



# AVANCÉE DE LA MESURE DE LA CONTAMINATION PAR APPLICATION DE LA SPECTROMÉTRIE GAMMA AUX DÉTECTEURS PLASTIQUES

Une valorisation des contrôleurs de  
contamination de nouvelle génération

Rédacteur : Javaraly Fazileabasse



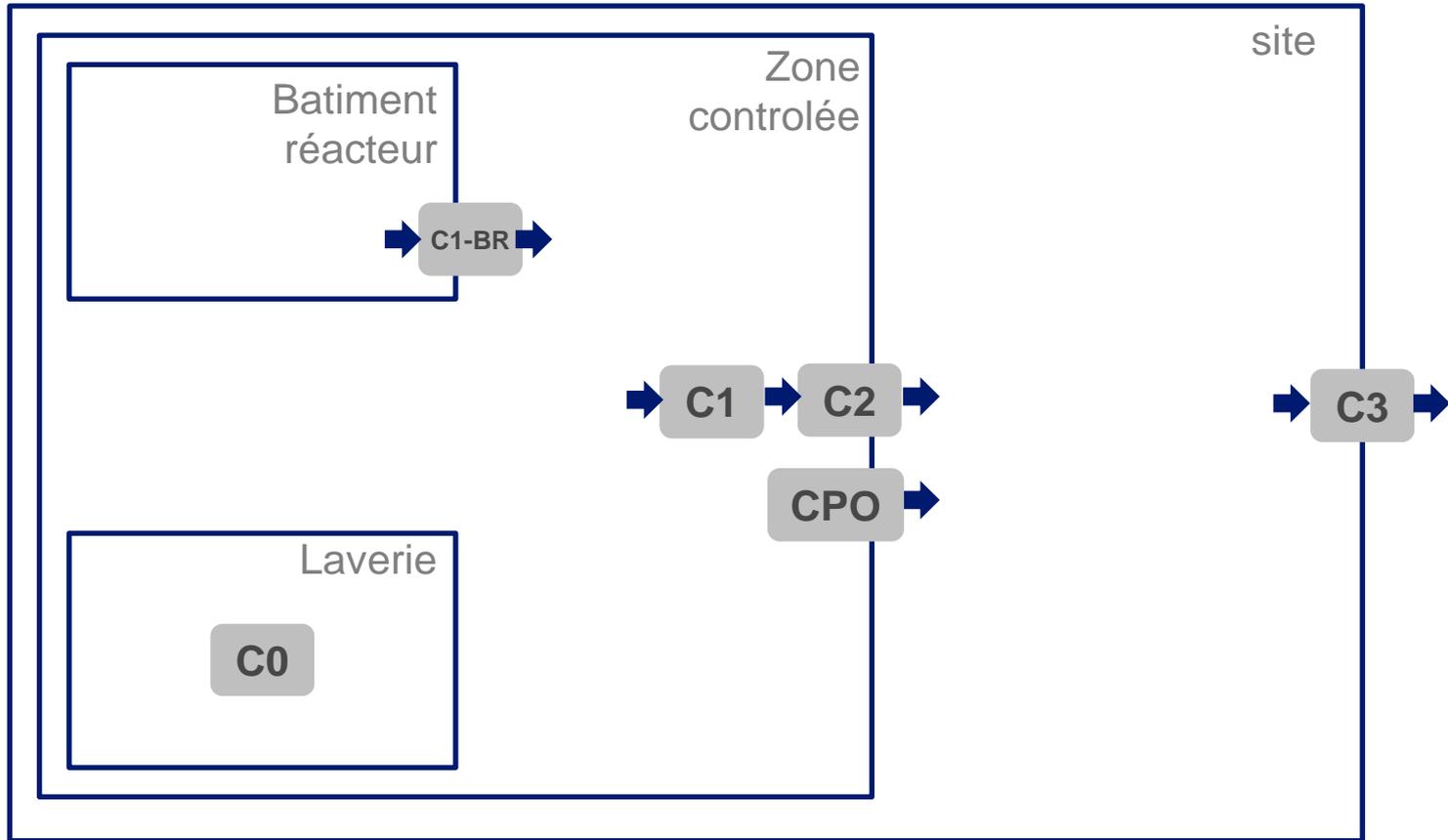
ACCESSIBILITE : INTERNE

# SOMMAIRE

1. LE CONTRÔLE DE CONTAMINATION EN CNPE
2. LA SOLUTION CLASSIQUE
3. INTRODUCTION A LA SPECTROMETRIE GAMMA
4. APPLICATION AUX DETECTEURS PLASTIQUES
5. EXEMPLES DE SPECTRES EN CNPE
6. DETERMINATION D'UN PROFIL SPECTRAL
7. AVANTAGES
8. EXEMPLE DE REALISATION: LA GAMME SMART

# LE CONTRÔLE DE CONTAMINATION DES PERSONNES ET DES OBJETS EN CNPE

- Schéma simplifié non exhaustif

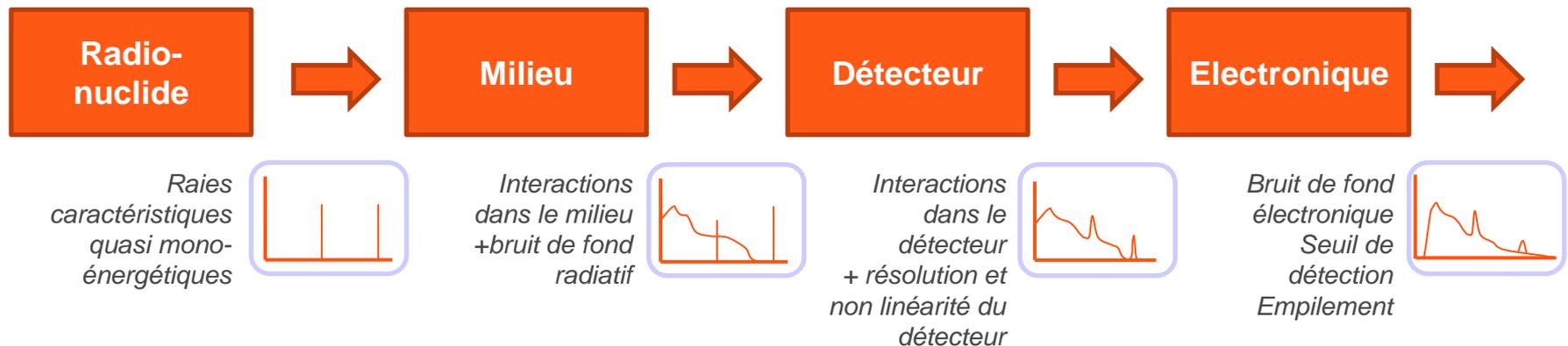


# LA SOLUTION TECHNIQUE CLASSIQUE ET SES LIMITATIONS

- Le contrôle de contamination peut être réalisé par mesure beta ou gamma. On s'intéresse ici au cas gamma, qui, pour des personnes en tenue ou des objets à forme diverses est moins dépendant de l'absorption du milieu.
- Classiquement on compare les comptages de scintillateurs plastiques avant et pendant la mesure.
- L'information quantitative correspondant au comptage est sensible à des variations de la haute tension et du seuil de discrimination. La réponse est largement dépendante des isotopes présents.
- Le comptage ne fournit pas d'information qualitative sur la nature des isotopes. L'information de défaut se limite à des cas extrêmes évidents: absence ou comptage excessif.
- L'abaissement des seuils et un contexte métrologique plus contraignant ont amené à rechercher une approche nouvelle.

# INTRODUCTION A LA SPECTROMETRIE GAMMA

- Un spectre d'énergie gamma est une courbe de distribution des énergies déposées dans un détecteur
- Le spectre d'énergie témoigne des radio-nucléides d'origine et d'interactions complexes avec le milieu traversé et avec le détecteur
- Permet des traitements sélectifs selon la forme du spectre ou selon le contenu de bandes d'énergie.



