

A photograph of two large, cylindrical cooling towers of a nuclear power plant. The towers are light-colored and have a grid-like texture. Thick plumes of white steam or smoke rise from the top of each tower into a clear blue sky. The towers are situated near a body of water, which reflects their image. In the foreground, there are some green trees and a small path. At the bottom left of the image, there is a white silhouette of four people (two men and two women) holding hands.

# Caractérisation par spectrométrie gamma Cd-Zn-Te de la contamination des circuits des centrales nucléaires.

Alain Rocher (EDF)

Nicolas Blanc de Lanaute (Canberra)

JOURNEES SFRP

sur les techniques de mesure en radioprotection et les défis rencontrés dans les milieux industriel et médical

Paris, 19 et 20 novembre 2013

  
CANBERRA

  
CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE



## Sommaire

1. Origine de la contamination des circuits
2. Surveillance optimisée par spectrométrie gamma Cd-Zn-Te
3. La technologie CZT
4. Conclusions et perspectives

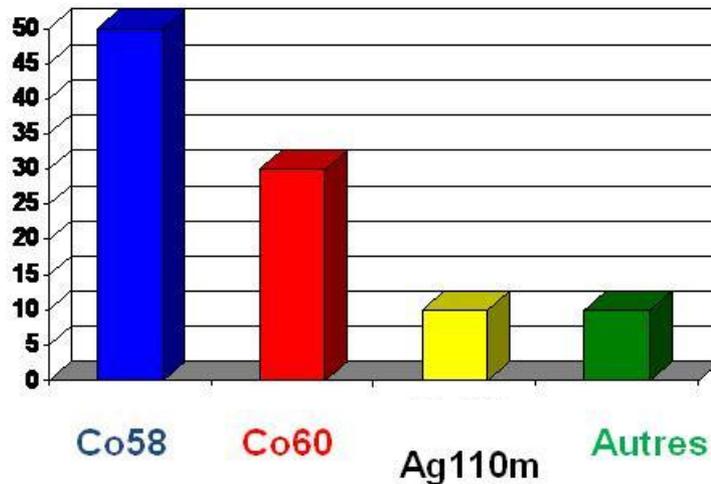


# Sommaire

1. Origine de la contamination des circuits
2. Surveillance optimisée par spectrométrie gamma Cd-Zn-Te
3. La technologie CZT
4. Conclusions et perspectives

# Origine de la contamination

**90 % des ddd sont dus aux Produits de Corrosion**

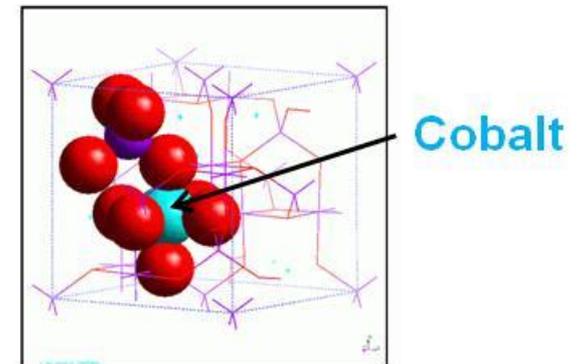


Ni58 (n,p) Co58

Co59 (n,γ) Co60

Ag109 (n,γ) Ag110m

La contamination est un dépôt d'oxydes métalliques (ferrites de nickel) riches en Cobalt cristallisé sous une forme thermodynamiquement stable (spinelles)





# Sommaire

1. Origine de la contamination des circuits
- 2. Surveillance optimisée par spectrométrie gamma Cd-Zn-Te**
3. La technologie CZT
4. Conclusions et perspectives

