

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

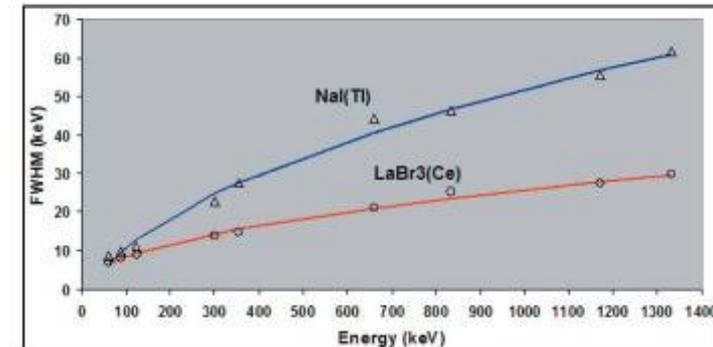
- ◆ ISOCS

- ◆ MERCURAD-PASCALYS

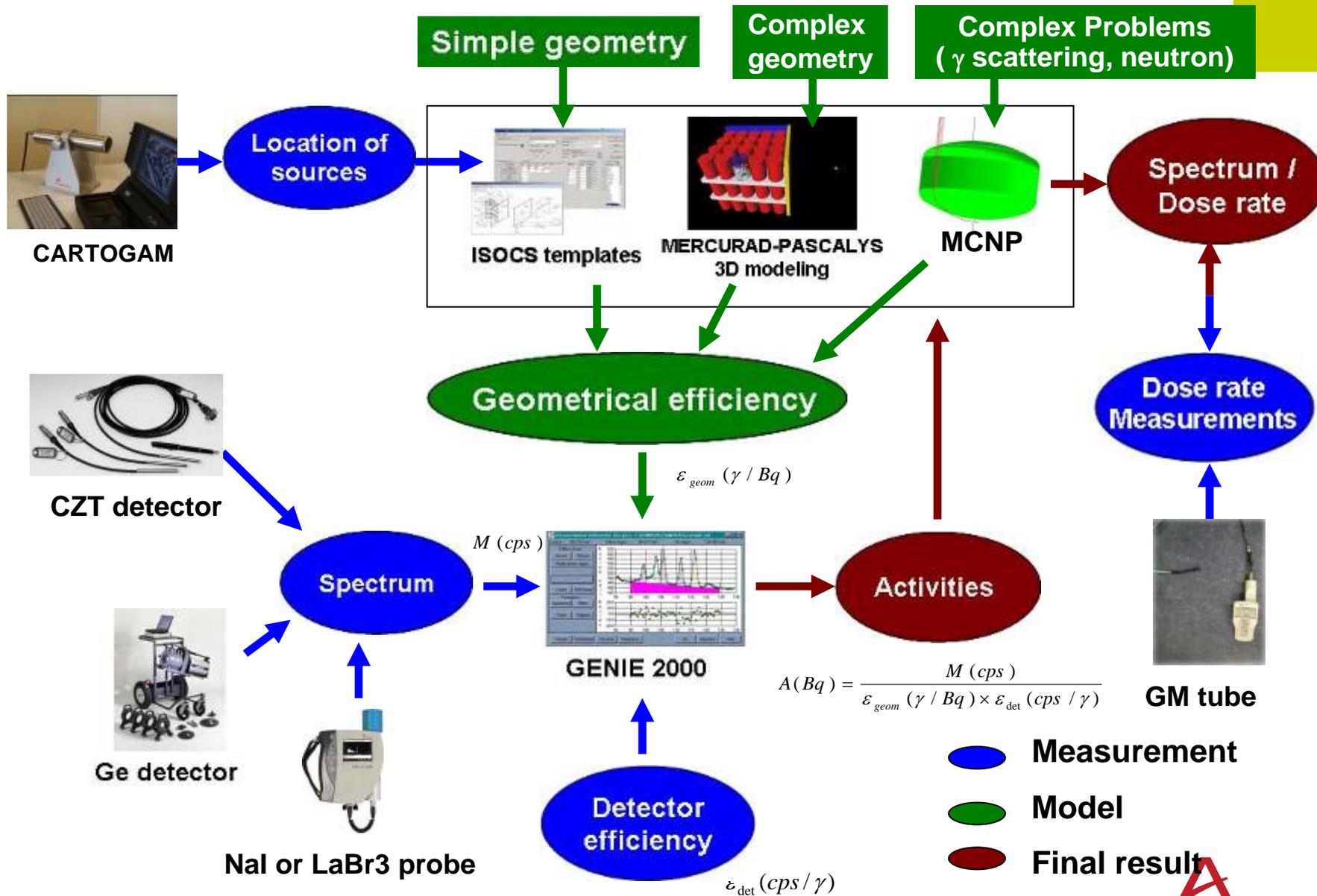
- ◆ MGA ou IGA



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

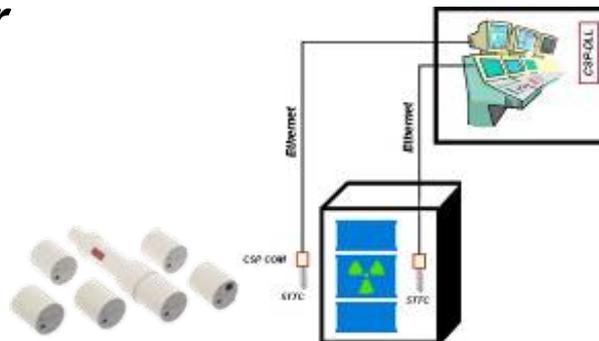
- ◆ Système de mesure le plus simple à mettre en œuvre et Cout faible
- ◆ Mesure intéressante lorsqu'une simple information gamma totale est suffisante ou lorsque le spectre est bien connu
- ◆ Permet de mesurer du TFA bêta et alpha (Limitation suivant la densité des déchets acier et des notions d'hétérogénéité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