# APPLICATION AUX DÉTECTEURS PLASTIQUES

*Les scintillateurs plastiques s'imposent pour couvrir une grande surface de détection à un coût raisonnable*

- Difficultés
  - L'effet photoélectrique y est peu probable, pas de pic d'énergie totale
  - La spectrométrie est réputée chère
  - La spectrométrie est réputée compliquée, réservée aux experts
- Transformer les difficultés en avantages
  - Les fronts Compton forment des pseudo pics caractéristiques
  - Le spectre Compton comme le spectre photo électrique peut être déconvolué (détection des pics) avec les processeurs d'aujourd'hui
  - La logique programmable intégrée traite en simultanée plusieurs détecteurs et spectres à moindre cout
  - La chaine de spectrométrie numérique est sans réglage : mise en forme, ligne de base, temps mort, ..., pour l'utilisateur

**La spectrométrie sur plastique enrichit l'information disponible à coût similaire**

# DETERMINATION D'UN PROFIL SPECTRAL

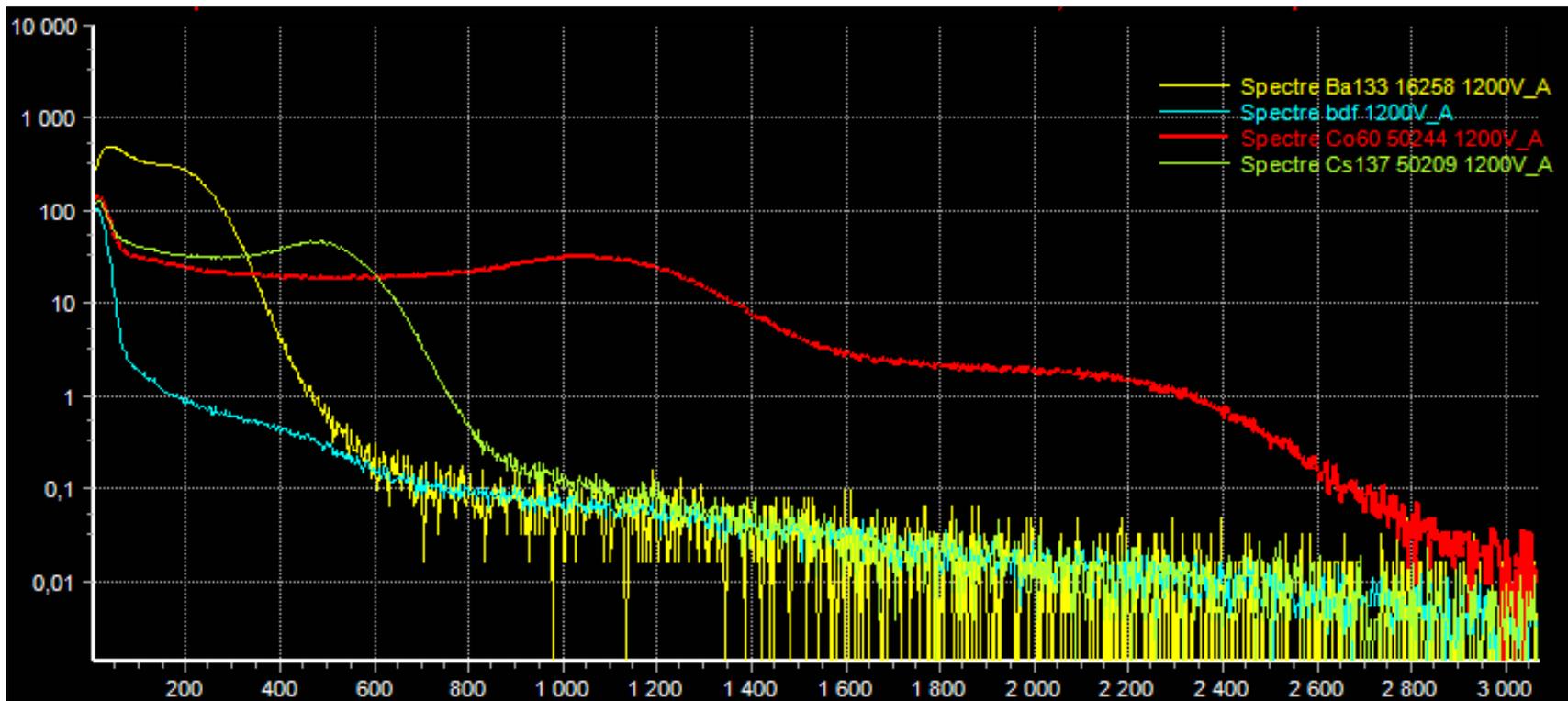
- A partir d'un spectre Compton, on peut approximer le spectre incident par un algorithme qui inverse la fonction de transfert.
- Pour les applications CNPE il est particulièrement intéressant de distinguer:
  - Les produits d'activation à longue durée de vie (Co-60)
  - Les produits d'activation à moyenne durée de vie (Co-58, Ag-110m, Zr/Nb-95,..)
  - Des produits de fission, à priori non attendu (I-131)
  - Des cas naturels, Radon ou NORM

