



CANBERRA



Démantèlement: de la mesure in situ à la caractérisation du colis final

B FERET

Chef de projet expertise mesure

CANBERRA France

SFRP la Hague le 18/11/09

Sommaire

- 1. Place des mesures nucléaires dans le démantèlement**
- 2. Les méthodes de mesures in situ**
 - ◆ *Chaine de mesures portable et logiciels et méthodes*
- 3. Les systèmes de mesures gamma**
 - ◆ *Les systèmes de comptage et de spectrométrie*
- 4. La mesure neutronique**
 - ◆ *Mesure neutronique passive et active*
- 5. Techniques de mesures avancées**
 - ◆ *techniques de correction de matrice*
- 6. Les systèmes de mesures combinées**
 - ◆ *Mesure gamma+neutron*
- 7. Conclusion**



1. Place des mesures nucléaires dans le démantèlement

Place des mesures nucléaires dans le démantèlement

► Connaissance de l'état des installations

- ◆ Pour les études de scénario : *choisir le meilleur*
- ◆ Pour les études de sûreté : *prendre des hypothèses raisonnablement pénalisantes*
- ◆ Pour la préparation des contrats : *limiter les avenants*

► Suivi des opérations

- ◆ Pilotage des rinçages : *les arrêter au bon moment*
- ◆ Optimisation des opérations d'assainissement nécessaire : *assainir uniquement là où c'est*
- ◆ Caractérisation et optimisation des colis de déchets : *activité/masse/volume*

Les mesures nucléaires sont essentielles dans l'optimisation des coûts de démantèlement



2. Les mesures in situ

Mesures de contamination surfacique appliquées à la mesure TFA

► Avantages

- ◆ Mesure manuelle radioprotection simple à mettre en œuvre et la plus sensible
- ◆ Cout matériel très faible <1keuro par sonde
- ◆ Particulièrement adaptée pour la mesure TFA (IRAS=0.5 en forfaitaire) spectre alpha et/ou bêta d'éléments massifs sans possibilité de migration interne de la contamination.
 - Ex: **BBL, poutrelles, structures acier, protections plomb,.....**

► Inconvénients:

- ◆ contrôle manuel unitaire de 100% des surfaces
- ◆ mesure bêta possible uniquement si bruit de fond gamma très faible (<100 μ Gy.h⁻¹)
- ◆ Faisable uniquement sur pièces massives.



