



# VERIFICATION DE L'ETALONNAGE D'APPAREILS DE MESURE DE RAYONNEMENTS IONISANTS SANS SOURCE RADIOACTIVE

**Gabriel DUPONT**

Ingénieur - Doctorant CIFRE

ATRON Metrology / LPC Caen

*gdupont@cerap.fr*



# Généralités

## Aspects réglementaires



- **Arrêté du 21 mai 2010**
  - « Le **contrôle périodique de l'étalonnage** consiste à mesurer les **grandeurs caractéristiques** de l'instrument de mesure qui sont fournies par son **certificat d'étalonnage** »
  - « Pour les instruments de mesure **sans contrôle permanent** de bon fonctionnement, la périodicité du contrôle périodique de l'étalonnage est **triennale** »
  - Si l'appareil n'a **pas été utilisé dans les six derniers mois**, une vérification de l'étalonnage est nécessaire avant utilisation

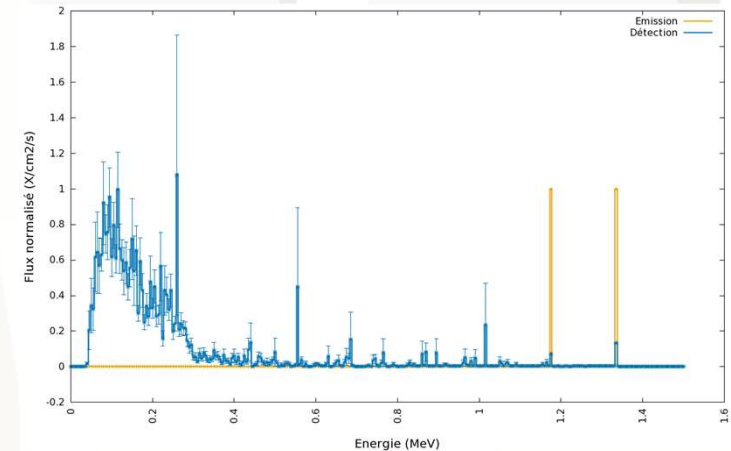


# Généralités

## Méthode habituelle



- **Source de calibration**
  - Sources radioactives ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ...)
- **Avantages**
  - Méthode éprouvée
  - Méthode normalisée (ISO-4037)
- **Inconvénients**
  - Risques radiologiques
  - Spectre discret
  - Remplacement des sources (10 ans)
  - Faible productivité

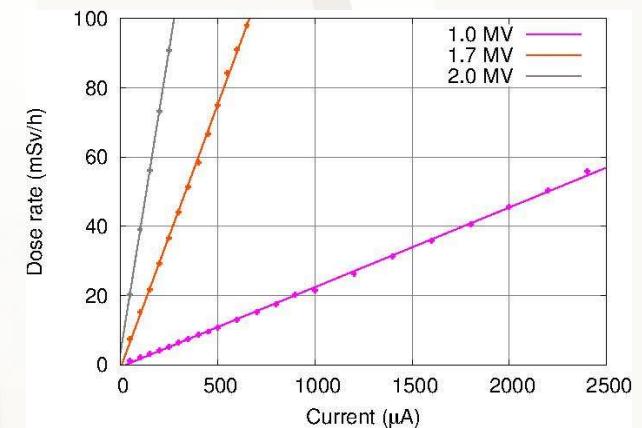
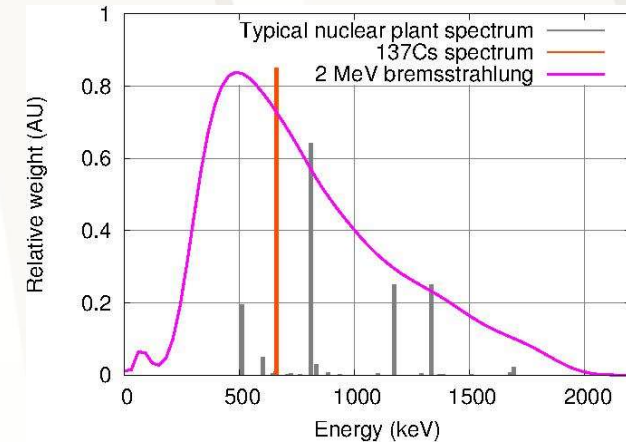