Il est important de reconnaître des situations mixtes

- On obtient ainsi un profil énergétique % Ebas, % Emoy, % Ehaut ou **NORM**
- Des cas particuliers peuvent être signalés spécifiquement: « **suspicion de radon jeune** » « **suspicion de Radon ou naturel** »
- La prise en compte de la courbe d'efficacité du détecteur selon l'énergie permet le calcul de « **Bq pondéré** » en sus des « **Bq équivalent Co-60** »

# EXEMPLES DE SPECTRES DE SCINTILLATEUR PLASTIQUE

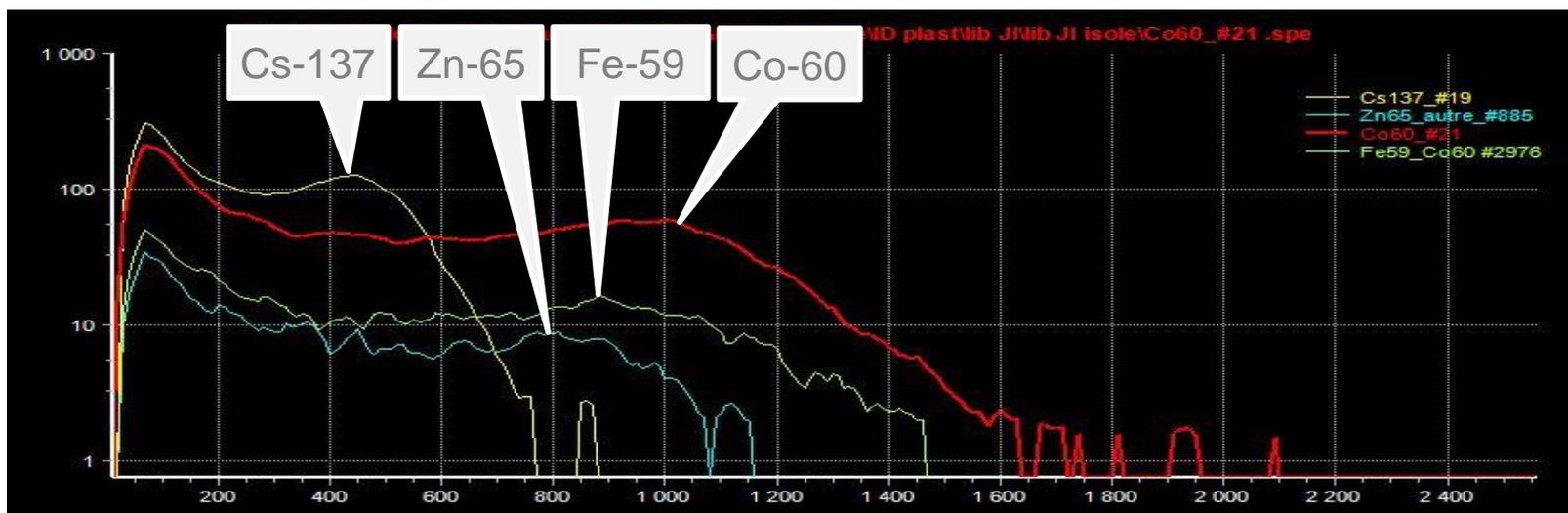
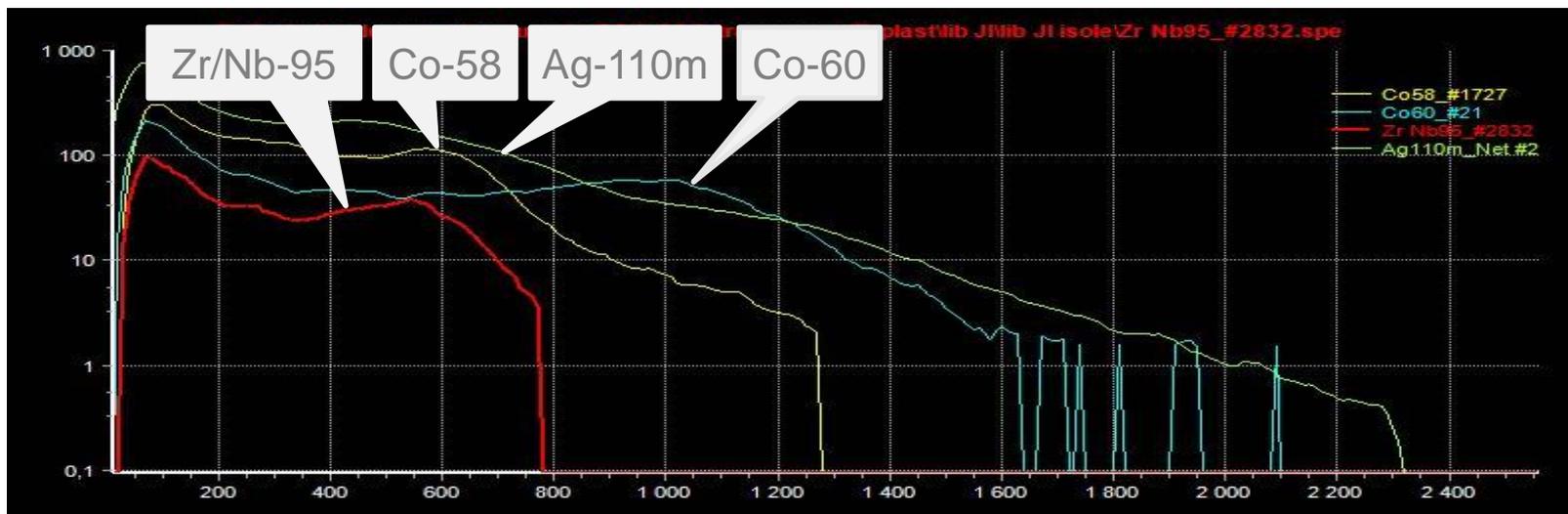
Spectres de bruit de fond, Ba-133, Cs-137, Co-60 (\*)



