

**Etalonnage de dosimètres opérationnels
sans source radioactive**

Gabriel Dupont – gdupont@atron.fr

DANS CETTE PRÉSENTATION

1. ATRON Metrology
2. Du kerma dans l'air à l'équivalent de dose personnel
3. Premiers résultats de mesure



1

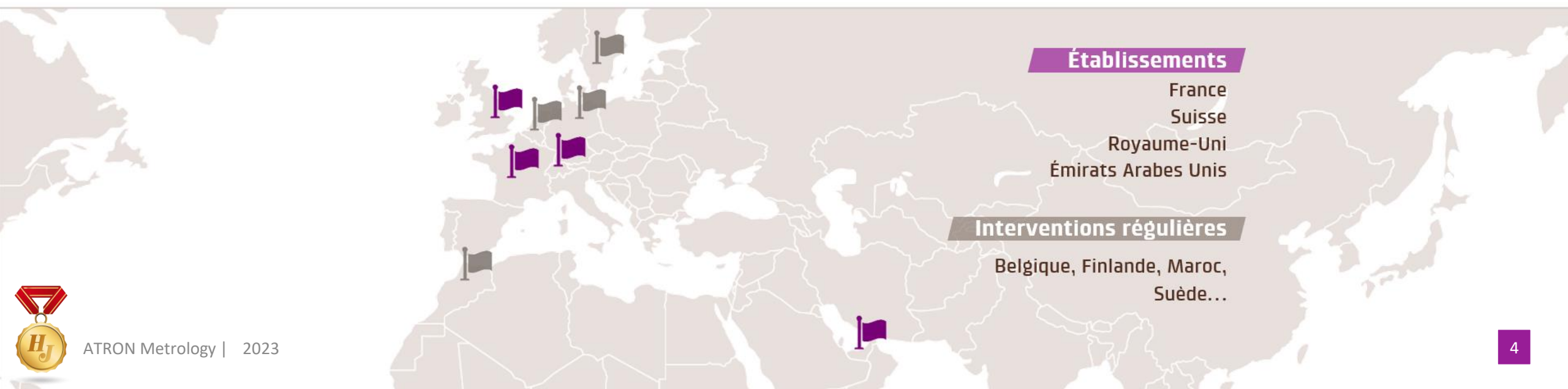
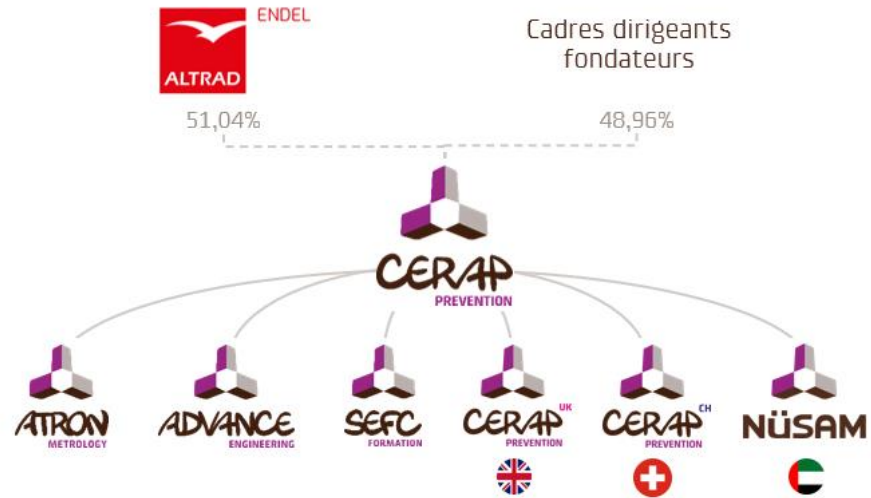
ATRON Metrology



1 – ATRON Metrology

Plateforme technologique du groupe CERAP Prévention

CERAP Prévention est filiale à 51% d'ALTRAD ENDEL, leader français des services nucléaires et de la maintenance industrielle.