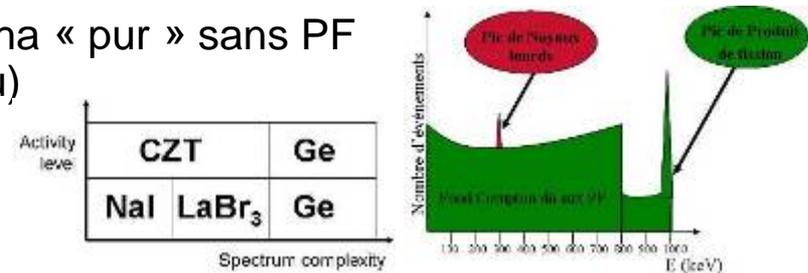


A
CANBERRA

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

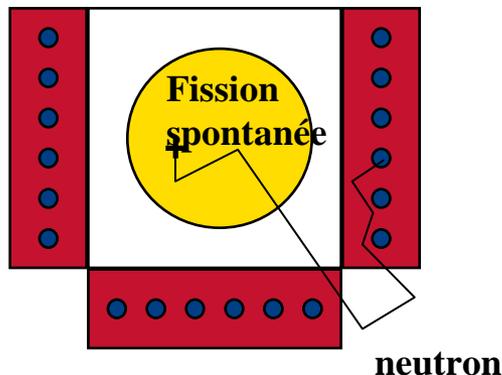
Mesure neutron total et/ou coincidence

► Avantages

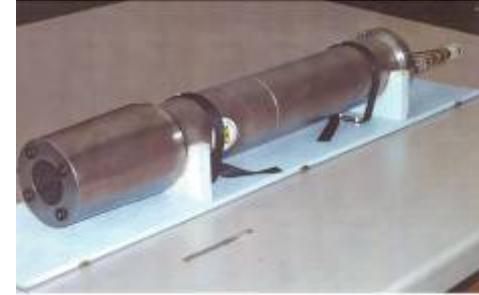
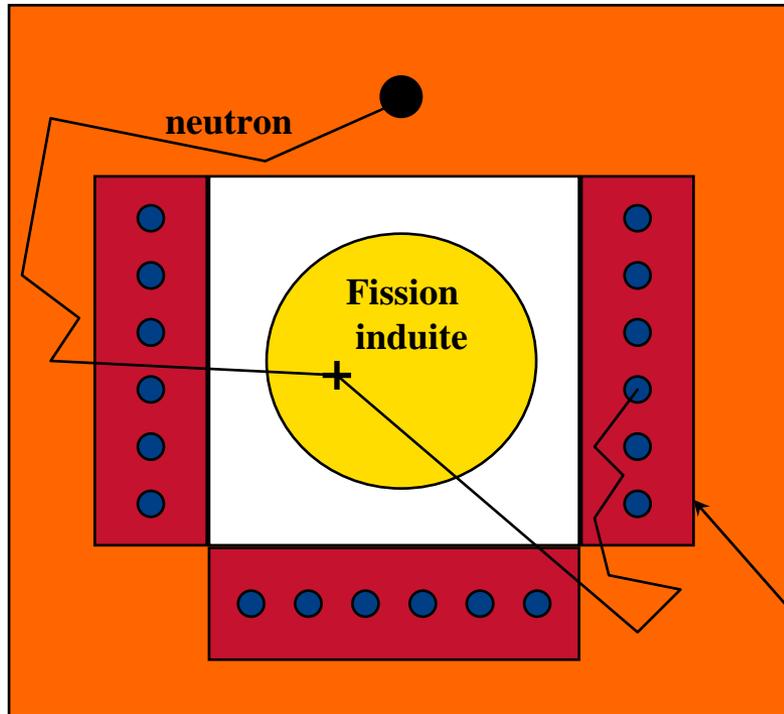
- ◆ Peu impactée par les matériaux lourds type « acier » mais fortement par les matériaux légers hydrogénés.
- ◆ Méthode facile d'implantation