# Généralités

## Méthode innovante



- **Source de calibration**
  - Rayonnement de freinage d'électrons
- **Avantages**
  - Spectre continu → champ réaliste
  - Pas de source radioactive
  - Débit de dose  $\propto$  intensité
  - Gamme en DED : 0,1  $\mu$ Sv/h – 500 Sv/h
  - Productivité élevée

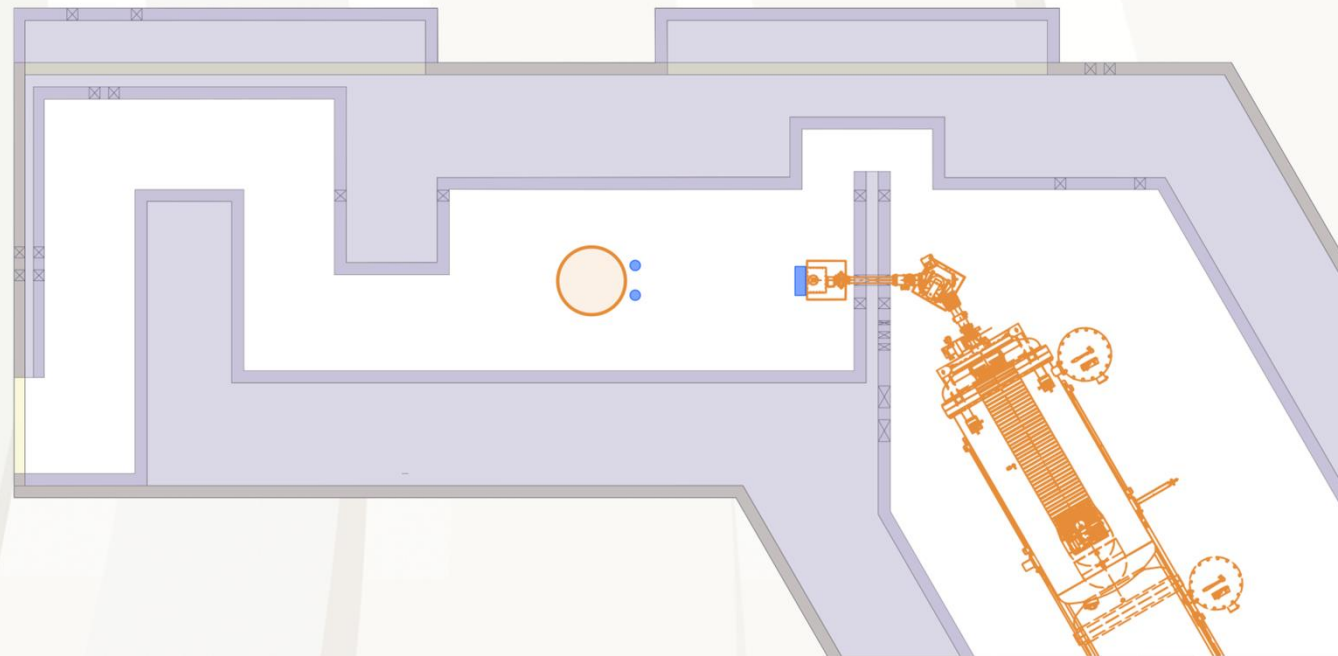
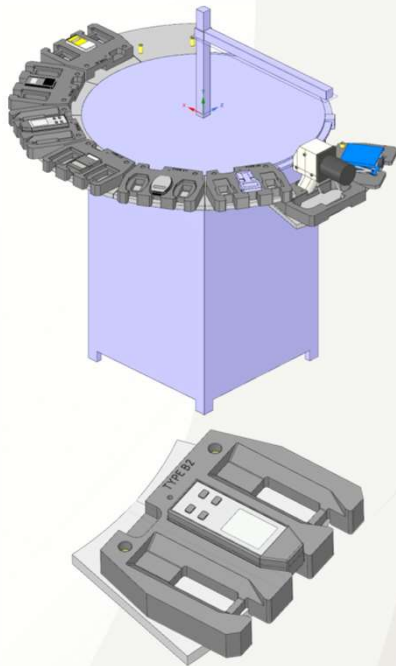