1 – ATRON Metrology

Plateforme technologique du groupe CERAP Prévention

- **Plateforme technologique**

- Laboratoire d'Essais, de Mesure et d'Analyse
- Accélérateur électrostatique d'électrons (FELIX) :
 - De 200 à 3500 keV
 - Rayonnements X de freinage : du $\mu\text{Gy/h}$ au kGy/h

- **Applications de FELIX**

- Traitement et Qualification de Matière
- Etalonnage d'instruments de mesure des rayonnements ionisants :
 - Grandeurs : kerma dans l'air K_a , équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ & débits
 - Trois qualités de faisceau : [0 ; 1250 keV], [0 ; 2000 keV] & [0 ; 3000 keV]
 - Accréditation COFRAC n°2-6778



1 – ATRON Metrology

S'affranchir des sources radioactives

- **Méthode habituelle**

- Sources radioactives
 - ⇒ ^{137}Cs
- Comparaison de la mesure « M » avec la référence « R » sur l'étendue de la gamme de mesure en débit de « dose »
- Critère de conformité :
 - ⇒ $-EMT \leq 100 \times (M-R) / R \leq +EMT$
- Ecart Maximal Toléré (EMT)
 - ⇒ Par défaut 20%

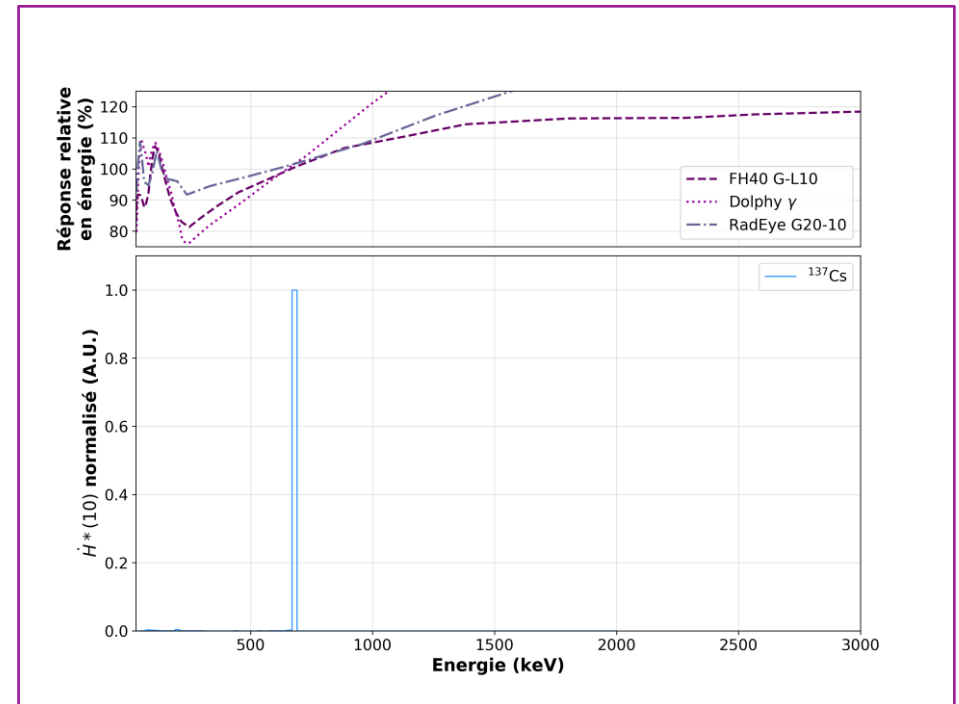


1 – ATRON Metrology

S'affranchir des sources radioactives

- **Contraintes**

- Forte activité
 - ⇒ Risque d'exposition accidentelle
- Décroissance radioactive
 - ⇒ Renouvellement des sources
- Fluence « constante »
 - ⇒ Déplacement des instruments
- Distribution énergétique discrète
 - ⇒ Non-représentativité du spectre
 - ⇒ **Risque de faux positifs**