► 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 |

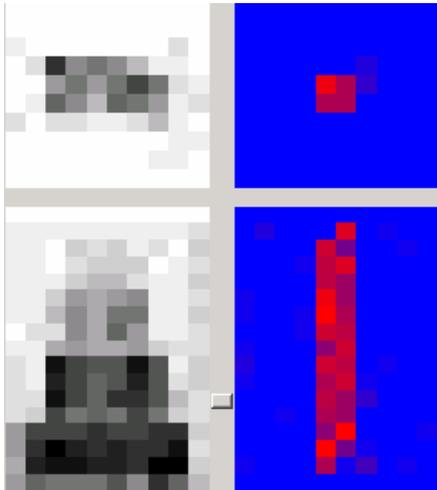


5. Les techniques de mesures avancées

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

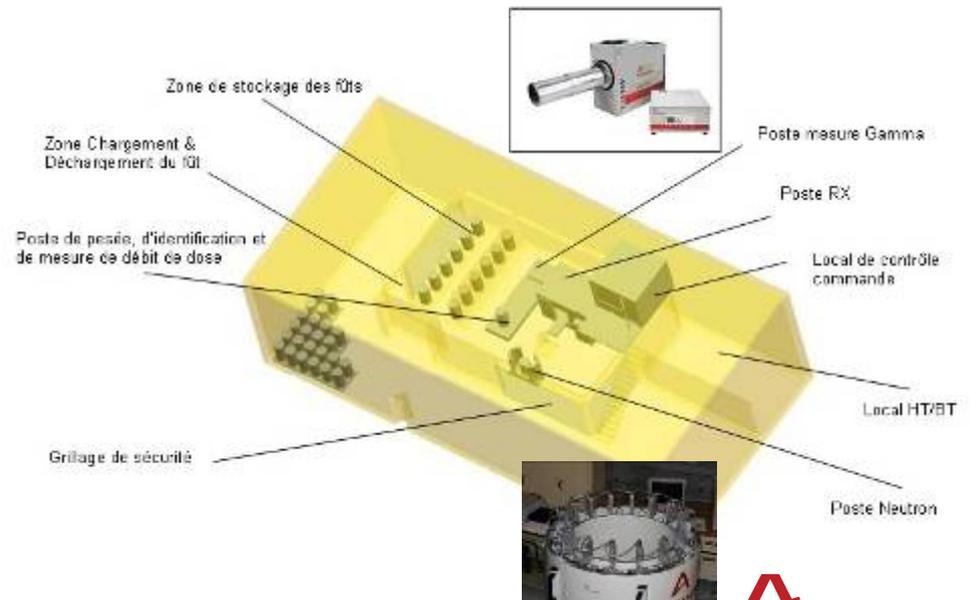
► Systèmes couplant

- ◆ 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)

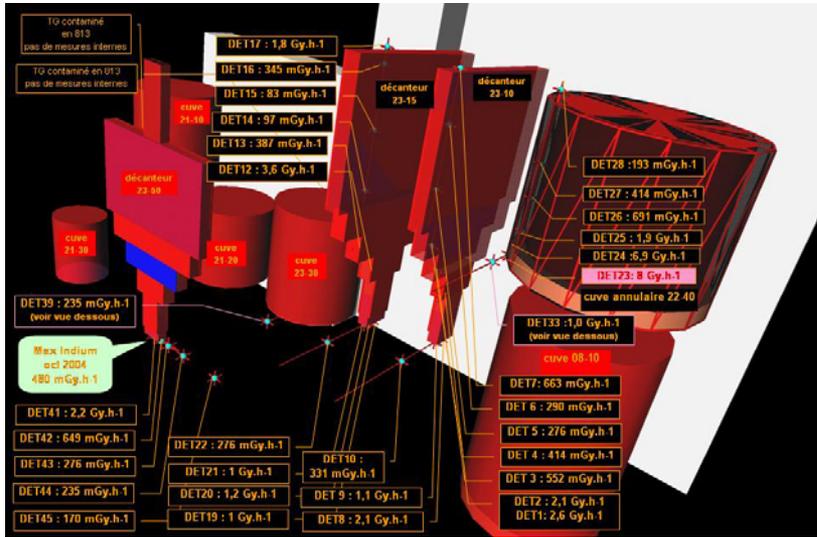
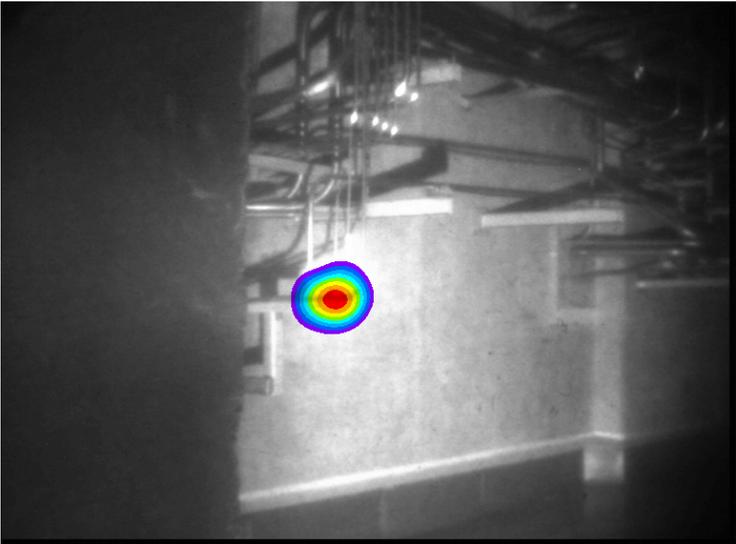


7. Conclusions

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 ?



