



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

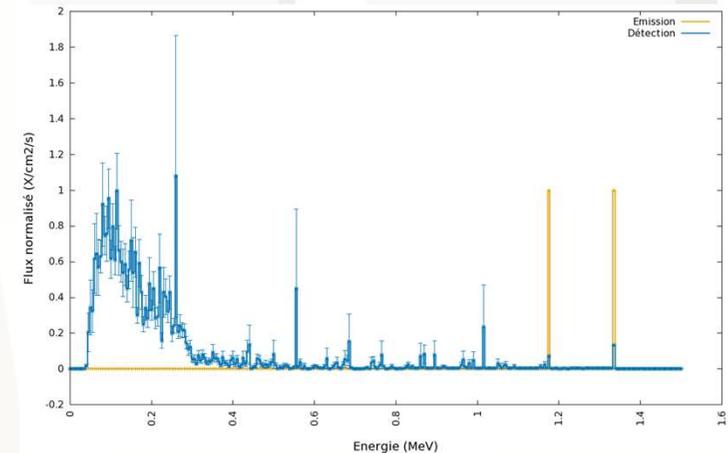


Généralités

Méthode habituelle



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

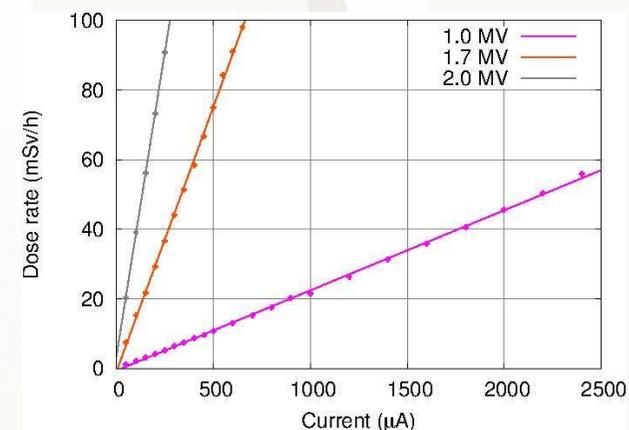
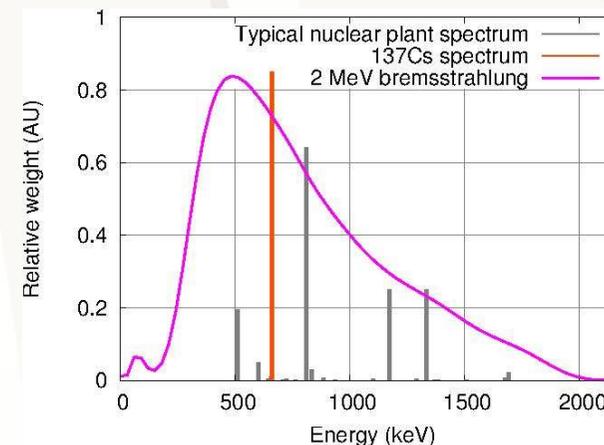


Généralités

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 μ Sv/h – 500 Sv/h
 - Productivité élevée