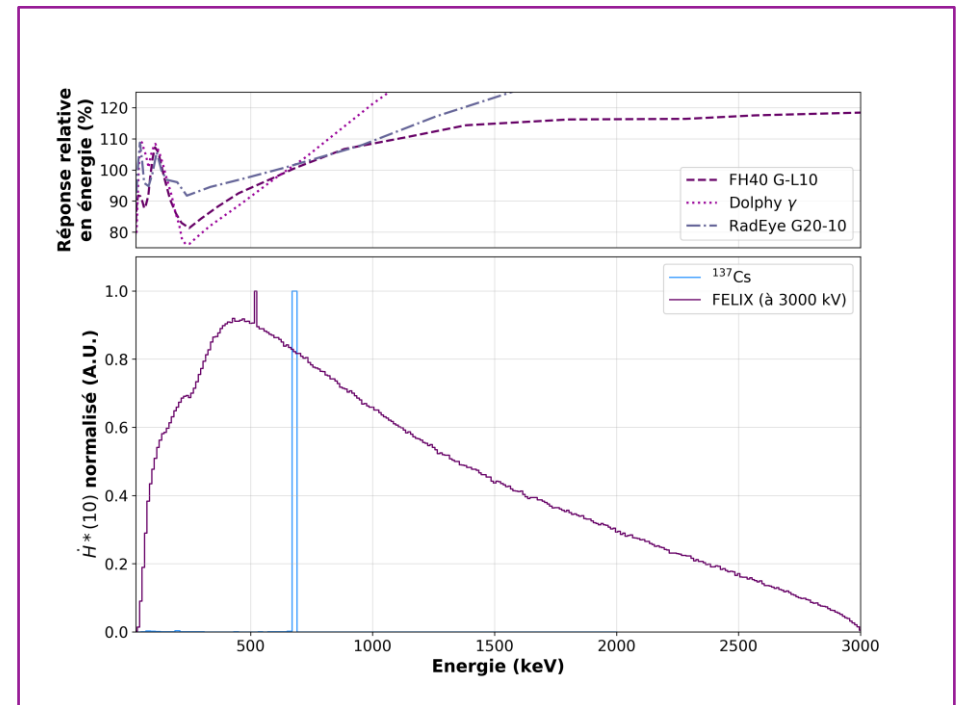


1 – ATRON Metrology

S'affranchir des sources radioactives

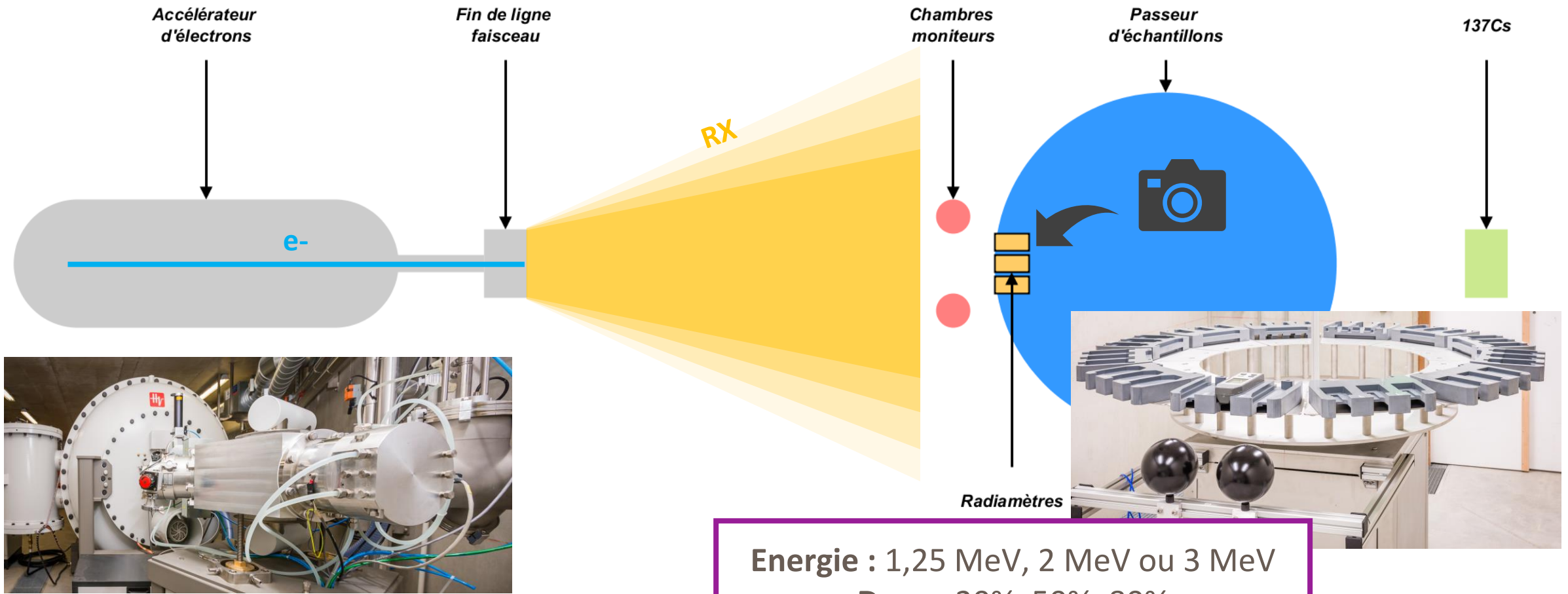
- **Méthode développée**
 - Accélérateur d'électrons
 - ⇒ Rayons X de freinage (~MeV)
 - Distribution énergétique continue
 - Pas de source radioactive

- **Avantages**
 - Champ d'irradiation réaliste & adapté
 - Débit de « dose » ajustable
 - Automatisation ⇒ Fiabilisation
 - Réduction des risques