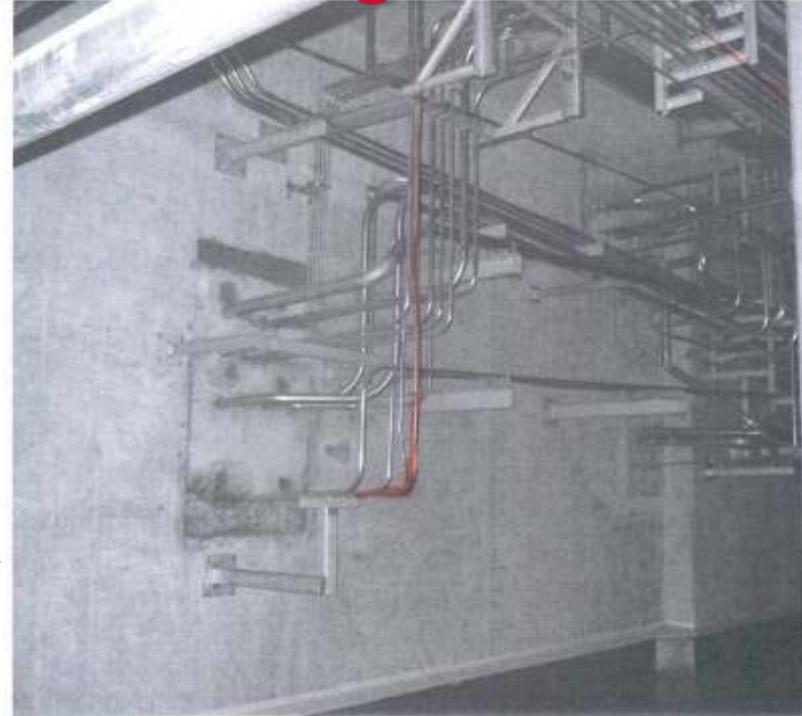


8. exemples de mesures portables in situ

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

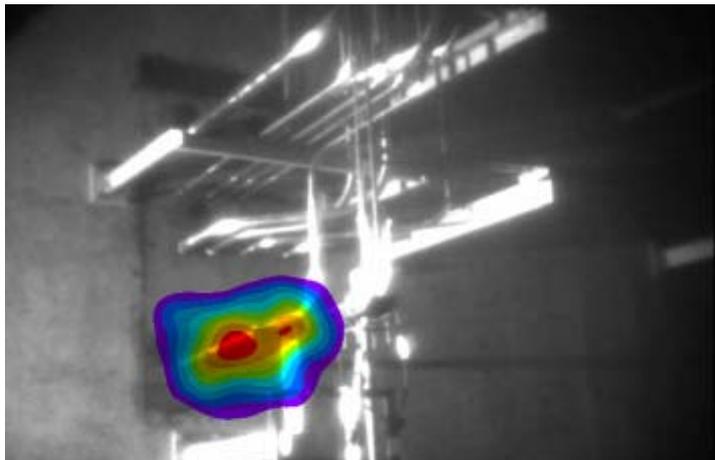
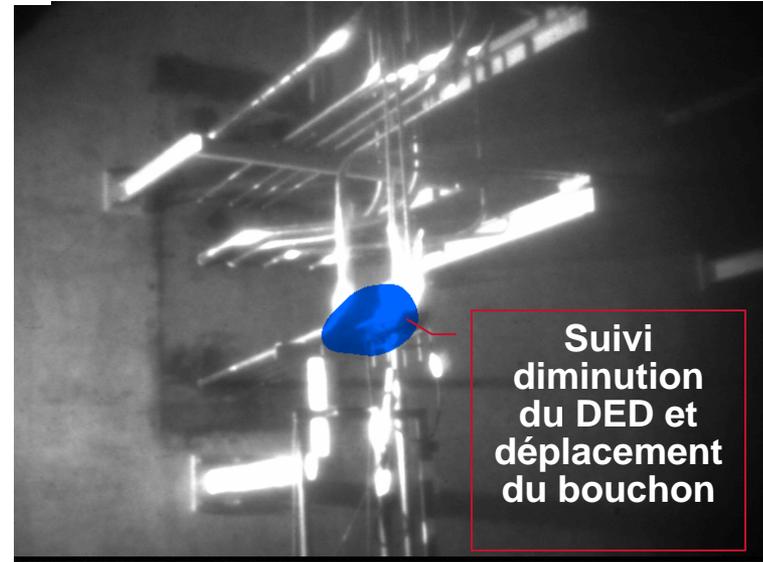
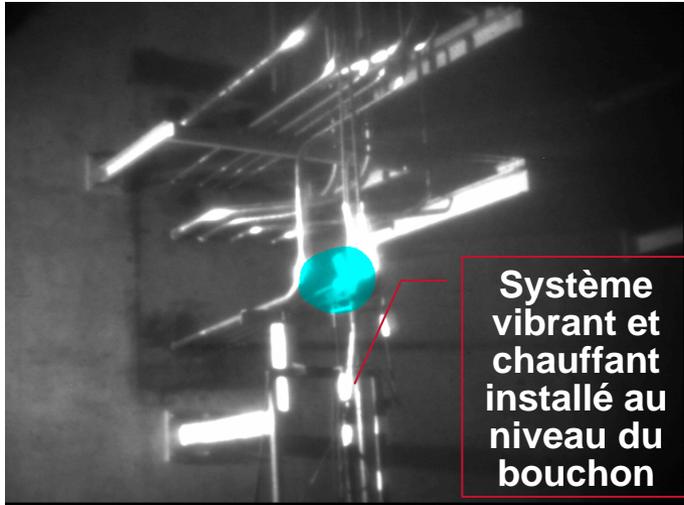
CARTOGAM R1