Systèmes gamma portables

► Les différents types de détecteurs

- ◆ Détecteur NaI, LaBr ou Ge

► Associant logiciel d'interprétation

- ◆ GENIE2000

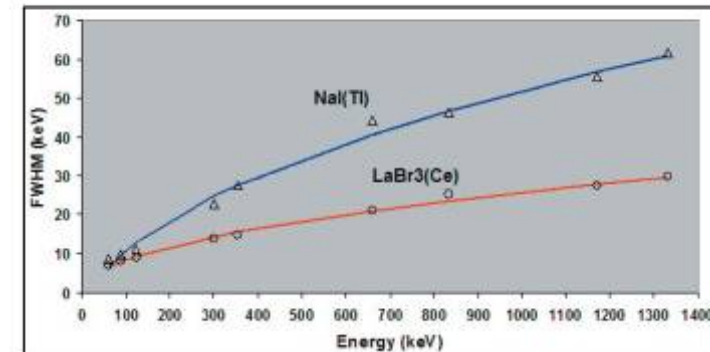
- ◆ ISOCS

- ◆ MERCURAD-PASCALYS

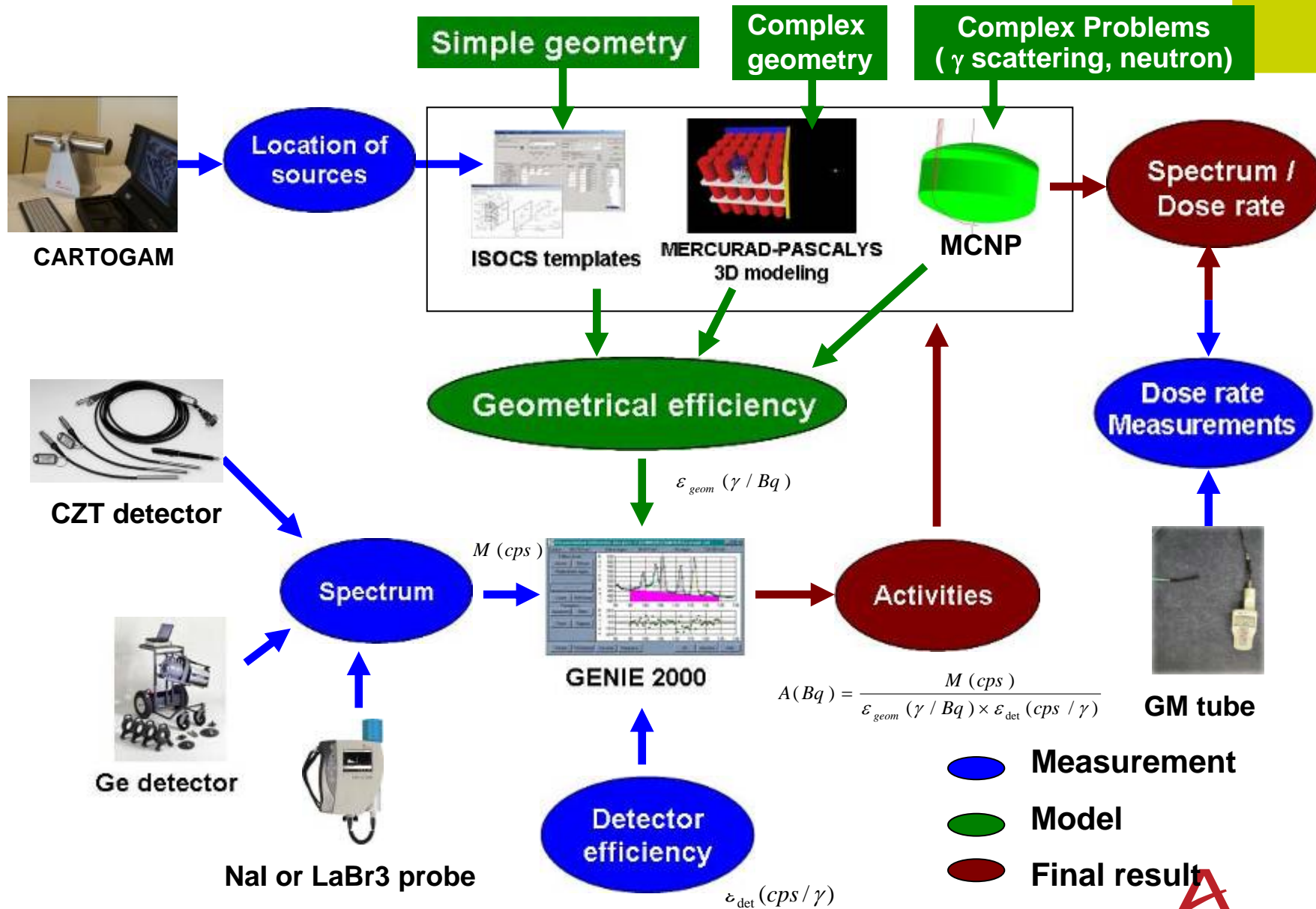
- ◆ MGA ou IGA



Resolution Comparison of 1.5 x 1.5 NaI(Tl) and 1.5 x 1.5 LaBr₃(Ce) Detectors



Les investigations : méthodologie générale d'évaluation d'activité





3. Les systèmes de mesures gamma

Mesures gamma totales (CONDOR, Poste DED modulaire/manuel)

► Avantages

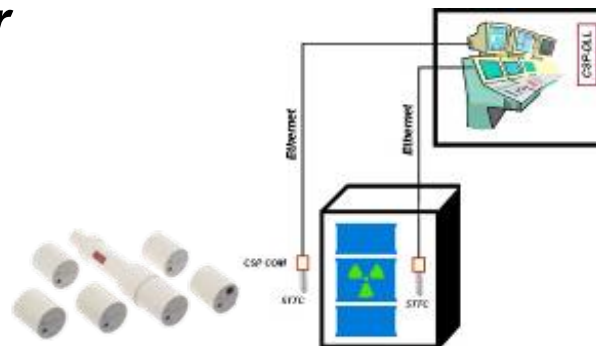
- ◆ Système de mesure le plus simple à mettre en œuvre et Cout faible
- ◆ Mesure intéressante lorsqu'une simple information gamma totale est suffisante ou lorsque le spectre est bien connu
- ◆ Permet de mesurer du TFA bêta et alpha (Limitation suivant la densité des déchets acier et des notions d'hétérogénéité ou non du déchet)

► Inconvénients

- ◆ Spectre doit être parfaitement défini
- ◆ Incertitude plus forte si fluctuation du spectre type
- ◆ Limite en fonction de la taille et de la densité des déchets métalliques



Condor



Débit de dose

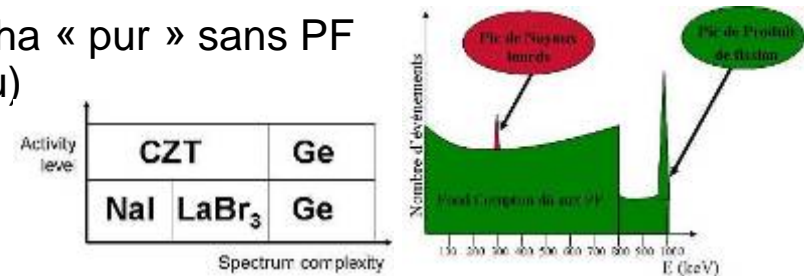


A
CANBERRA

Spectrométrie gamma

► Avantages

- ◆ Mesure directe des isotopes traceurs béta et alpha (Cs-137, Co-60, Ru-106, Pu-241, Am-241,..) impact moindre du spectre sur l'incertitude
- ◆ Possibilité de mesurer des spectres alpha « pur » sans PF (composition isotopique et masse de Pu)