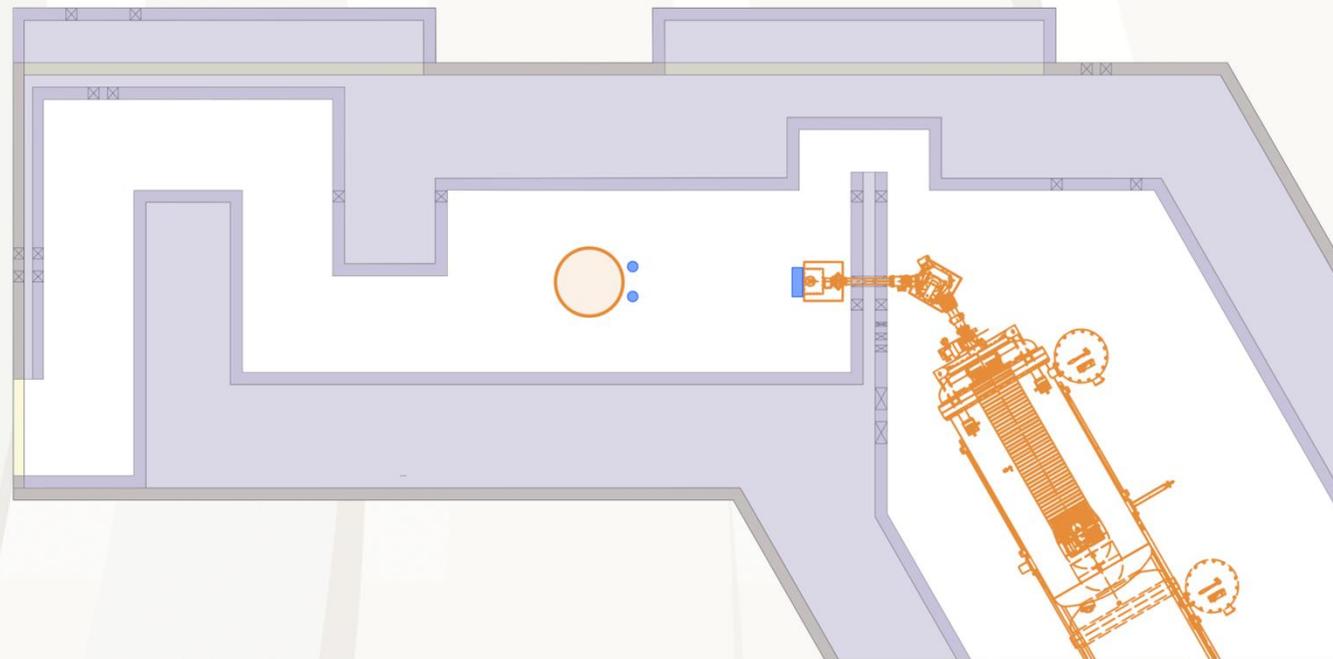
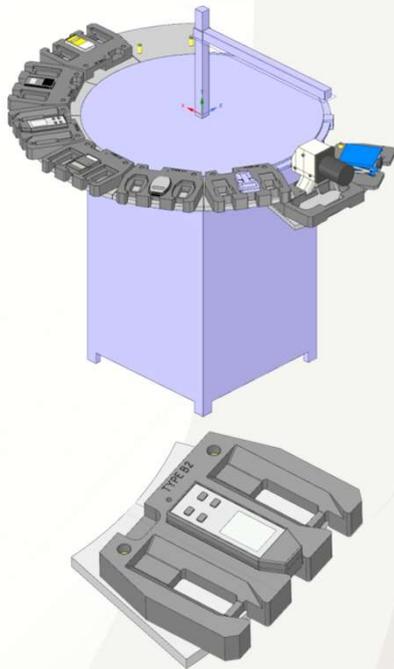


