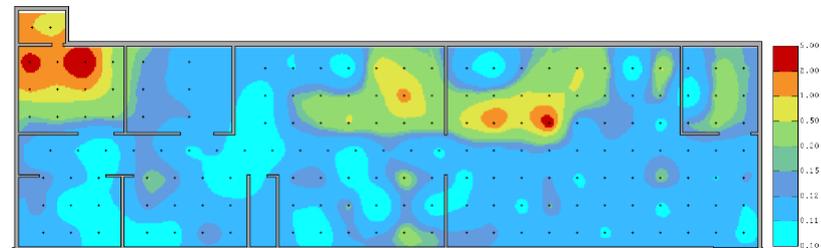
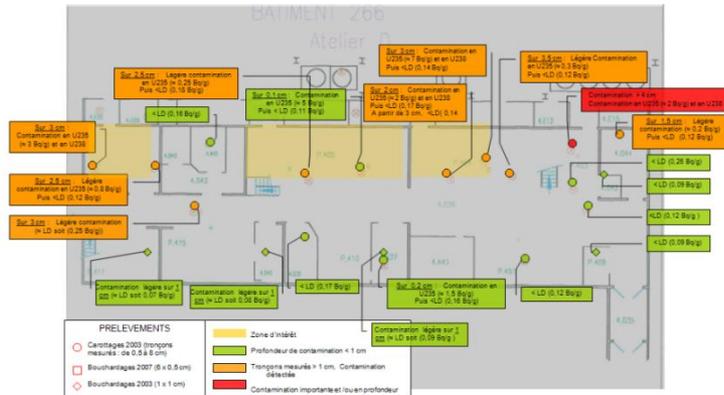
Poste imagerie X



→ Renforcement de la qualité produit

Tracé de cartographies, optimisation d'échantillonnage

- Approche systématique, approche aléatoire



- Méthodes de traitement et d'évaluation de la migration

→ Profondeur de migration