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

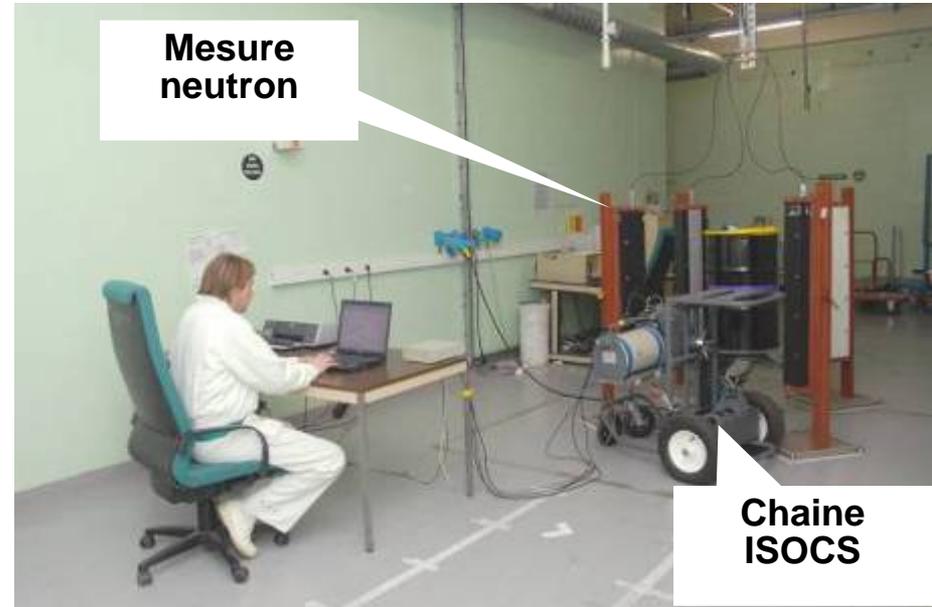
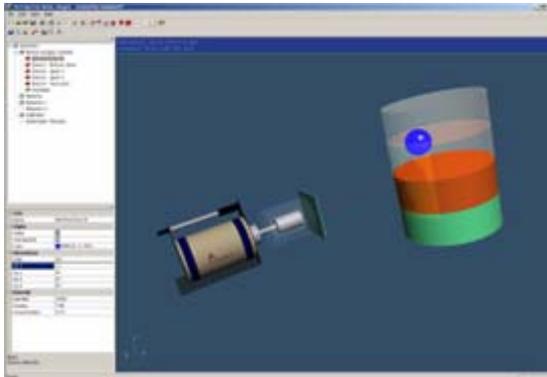