► Inconvénients

- ◆ limitation très rapide pour les matrices acier, dès que la densité et la taille du colis augmente surtout en spectre alpha Pu
- ◆ Pas possible de mesurer de l'alpha métallique en TFA sans hypothèse d'homogénéité de la matrice





4. La mesure neutronique

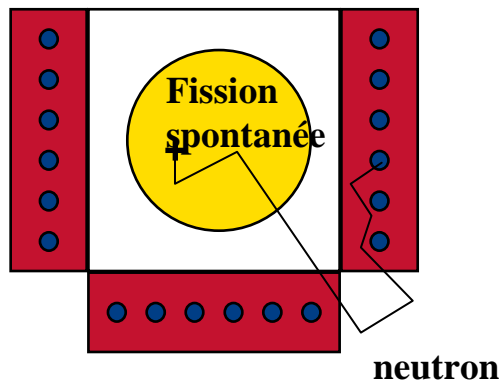
Mesure neutron total et/ou coincidence

► Avantages

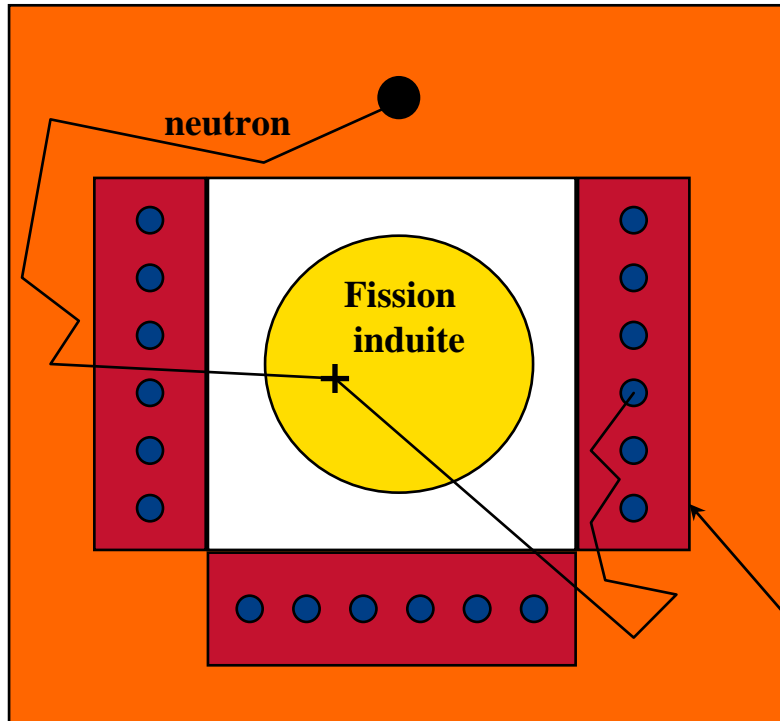
- ◆ Peu impactée par les matériaux lourds type « acier » mais fortement par les matériaux légers hydrogénés.
- ◆ Méthode facile d'implantation

► Inconvénients

- ◆ Le spectre alpha doit être parfaitement défini surtout si présence de Curium (sinon mesure gamma complémentaire)
- ◆ Limite de détection de l'ordre de 1 mg de Pu en 30 minutes=> ne permet pas d'atteindre le niveau TFA en alpha
- ◆ Coût plus important que la mesure gamma pour poste spécifique déchet



La mesure neutronique active



- Générateur de neutrons ($D + T \Rightarrow \alpha + n$) ou source (^{252}Cf)
- Détecteur neutron ($n + {}^3\text{He} \Rightarrow T + p$)
- Polyéthylène [$\text{CH}_2 - \text{CH}_2$]_n
- Graphite (C)
- Conteneur de matière à caractériser
- Cadmium (dans le cas d'un générateur)

High density or presence of FP	Passive neutron counting	Active neutron interrogation
Low density and absence of FP	Gamma spectrometry	Gamma spectrometry
	Without Cm	Presence of Cm