# Surveillance Optimisée : Spectrométrie gamma CZT

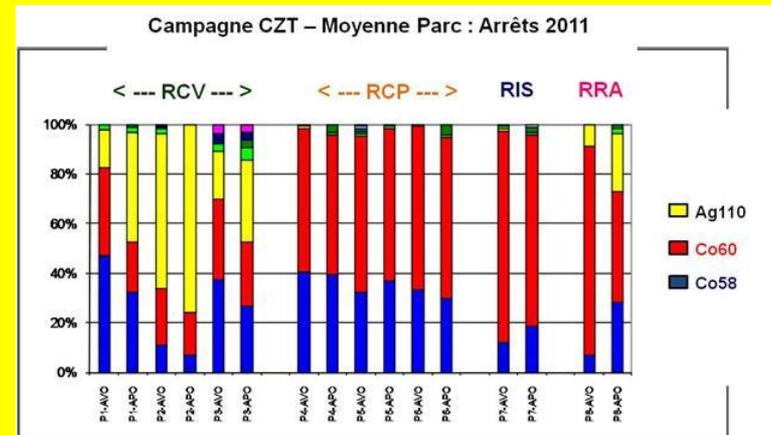


- Elle est déployée sur les centrales EDF depuis 2011 en complément de l'indice BR, à chaque arrêt, avant et après oxygénation.
- Elle caractérise la contribution des principaux radioéléments aux DED du circuit primaire et des circuits auxiliaires.
- Aide à la décision et au choix du procédé (efficacité) pour décontaminer.

Programme de Spectrométrie Gamma CZT Optimisé

P1	RCV	Avant Purification	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P2	RCV	Après Purification	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P3	RCV	Echangeur Température NR	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P4	RCP	Branche en U	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P5	RCP	Branche Chaude	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P6	RCP	Branche Froide	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P7	RIS	Clapet	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation
P8	RRA	Echangeur de température	Avant Oxygénation
			Après Oxygénation

Moyennes des résultats Cd-Zn-Te en 2011



RCV (Co + Ag) – RCP (Co) – RIS (Co) – RRA (Co + Ag)