1 – ATRON Metrology

S'affranchir des sources radioactives



Energie : 1,25 MeV, 2 MeV ou 3 MeV

Dose : 20%, 50%, 80%

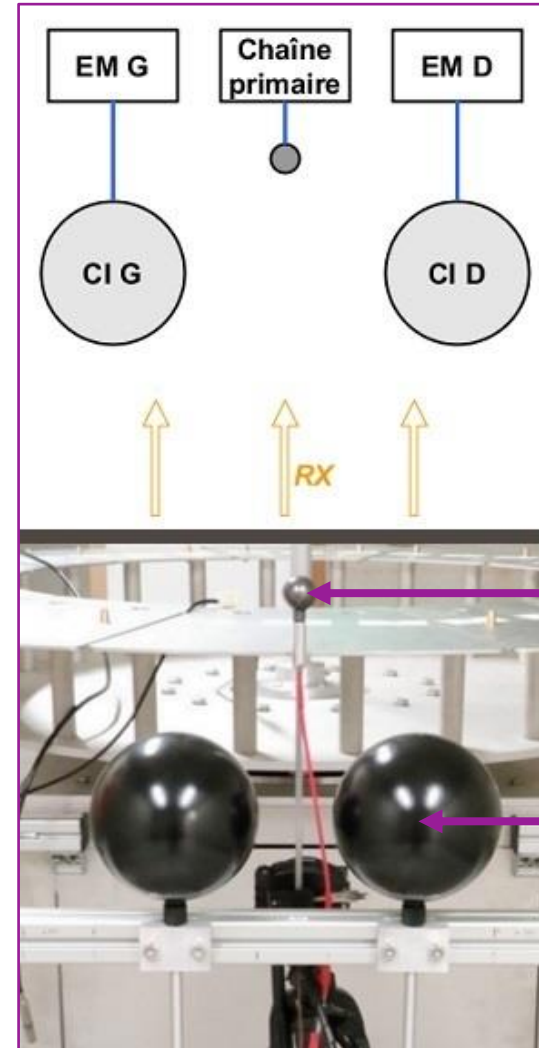
1 – ATRON Metrology

S'affranchir des sources radioactives

- **Caractéristiques**

- Référence : moyenne de deux moniteurs
- Traçabilité au système international
 - ⇒ K_a , $H^*(10)$ & débits associés
- Méthode
 - ⇒ Kerma dans l'air
 - ⇒ Distributions spectrales
 - ⇒ Equivalent de dose ambient

- **Collaboration avec le CEA/DRT/LIST/DM2I/LNHB**



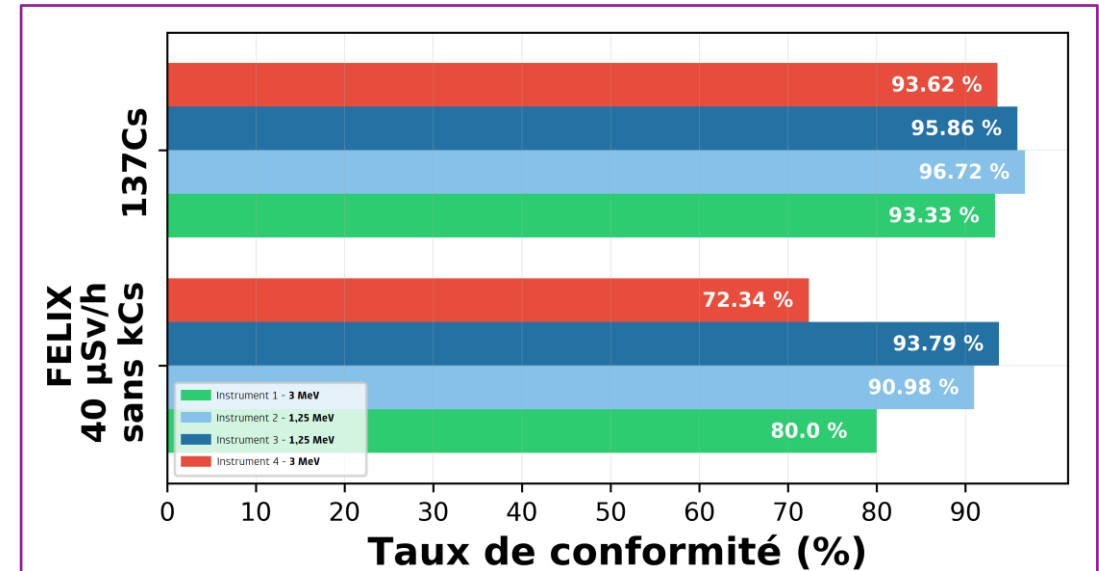
Laboratoire National
LNHB
Henri Becquerel

$$u_{H^*(10)} = 4,4\% \quad (k = 2)$$

1 – ATRON Metrology

Retour d'expérience

- De janvier 2019 à décembre 2022
- ~5500 instruments traités
 - ~4000 radiamètres
 - ~600 sondes haut-flux
 - ~750 balises
 - ~150 ictomètres
- Taux de défaillance lié à l'hétérogénéité de réponse en énergie : 4,2%
 - Optimisation de la radioprotection