# Généralités

## Caractéristiques



- **FELIX : Faisceau d'Electrons et Ligne d'Irradiation X**
  - Tension maximale : 3,5 MV
  - Intensité maximale : 1 mA  $\rightarrow P_{\max} = 2,5$  kW

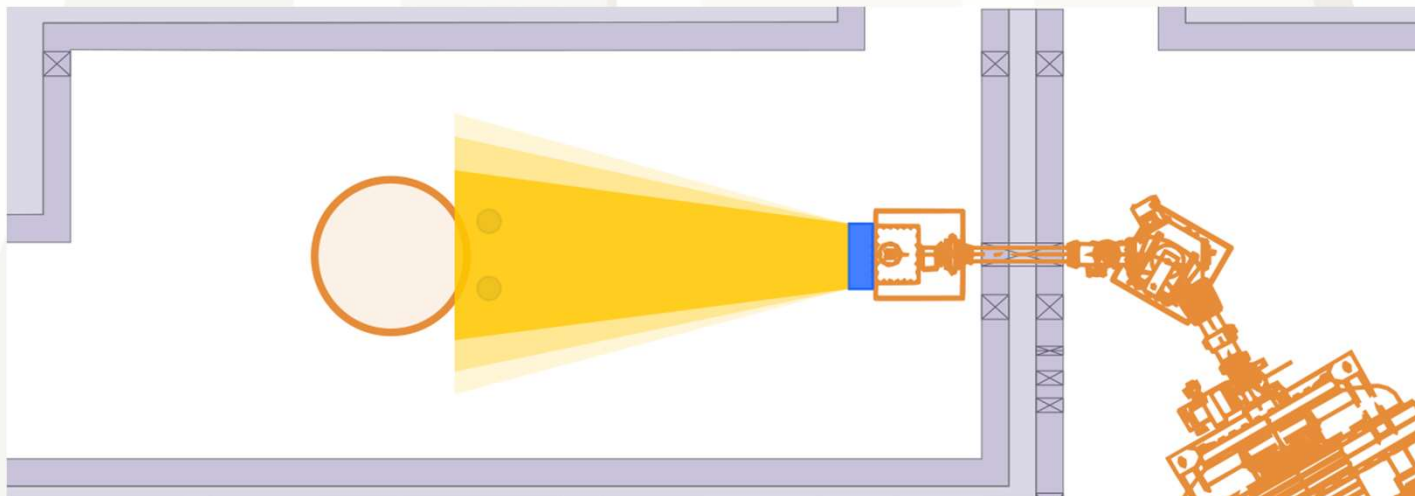
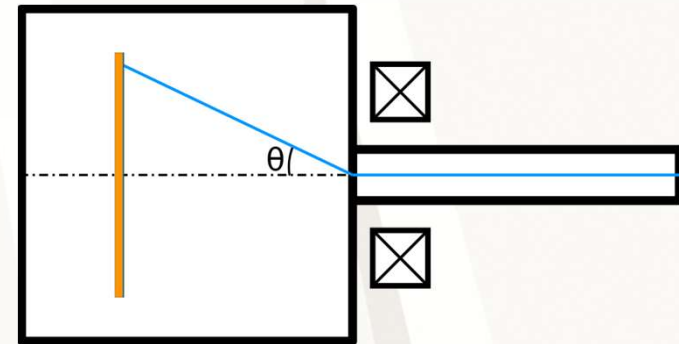