► Suivi en temps réel de l'efficacité du débouchage



Estimation masse Pu et CI sur fûts

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

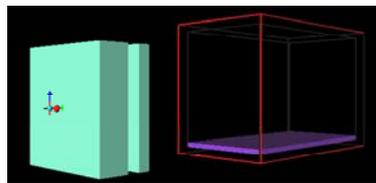
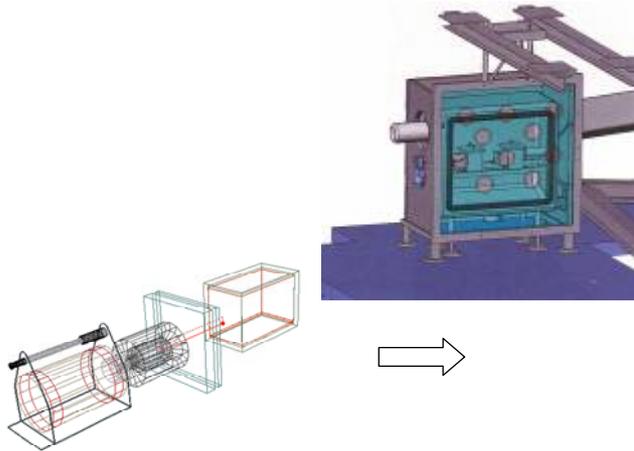


- ▶ plus de 2000 fûts mesurés (soit plus de 350 modélisations ISOCS)
- ▶ LD ISOCS 4mg Pu contre 50 mg mesure Neutron
- ▶ Possibilité d'avoir un seuil de tri ISOCS à 100 mg
- ▶ Intercomparaison IGA /MGA
- ▶ Intercomparaison ISOCS postes AD2

Estimation masse Pu et CI sur BAG

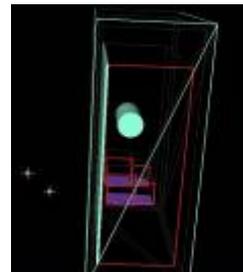
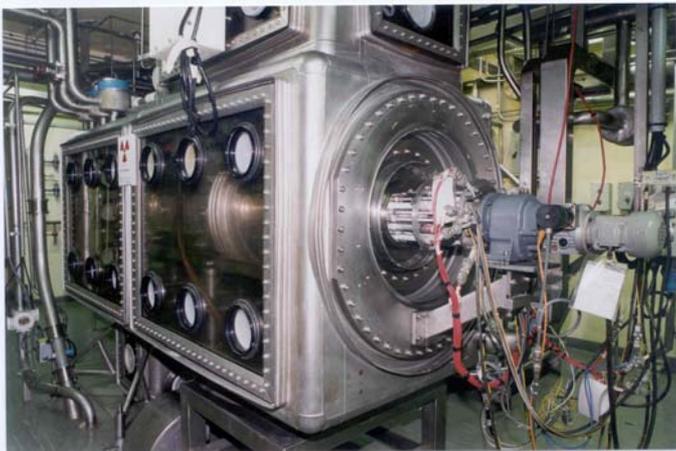
► Etat radiologique initial BAG