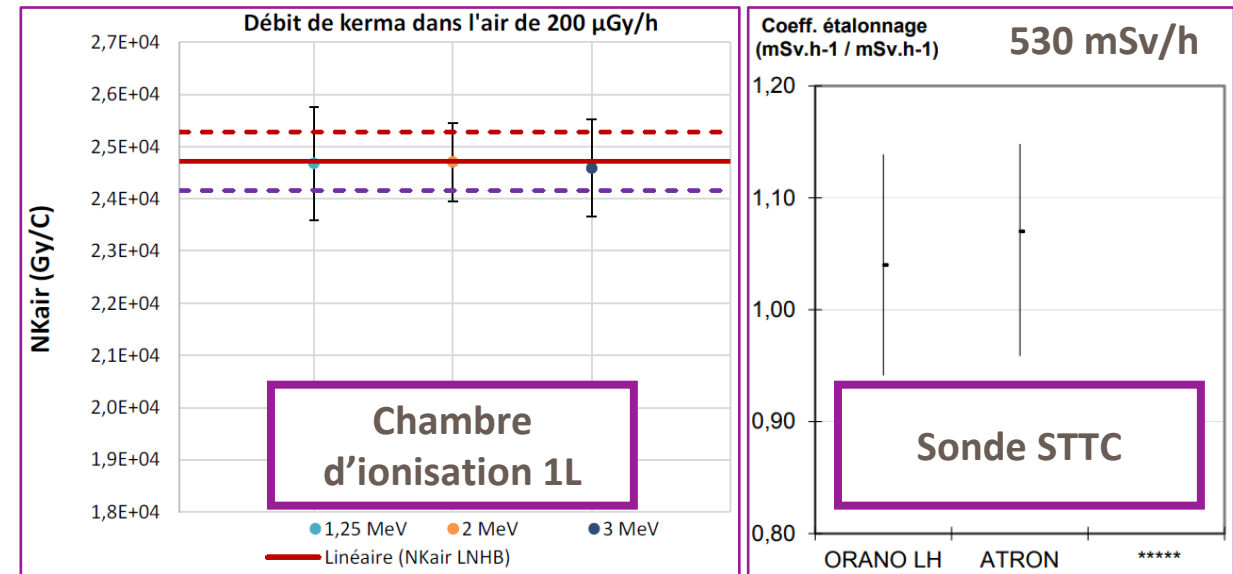


Particulièrement
R(E) > 2 MeV

1 – ATRON Metrology

Retour d'expérience

- **EIL en K_a & $H^*(10)$**
 - LNHB (2019)
 - ⇒ Trois qualités de faisceau
 - ⇒ Quatre débits de « dose »
 - ⇒ Résultats compatibles
 - ORANO (2022)
 - ⇒ Une qualité de faisceau
 - ⇒ Sept débits de « dose »
 - ⇒ Résultats compatibles