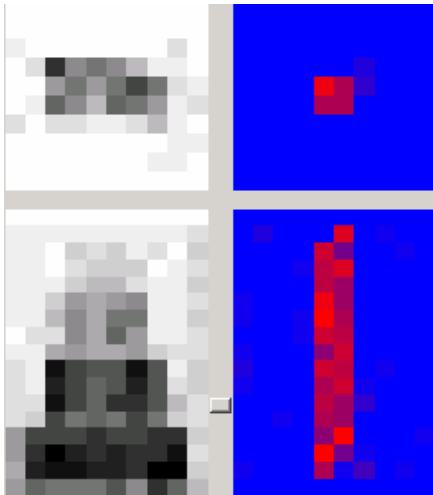


5. Les techniques de mesures avancées

Les techniques de correction de matrice

► Les mesures de localisation de la matière

- ◆ Le scanning : SGS
- ◆ La tomographie : TGS



6. Les systèmes combinés

- ◆ Les systèmes combinés gamma +neutron passif voire neutron actif

Les systèmes combinés

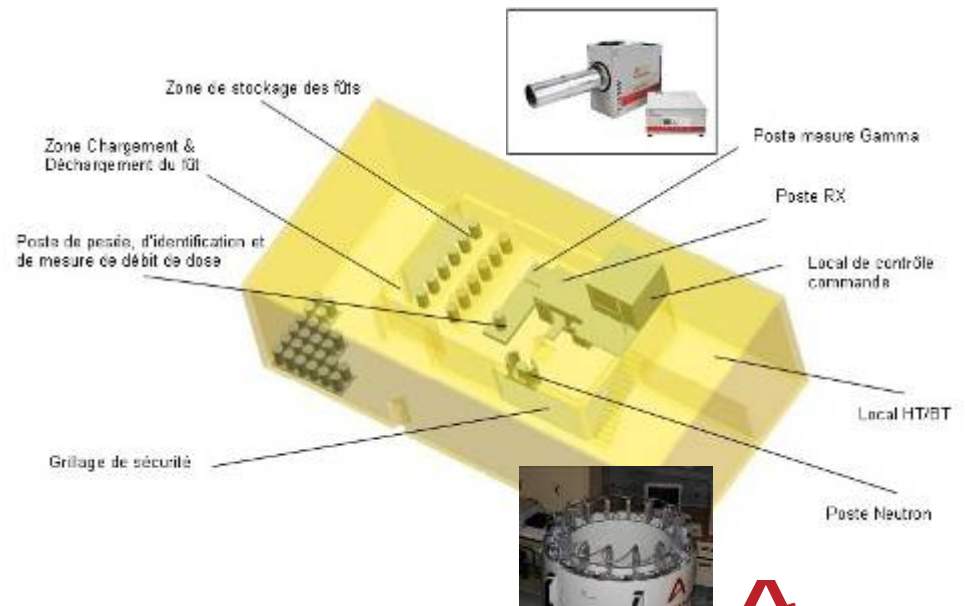
► Systèmes couplant

- ◆ Mesures de spectrométrie gamma
- ◆ Mesures neutroniques passives
 - Mesures des coïncidences voire des multiplicités
- ◆ Mesures neutroniques actives



► Gestion des mesures

- ◆ Gestion automatisée
- ◆ Interprétation des mesures
- ◆ Couplage des résultats
- ◆ (ex logiciel NDA 2000)

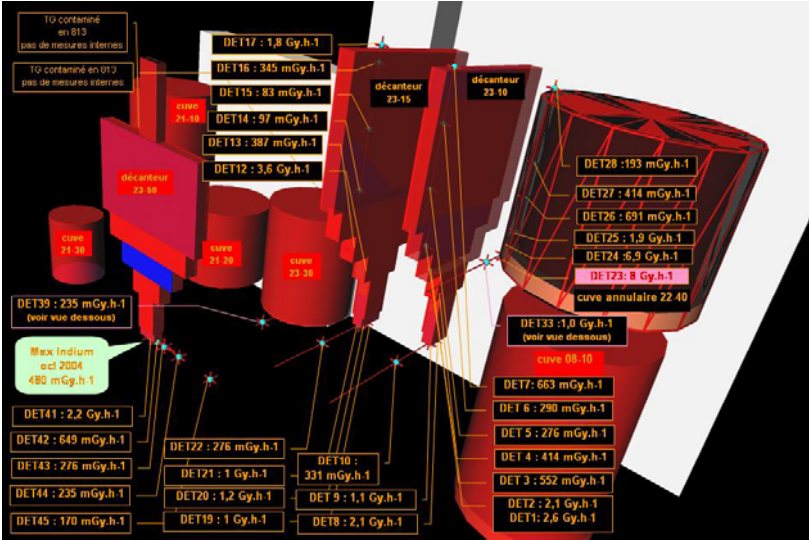
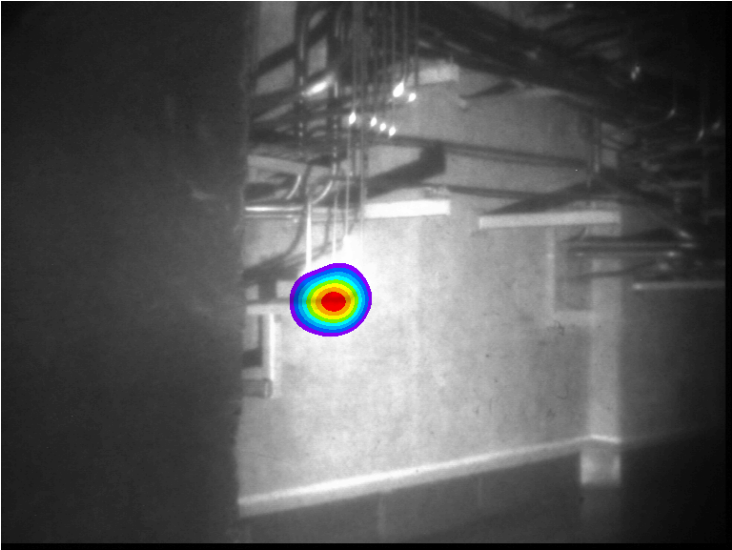