# Sommaire

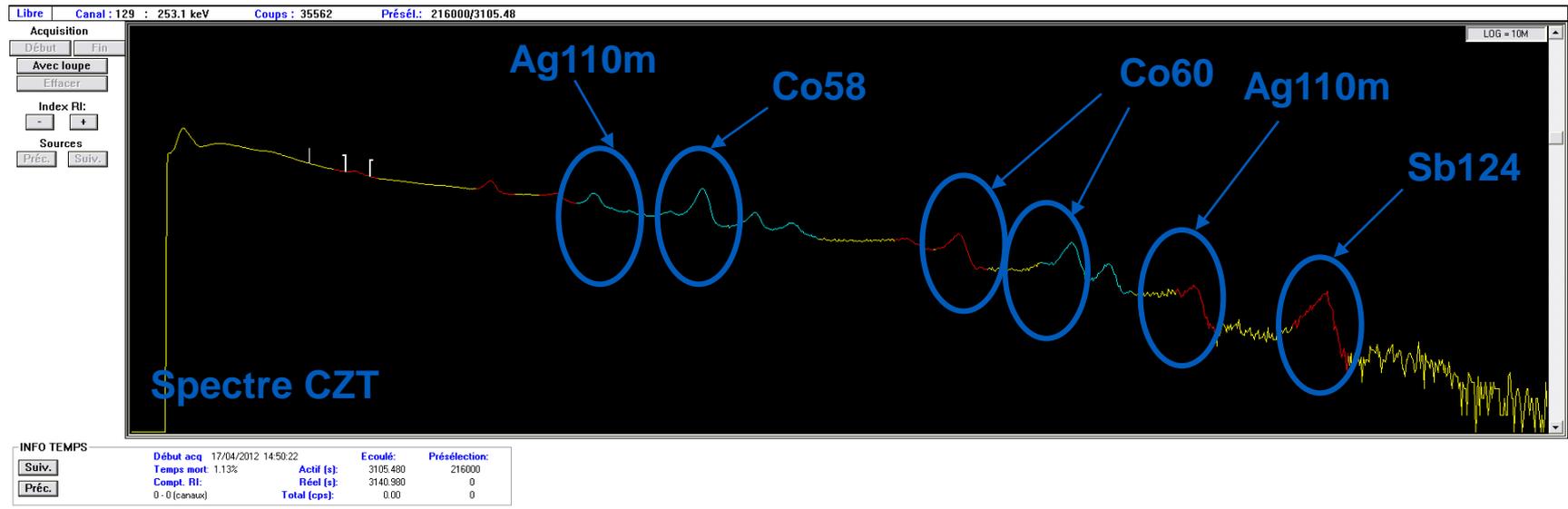
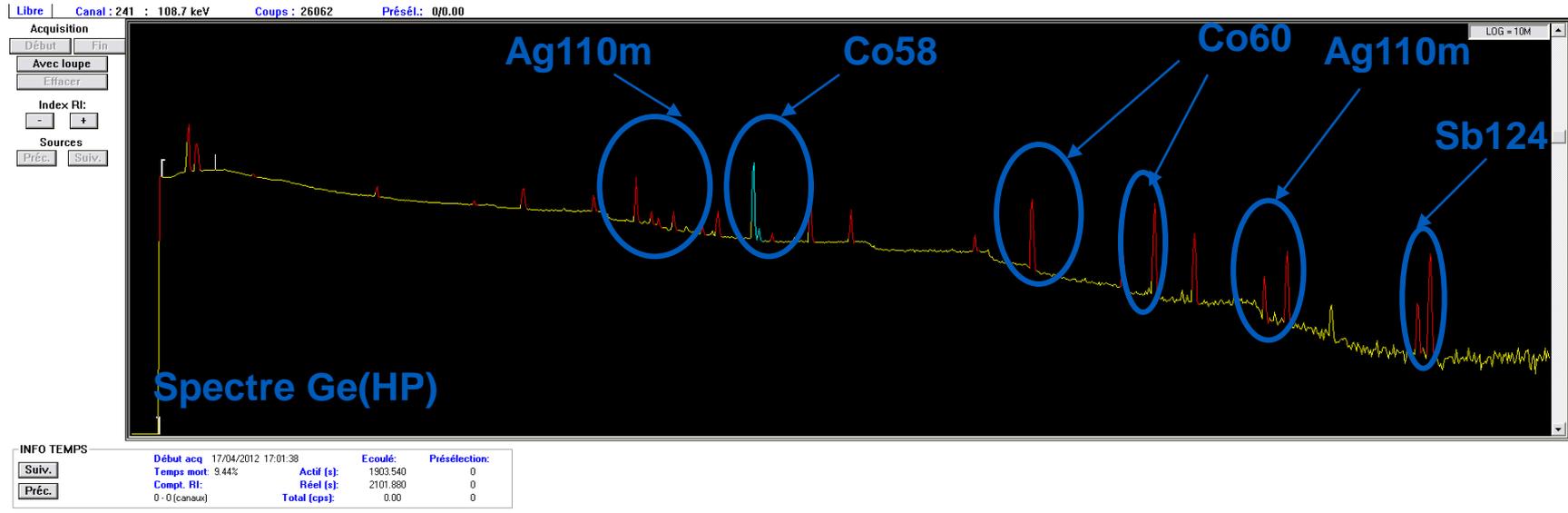
1. Origine de la contamination des circuits
2. Surveillance optimisée par spectrométrie gamma Cd-Zn-Te
- 3. La technologie CZT**
4. Conclusions et perspectives

# Pourquoi utiliser le CZT pour les mesures en centrale



- ◆ L'outil de spectrométrie couramment utilisé est le détecteur germanium HP
- ◆ Il s'agit d'un détecteur de type semi-conducteur qui nécessite un refroidissement à des températures cryogéniques.
- ◆ Nécessité de la présence d'un cryostat en général encombrant.
- ◆ Intérêt : le germanium est un détecteur très résolu
- ◆ Résolution surdimensionnée par rapport aux besoins d'EDF ? mesure de cobalt 58, 60, argent 110m...