# Généralités

## Caractéristiques

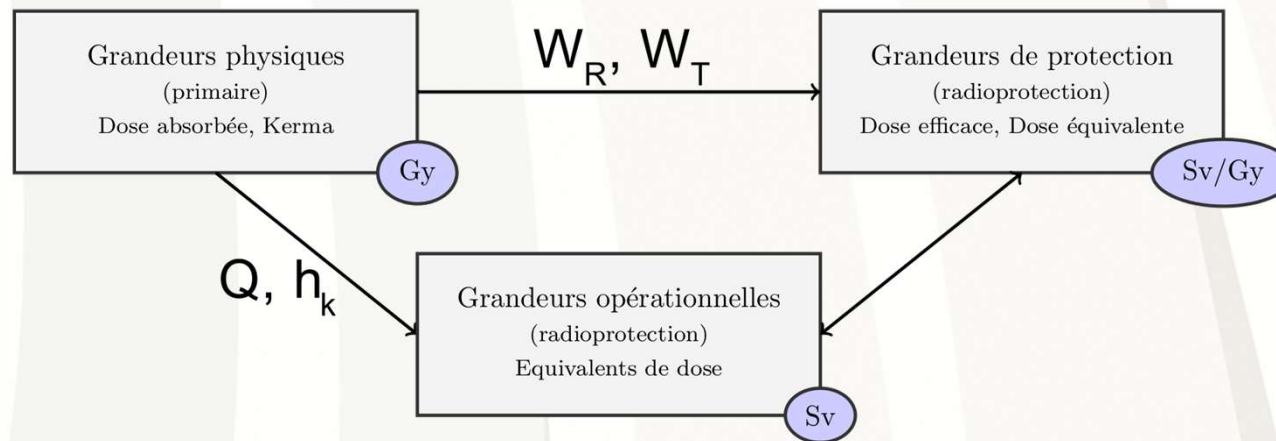


- **FELIX : Faisceau d'Electrons et Ligne d'Irradiation X**
  - Balayage angulaire
    - Homogénéisation du champ
    - Vertical: 1 kHz – 4 cm – automatique
    - Horizontal : 25 Hz – 20 cm – paramétrable
  - Uniformité : 99,8 %  $\rightarrow \pm 15^\circ$



# Contrôle de la mesure

## Calibration absolue de la source



- **Mesure absolue d'une grandeur physique**
  - Kerma dans l'air  $\rightarrow K_{air}$
  - Passage de  $K_{air}$  vers  $H^{[1]}$   $\rightarrow h_k = \frac{H/\Phi}{K_{air}/\Phi}$
  - Comparaison à un étalon primaire

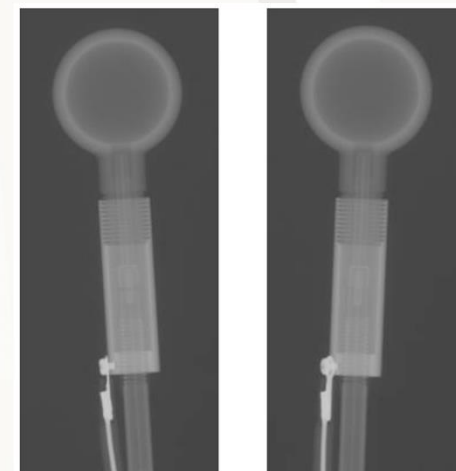
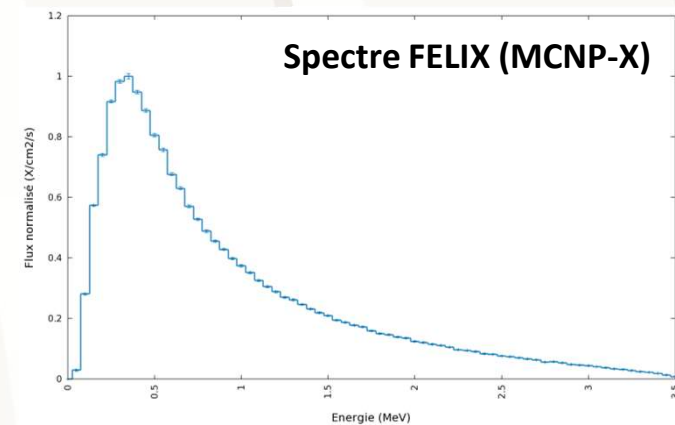
[1] Table A.21, CIPR 74