7. Conclusions

Conclusions

- ▶ **Les systèmes de mesures nucléaires utilisés pour la caractérisation des matières radioactives sont très variés**
- ▶ **Les solutions mises en œuvre dépendent étroitement**
 - ◆ des objectifs des postes de mesures nucléaires
 - ◆ de l'environnement (milieu radioactif, encombrement)
 - ◆ des hypothèses qui peuvent être effectuées sur le procédé (déduction de corrélations entre grandeurs mesurées et les grandeurs à caractériser)
- ▶ **Ainsi, pour un même type de colis, les solutions retenues peuvent varier**
 - ◆ du plus simple détecteur
 - ◆ au système de mesure et d'interprétation le plus complexe

Questions ?



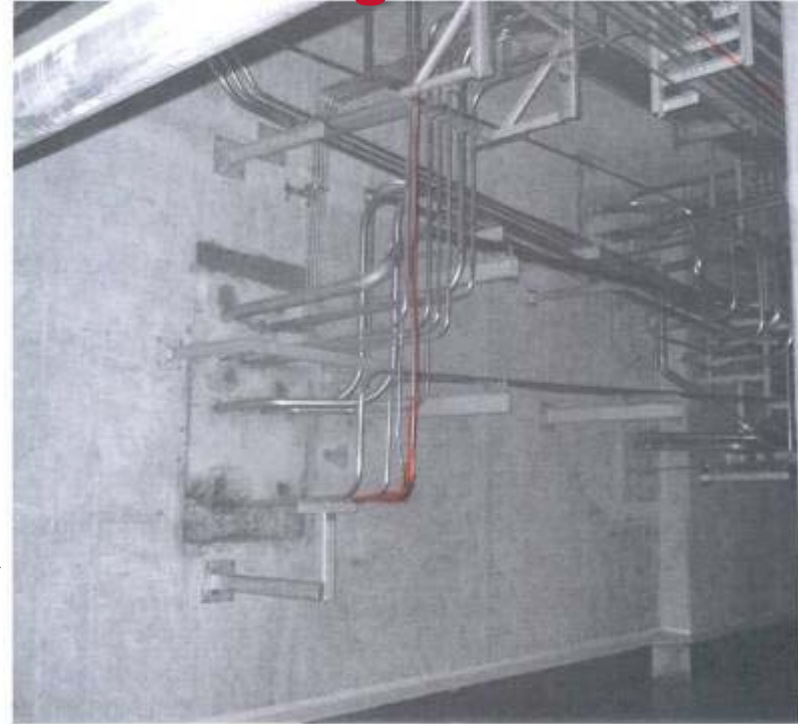


8. exemples de mesures portables in situ

Usine de traitement UP2-800 La Hague - atelier cisailage R1

► **Constat: tuyauterie procédé bouché
(air lift de prise d'échantillon)**

- ◆ **Aucune information sur la position du bouchon**
- ◆ **Accès à la tuyauterie uniquement en fond de galerie active.**
 - DED en fond de galerie active important et fluctuant en fonction de l'exploitation
 - Pas d'informations de DED au contact de la tuyauterie



► **Sans données complémentaires: Uniquement intervention lourde envisageable consistant à couper la tuyauterie pour introduction d'un furet de chaque côté de la tuyauterie**