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



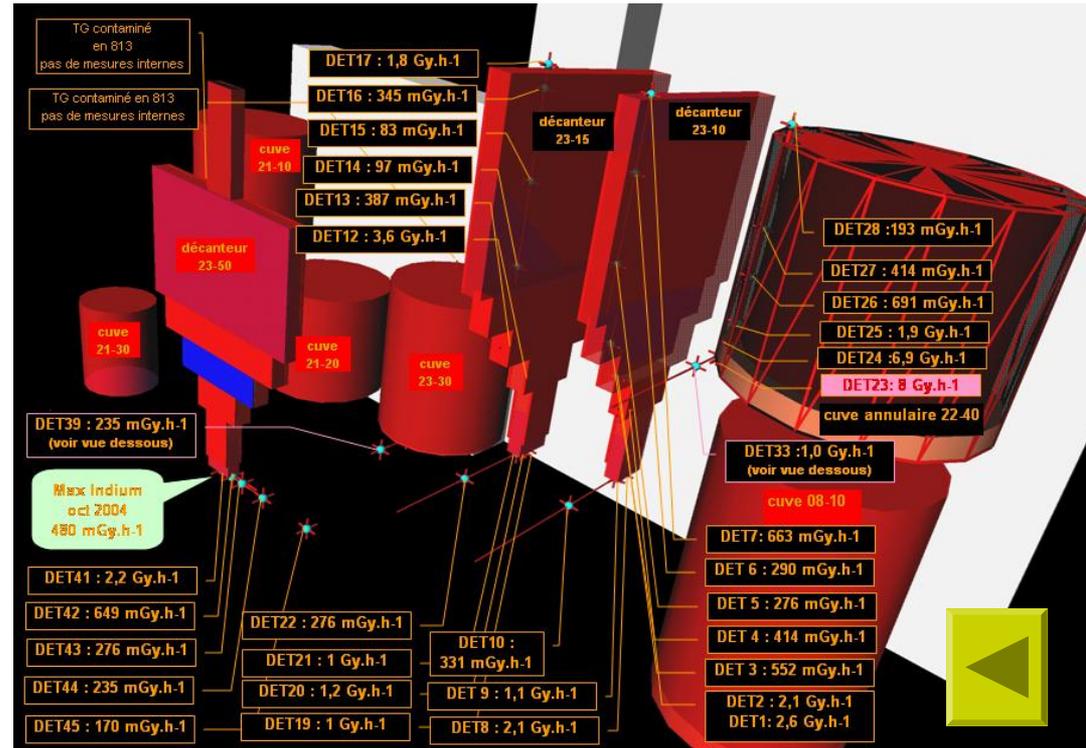
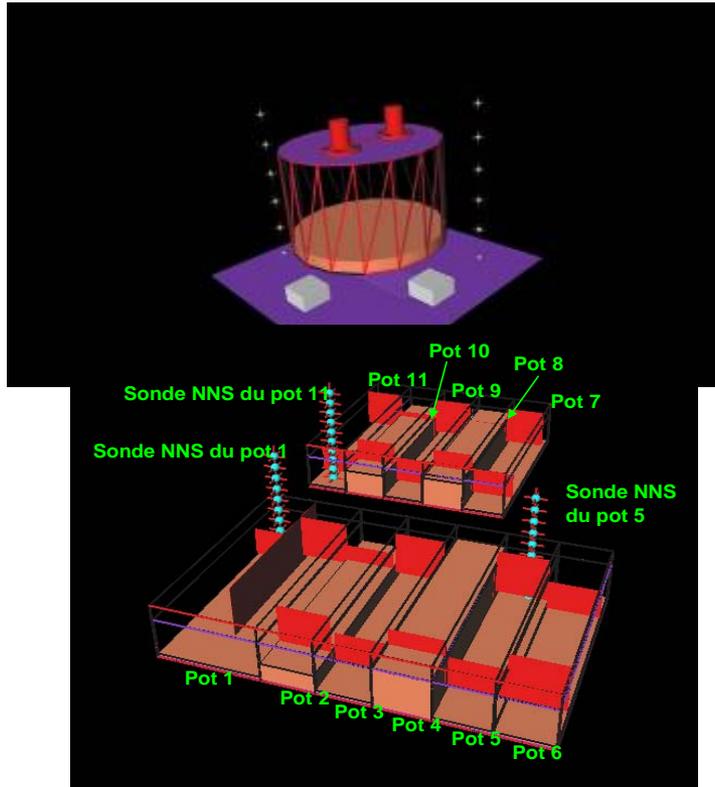
ISOCS : Détecteur à Droite – Boite Droite visée

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