# Contrôle de la mesure

## Calibration absolue de la source



- **Collaboration CEA/LNE/LNHB**
- **Mesure spectrométrique de la source**
  - Valider les simulations
  - Détermination des coefficients  $h_K$
- **Mesure du kerma**
  - Deux chambres d'ionisation identiques
  - Une chambre primaire
    - Source  $^{137}\text{Cs}$  de référence
    - Source FELIX
    - Valeur de référence
  - Une chambre de travail
    - Vérification de la stabilité



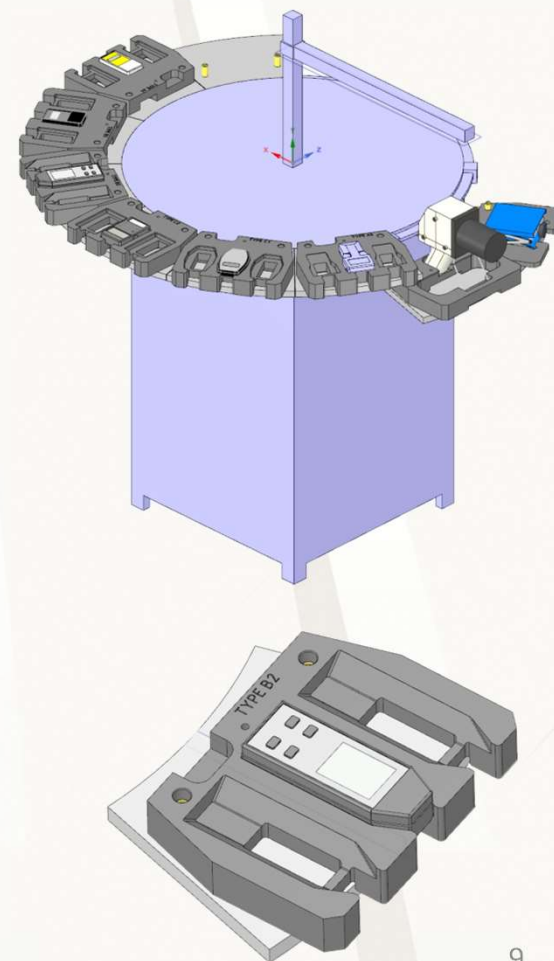


# Contrôle de la mesure

## Sources d'incertitude



- **Source d'électrons**
  - Tension : stabilité  $\sim 0,1\%$ , précision  $< 1\%$
  - Intensité : stabilité  $\sim 1\%$ , précision  $\sim 1\%$
- **Passeur d'échantillons**
  - 12 gabarits, 36 appareils max.
  - Incertitude :  $\pm 1\text{ mm}$  à  $3\text{ m}$
- **Mesure en continu du DED**
  - Chambres PTW de référence
  - Comparaison avec la valeur attendue
  - Vérification de l'uniformisation
- **Incertitude totale  $< 5\%$**