Investigation CARTOGAM initiale

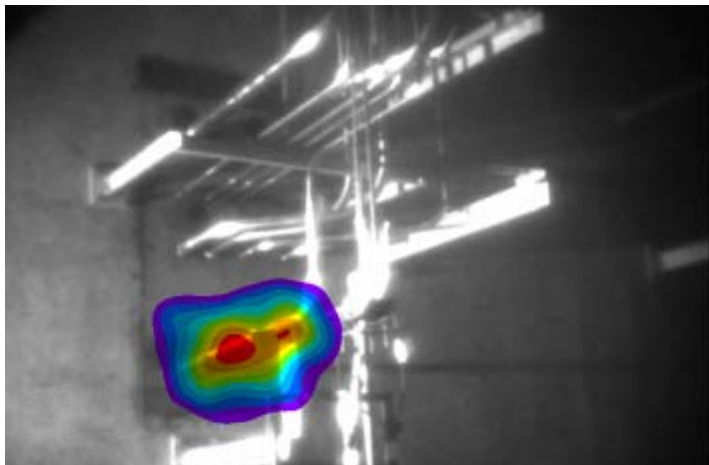
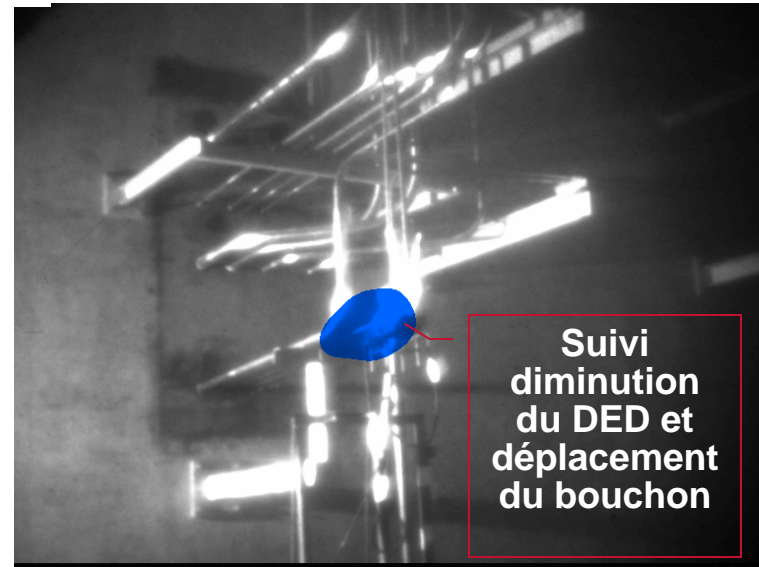
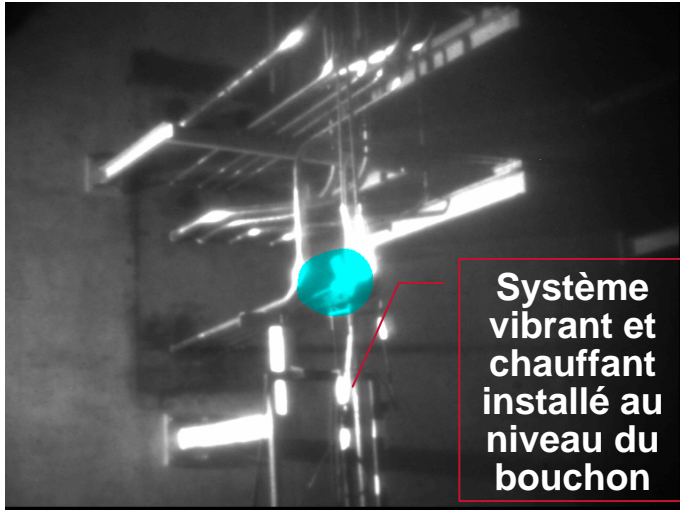
CARTOGAM R1

DED contact = 17 mGy/h

Localisation précise du bouchon dans le coude de la tuyauterie

► Définition et Préparation scénario d'intervention sans coupure de tuyauterie

► Investigation durant le débouchage

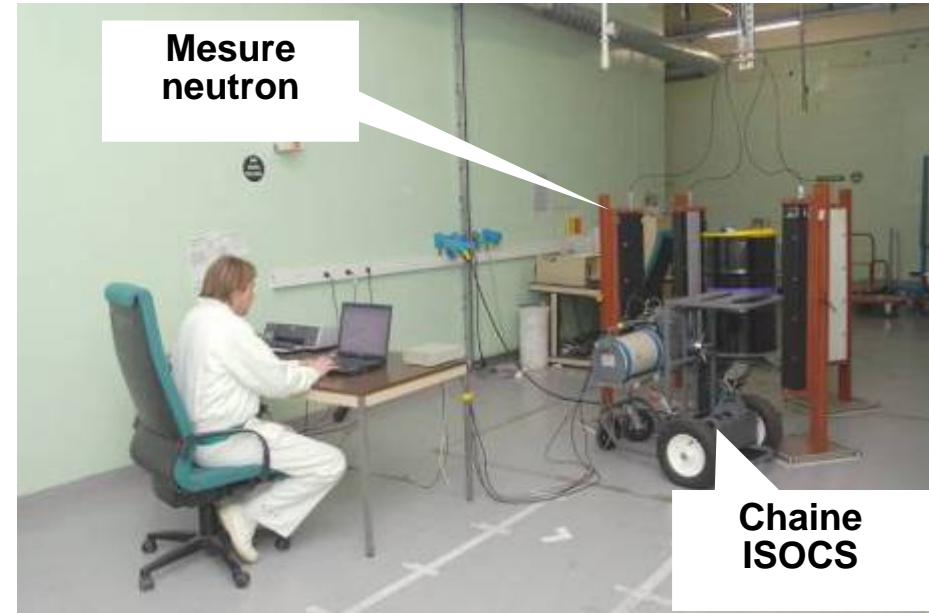
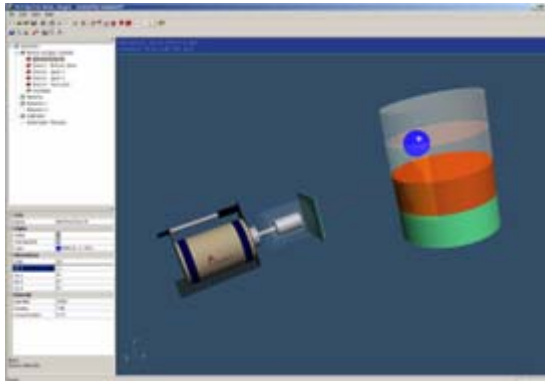