Généralités

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

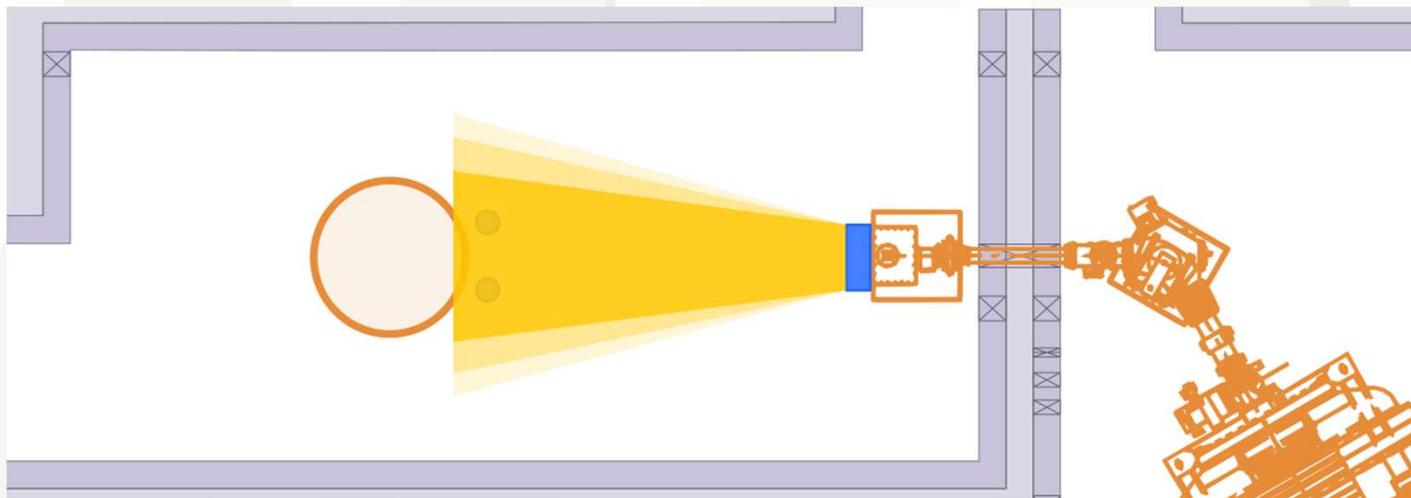
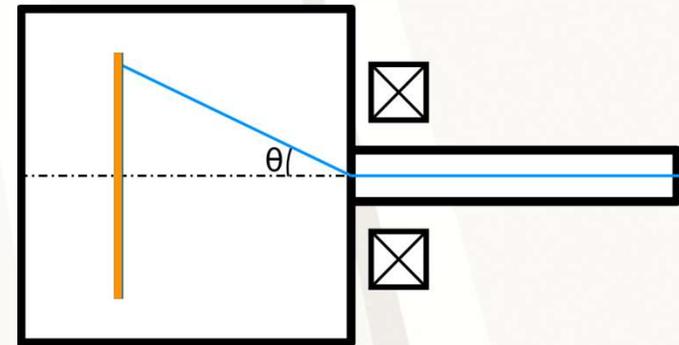


Généralités

Caractéristiques

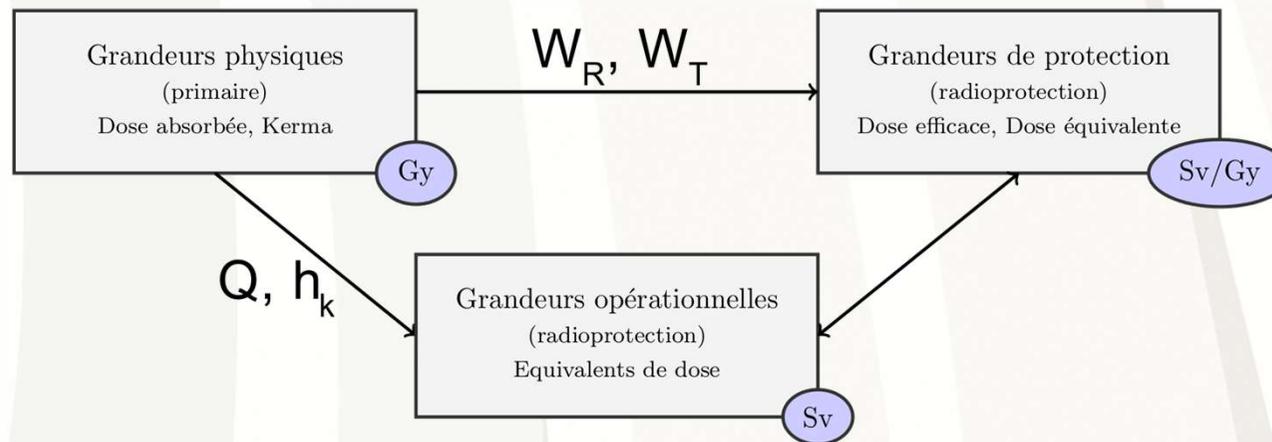


- **FELIX : Faisceau d'Electrons et Ligne d'Irradiation X**
 - Balayage angulaire
 - Homogénéisation du champ
 - Vertical: 1 kHz – 4 cm – automatique
 - Horizontal : 25 Hz – 20 cm – paramétrable
 - Uniformité : 99,8 % $\rightarrow \pm 15^\circ$