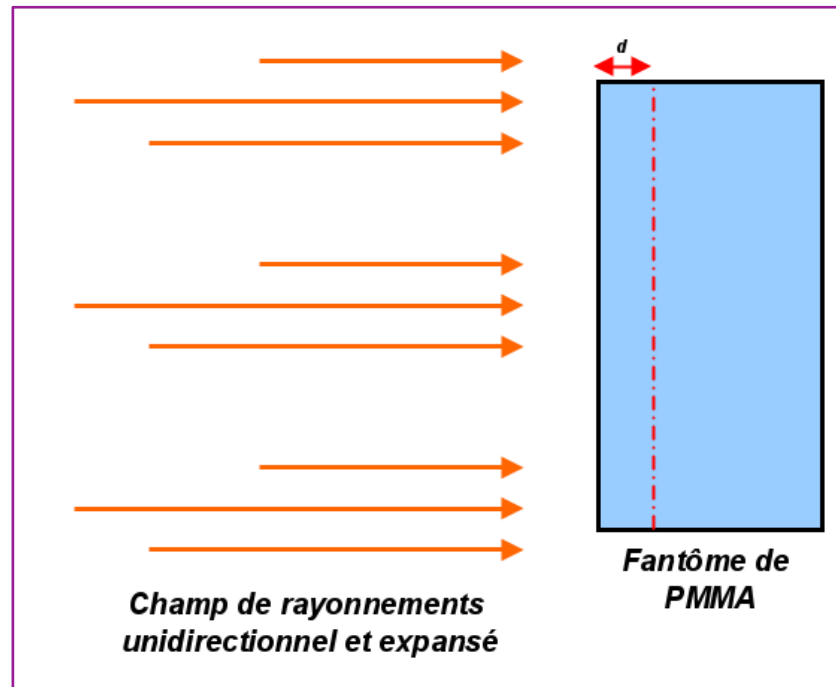
2

**Du kerma dans l'air à
l'équivalent de dose personnel**



2 – Du kerma dans l'air à l'équivalent de dose personnel

L'équivalent de dose personnel $H_p(10)$



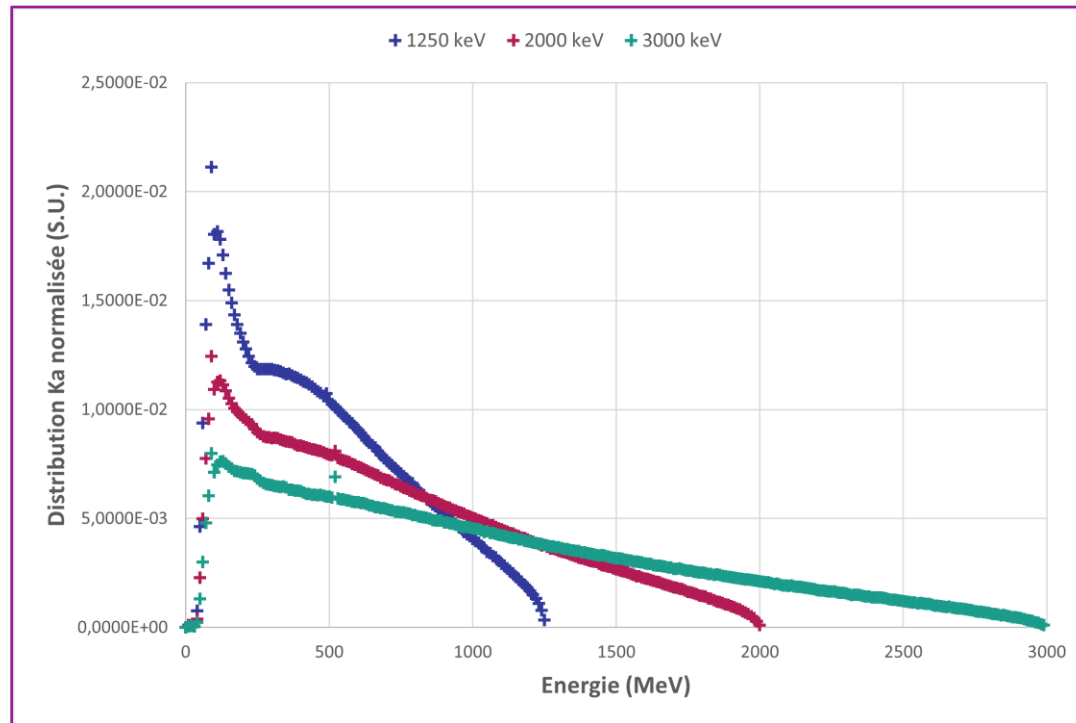
- **$H_p(d, \alpha)$**
 - Fantôme parallélépipédique
 - Profondeur d
 - Incidence α