► Suivi en temps réel de l'efficacité du débouchage



Estimation masse Pu et CI sur fûts

- ▶ Evolution demande initiale de mesure de sureté vers une mesure de pilotage de l'assainissement:

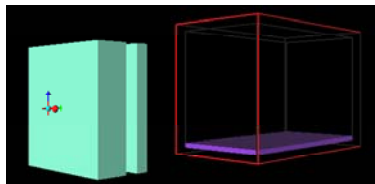
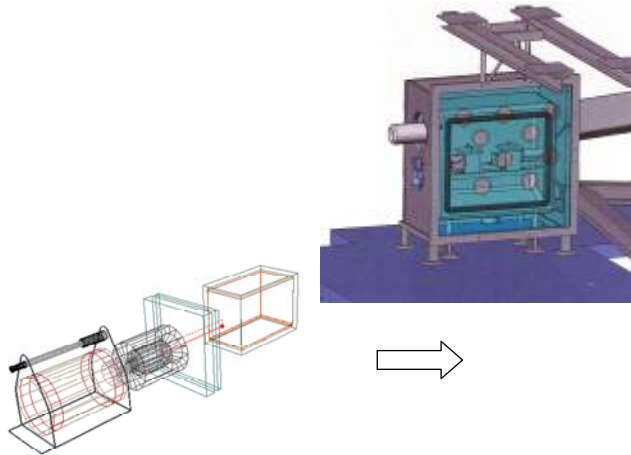


- ▶ plus de 2000 fûts mesurés (soit plus de 350 modélisations ISOCS)
- ▶ LD ISOCS 4mg Pu contre 50 mg mesure Neutron
- ▶ Possibilité d'avoir un seuil de tri ISOCS à 100 mg
- ▶ Intercomparaison IGA /MGA
- ▶ Intercomparaison ISOCS postes AD2

Estimation masse Pu et CI sur BAG

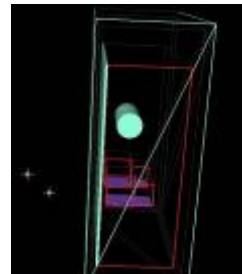
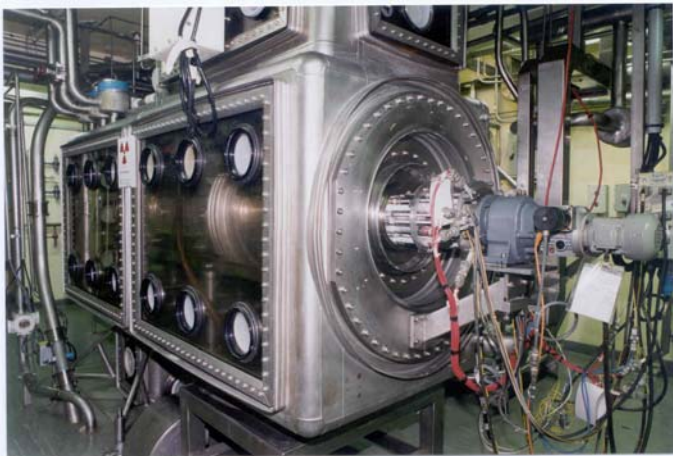
► Etat radiologique initial BAG

- ◆ Estimation masse et Composition Isotopique Plutonium (du gramme à plus de 100 grammes) (ISOCS, PASCALYS & MERCURAD)