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

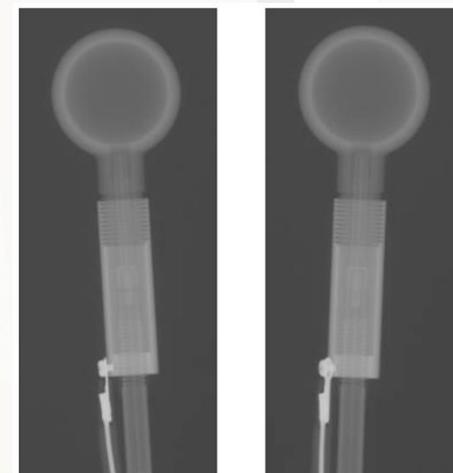
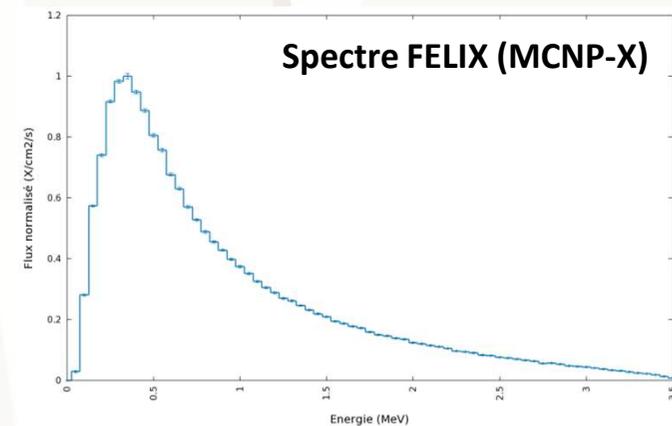
[1] Table A.21, CIPR 74

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}Cs de référence
 - Source FELIX
 - Valeur de référence
 - Une chambre de travail
 - Vérification de la stabilité

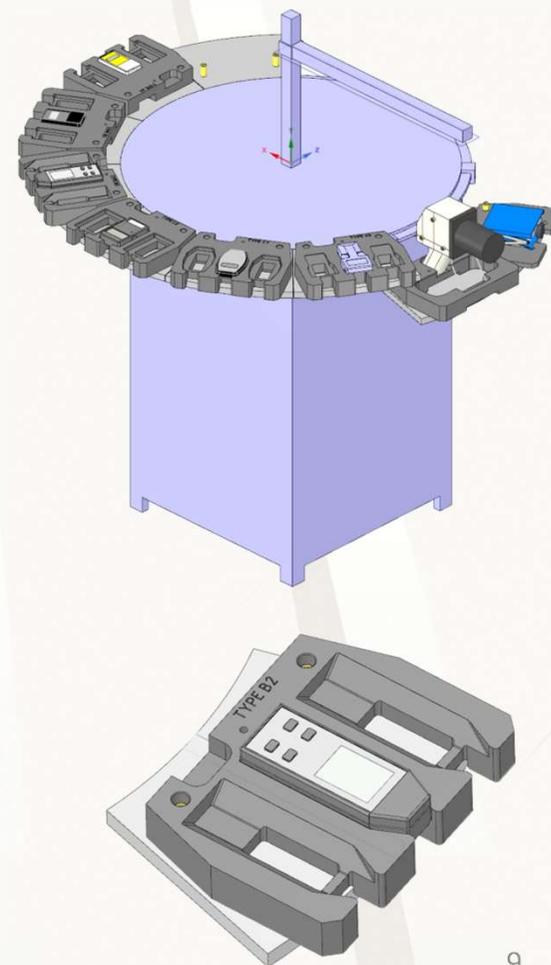


Contrôle de la mesure

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 m
- **Mesure en continu du DED**
 - Chambres PTW de référence
 - Comparaison avec la valeur attendue
 - Vérification de l'uniformisation
- **Incertitude totale $< 5\%$**