# Comparaison spectre CZT / Ge(HP)



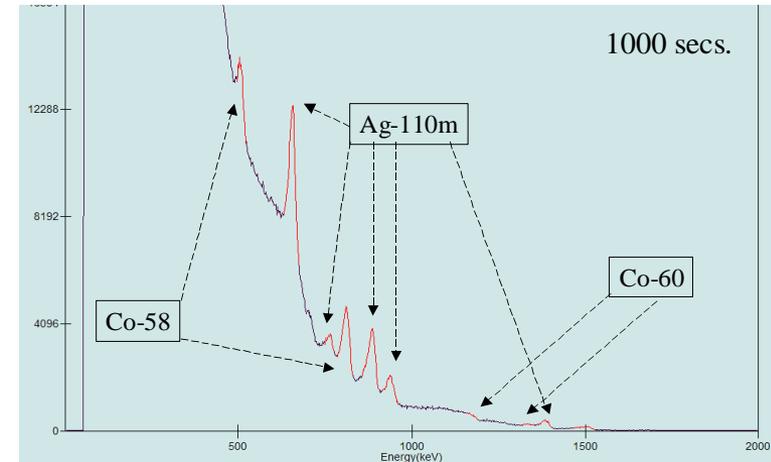
# La technologie CZT

## ► CZT est un détecteur semi-conducteur :

- Cadmium Zinc Tellure

## ► Technologie de spectrométrie gamma

- Energies entre 30 keV et 1900 keV
- Débit de dose jusqu'à 200 mSv/h (20 rem/h)
- Temps d'acquisition typique de l'ordre de 1,000 secondes
- Resolution suffisante pour l'identification des radionucléides typiquement présents en CNPE:
  - Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-137, Sb-124 & 122, Cr-51, Fe-59, Mn-54, Zn-65