*Détecteur 450\*350\*50mm dans un blindage de 50mm*

*(\*) on peut observer dans le spectre Co60 l'effet de la détection des 2 photons coïncidents*

# SPECTRES RÉALISTES EN CNPE



# EXEMPLES DE CATÉGORISATION

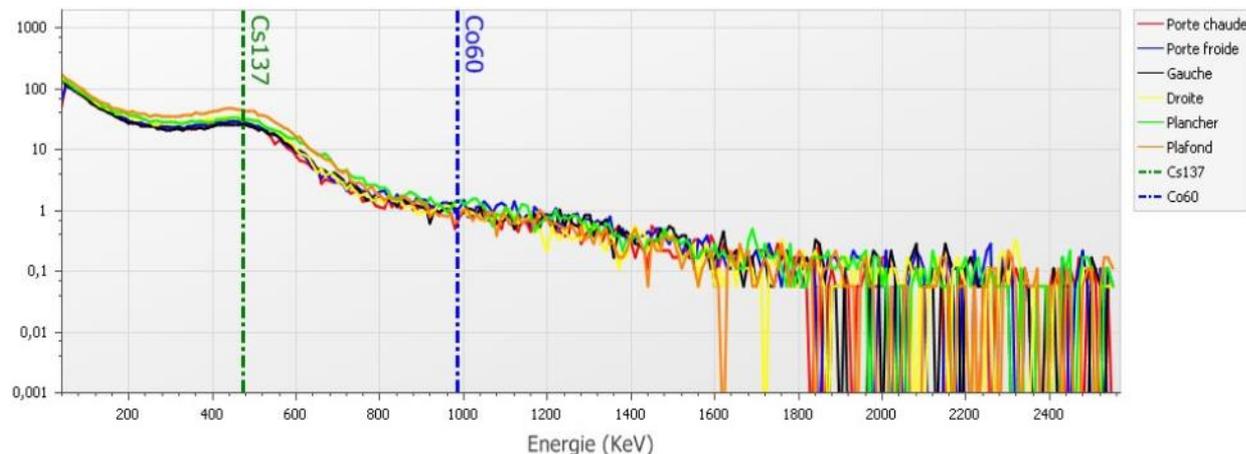
*Détection d'activité naturelle*

n°	Act. Bq eq Co60	Profil spectral CPO-Smart			Identification Spir-ID
		Bas %	Moyen %	Haut %	Radio nucléides identifiés
1	9118	0	70	30	Zr-Nb95
2	10094	0	10	90	Co60
3	2807	0	20	80	Co60
4	2166	0	10	90	Co60
5	2286	0	10	90	Co60
6	2739	0	40	60	Ag110m Co60
7	13017	0	10	90	Mn54 Co60
8	23422	0	60	40	Ag110m Co60
10	41966	0	10	90	Co60
11	494896	0	0	100	Co60
12	4084	0	50	50	Co58 Co60
13	27122	0	30	70	Mn54 Co60
19	32825	0	60	40	Ag110m Co60
24	6666	0	50	50	Ag110m Co60
27	7514	0	50	50	Ag110m Co60

*Exemples de profil spectral de tenues contaminées et identification fine correspondante*

# AVANTAGES PRINCIPAUX

## ■ Vérification de bon fonctionnement aisée



*Vérification simultanée de plusieurs détecteurs par l'alignement du pseudo-pic Cs137*

- Plage en énergie plus large et bien maîtrisée
- AMD et temps de réponse améliorés par fenêtrage en énergie
- Recherche d'origine de la contamination facilitée par le profil spectral
- Mise en évidence de situations éloignées de l'hypothèse Co60 par la différence entre «Bq vrais» par rapport à des «Bq équivalent Co60»
- Distinction des cas naturels (matériau de construction, radon)

# UNE GAMME RÉPONDANT AUX SPECIFICATIONS EDF : CCTP ET ORIENTÉE SUR UN RÉSULTAT ATTENDU

- **Meilleure qualité de mesure**
  - Application de la spectrométrie plastique
  - Plus sensible, plus exacte, homogène, rapide
  - Des services nouveaux: catégorisation , Bq pondéré
- **Adapté à un environnement sévère**
  - S'adapte au bruit de fond élevé et variable
  - Plus grande disponibilité par des algorithmes d'adaptation rapide
- **Interface ergonomique**
  - Ecran graphique, messages simples et explicites
  - Détection automatique d'objet par caméra
- **Historisation**
  - Mesures avec photos, BdF, disponibilité, nombreux fichiers et statistiques
- **Aide au diagnostic, procédures CPE et CPI assistées**

# CONCLUSION

- Le contrôle de contamination des objets et des personnes implique, en gamma, l'utilisation de scintillateurs plastiques, seule technique permettant des surfaces importantes à coût modeste
- La solution classiquement utilisée est la comparaison de comptages qui ne fournit pas d'information qualitative sur le rayonnement ni sur l'état des détecteurs.
- Une solution plus sophistiquée est une spectrométrie de chaque détecteur associé à un traitement algorithmique des spectres.
- Elle permet une meilleure qualité de la mesure et fournit des services nouveaux : profil spectral / calcul d'activité pondérée et discrimination de situations particulières (radon par exemple).
- Ces progrès ont été suscités par EDF en lien avec une politique d'abaissement des seuils à l'occasion du renouvellement du matériel KZC. Une grande majorité de matériels récents, utilisés dans les CNPE d'EDF, exploite cette technologie: CPO, CGO, Portiques C0, C1.

# MERCI