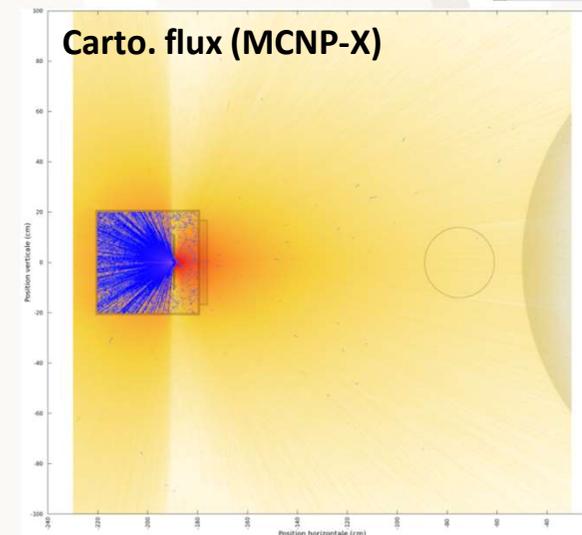
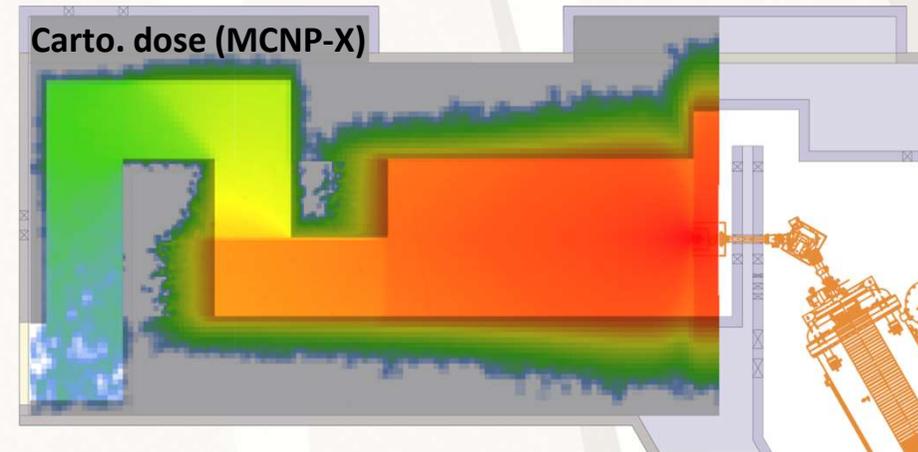


Modélisations

Estimation des grandeurs



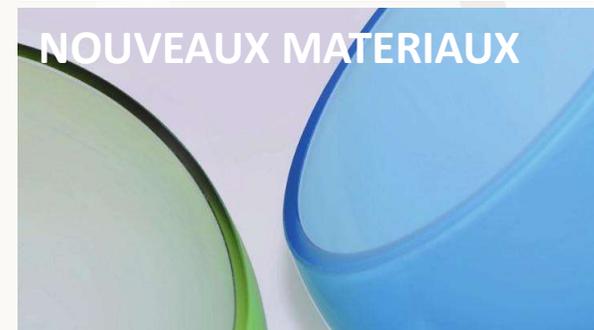
- **Moyens de modélisation**
 - MCNP-X
 - Bayeux/GEANT4
- **Estimation de grandeurs**
 - Fluence, flux énergétique
 - Débit d'équivalent de dose
 - Cartographies
 - Spectre
- **Applications**
 - Estimation du kerma
 - Protections biologiques
 - Dimensionnement de détecteurs



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