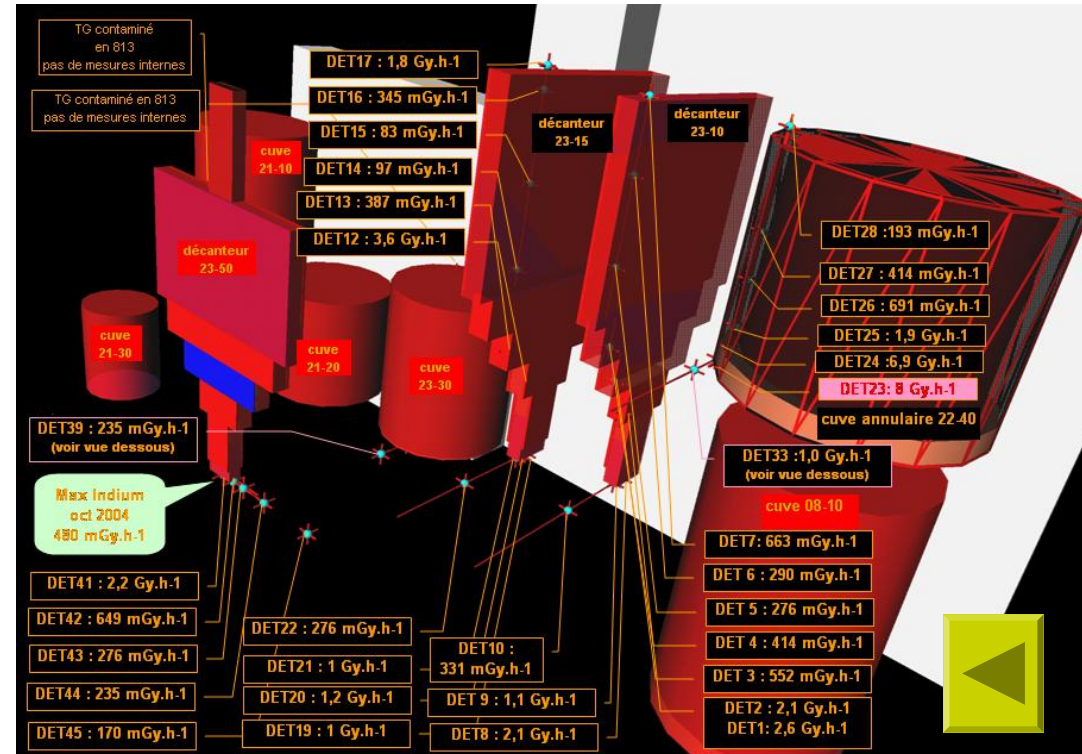
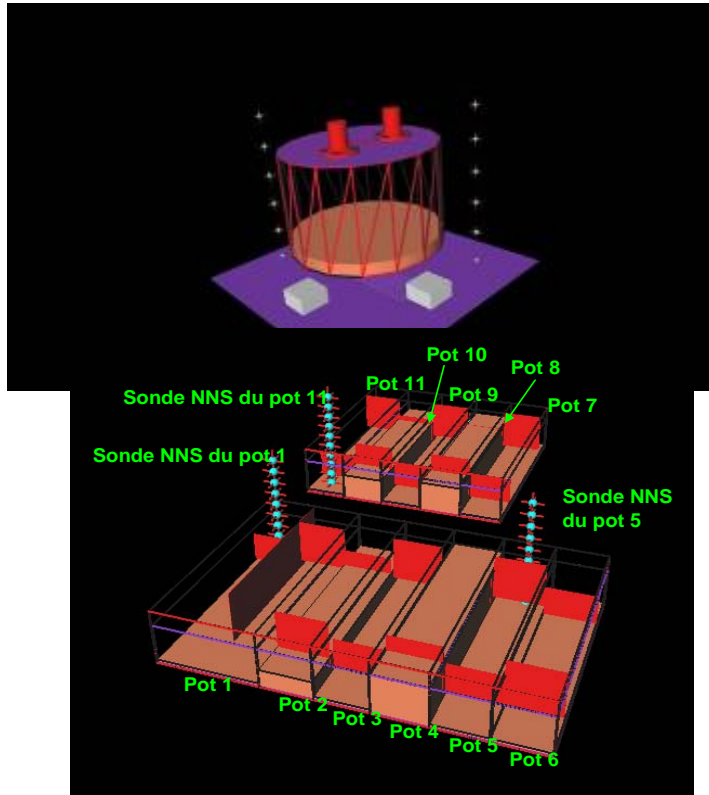
ISOCS : Détecteur à Droite – Boite Droite visée

PASCALYS avec le même modèle ISOCS



Quantification Activité dépôts & suivi de rinçage

- ▶ Plus de 100 cellules 900 mesurées GM et CZT et modélisées MERCURAD (DeD du mGy.h-1 à plus de 100 Gy.h-1)
 - ◆ Bâtiments SPF, HADE, HAO sud, STE2, ELAN 2B, caniveaux
- ▶ du plus simple au plus complexe (Activité du MBq à plus de 100 TBq)



ETUDE TFA MAU

► Validation sur équipement de la faisabilité de mesure de débits de dose seuils TFA pour des spectres Cs-137 et Uranium et non mesurable en Plutonium

- ◆ Bruit de fond mesuré sur site de 90 à 150 nanoGy.h-1
- ◆ Mesures nettes sur cuves de 0 à 4.7 microGy.h-1

50% TFA

22% à investiguer

23% À rincer



► Définition d'une méthodologie de mesure TFA in situ sur des équipements chaudronnés

- ◆ En débit de dose pour spectre Uranium ou Cs-137
- ◆ En spectrométrie gamma (de type FALCON portable) pour des spectres plutonium