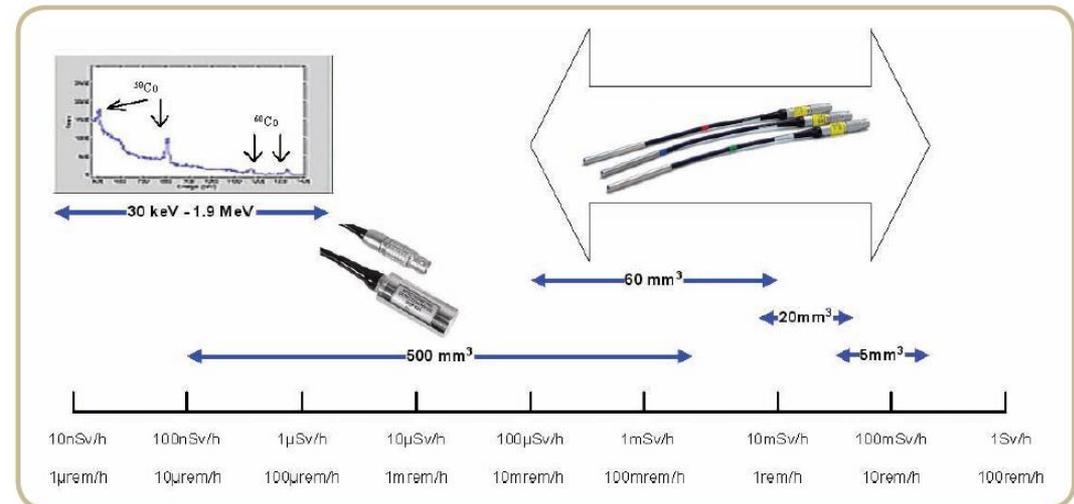


## ► Petit et léger

## ► Portable

## ► Faible coût

## ► Pas de refroidissement nécessaire



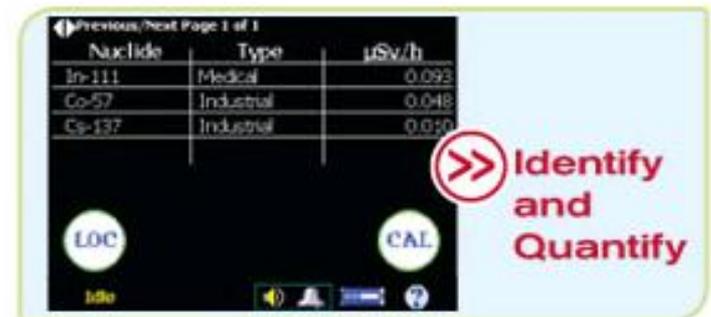
# Pourquoi utiliser le CZT pour les mesures en centrale

- ▶ La résolution du CZT est suffisante pour mesurer les isotopes d'intérêt pour EDF.
- ▶ Il permet de se passer d'un germanium et surtout de son refroidissement associé.
- ▶ La facilité de manipulation du CZT permet de limiter le temps d'exposition du personnel effectuant la mesure
- ▶ Il permet également d'accéder à des points de mesure inaccessibles au germanium.



# L'analyseur InSpector 1000

- ▶ L'inspector est un analyseur multicanal portatif permettant de réaliser des opérations de spectrométrie dans un environnement industriel
- ▶ Il peut s'adapter à différents types de sondes : scintillateurs (NaI, LaBr<sub>3</sub>), semi-conducteur (CZT)...
- ▶ Il embarque un applicatif basé sur le logiciel de spectrométrie Canberra Genie 2000.
- ▶ Cet outil permet donc notamment de caractériser radiologiquement les débits de dose



# InSpector 1000 - CZT

## Le package InSpector 1000 - CZT comprend :

- Un analyseur portable InSpector 1000
- Les sondes CZT adapté au besoin (en fonction du débit de dose attendu notamment)
- Une interface permettant la connexion des différentes sondes CZT à l'analyseur
- Un collimateur est également disponible en option pour permettre la collimation des sondes de 5, 20, 60 and 500mm<sup>3</sup>





# Sommaire

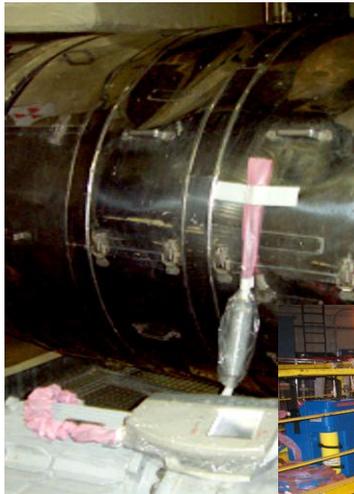
1. Origine de la contamination des circuits
2. Surveillance optimisée par spectrométrie gamma Cd-Zn-Te
3. La technologie CZT
- 4. Conclusions et perspectives**

# Perspectives CZT : Détermination de l'activité surfacique déposée GBq/m<sup>2</sup>

Intégration d'un logiciel pour calculer l'activité déposée dans la géométrie choisie.

→ Estimation de l'efficacité des méthodes de décontamination (avant/après la cartographie).

Echanteurs

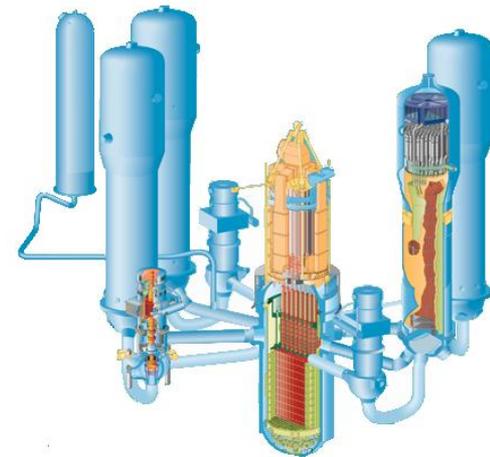


Decontamination

Piscines



Circuit primaire



Boucles, ...