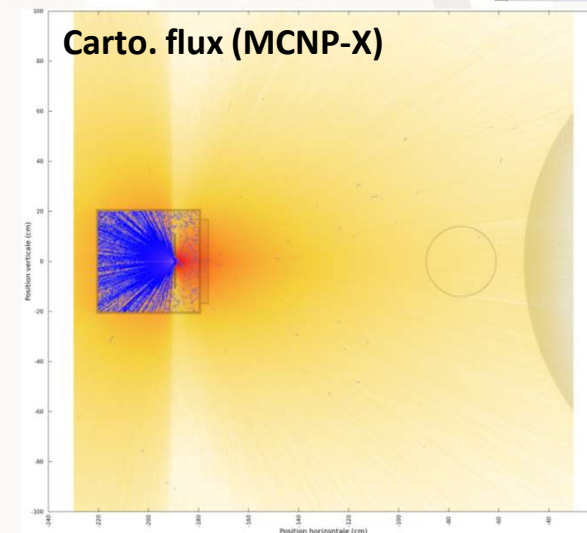
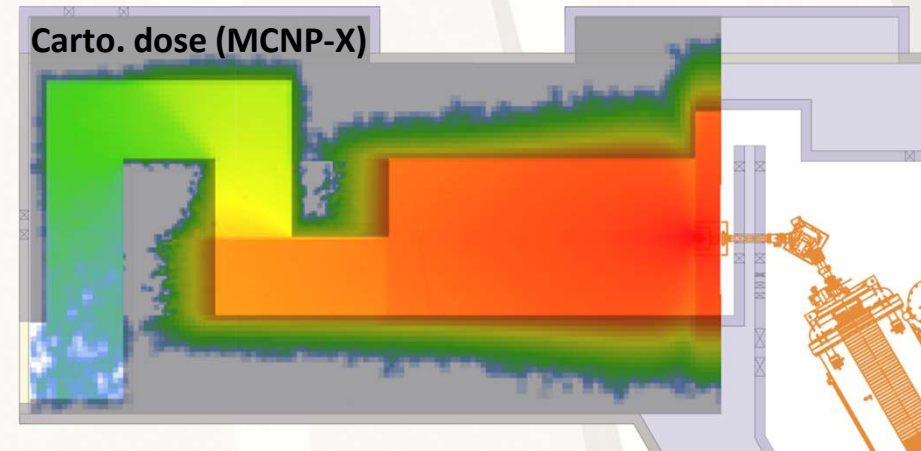


# Modélisations

## Estimation des grandeurs



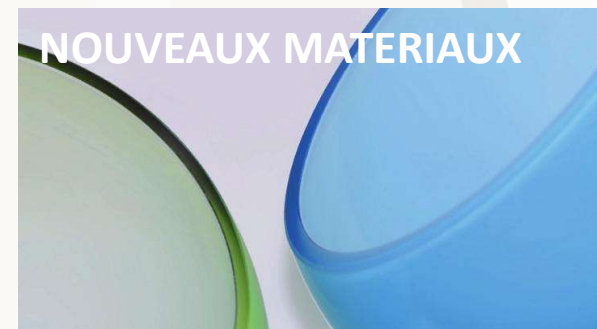
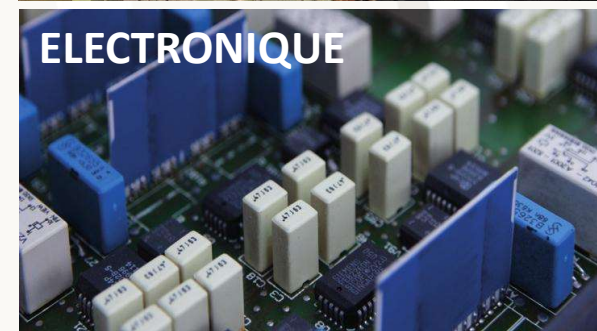
- **Moyens de modélisation**
  - MCNP-X
  - Bayeux/GEANT4
- **Estimation de grandeurs**
  - Fluence, flux énergétique
  - Débit d'équivalent de dose
  - Cartographies
  - Spectre
- **Applications**
  - Estimation du kerma
  - Protections biologiques
  - Dimensionnement de détecteurs



# Conclusion



- **Nouvelle méthode de vérification de l'étalonnage**
  - Fiabilité métrologique
  - Sûreté accrue
  - Maintenance des appareils sur site
- **Collaborations scientifiques**
  - CEA/LNE/LNHB
  - CNRS/LPC Caen
- **Qualité métrologique des mesures**
  - Normes ISO 4037
  - Accréditation COFRAC - ISO 17025





14 Allée des Vindits  
Parc d'Activités des Fourches  
50130 Cherbourg-en-Cotentin

Tél : 02 33 01 52 62  
[contact@atron.fr](mailto:contact@atron.fr)