- **$H_p(10)$**
 - Rayonnements pénétrants \Rightarrow estimateur de E

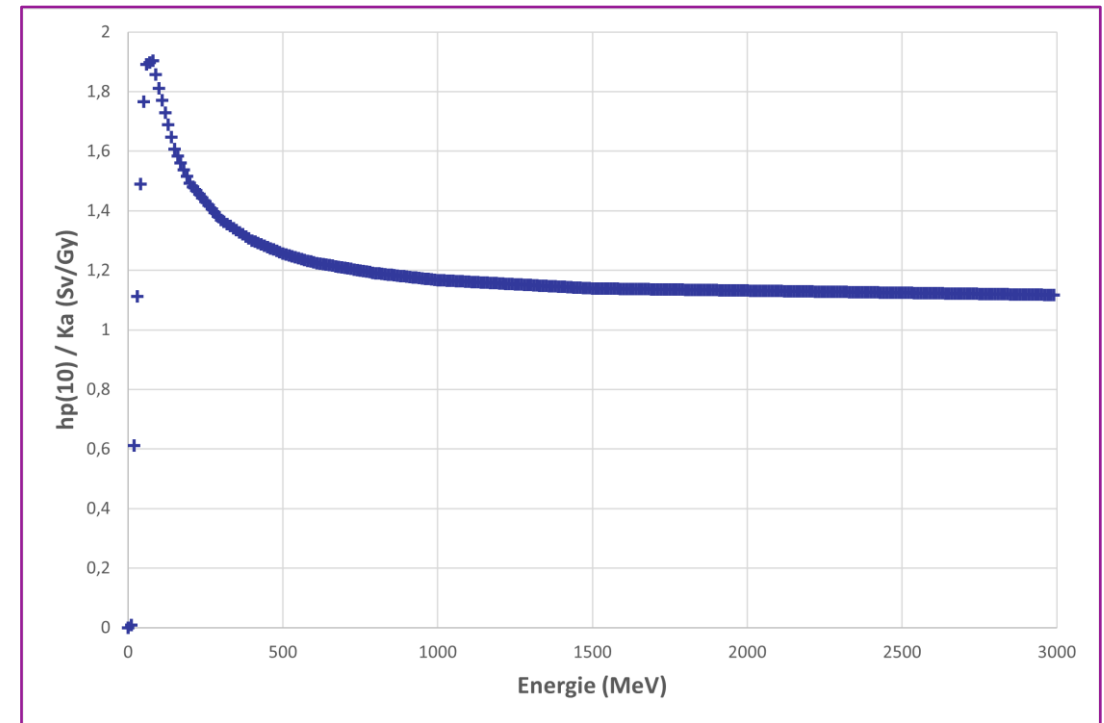
2 – Du kerma dans l'air à l'équivalent de dose personnel

Méthode

Distributions évaluées par MCNP-X et validées par des mesures in-situ (LNHB)

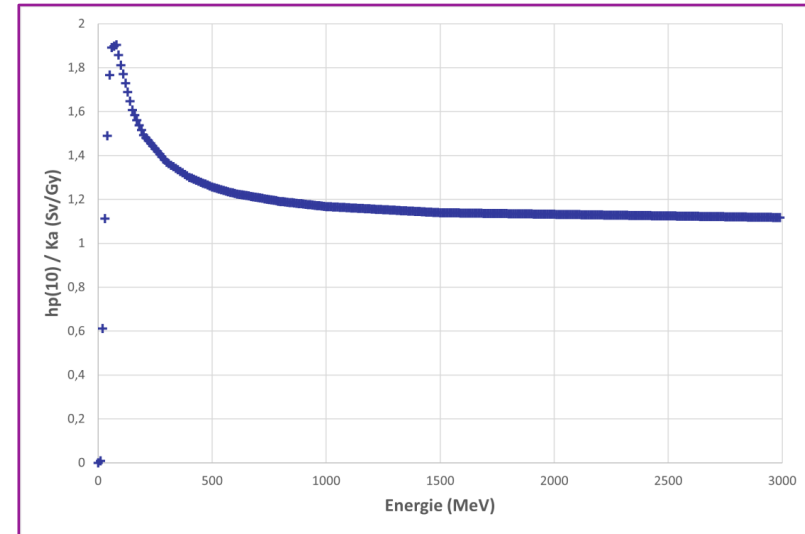
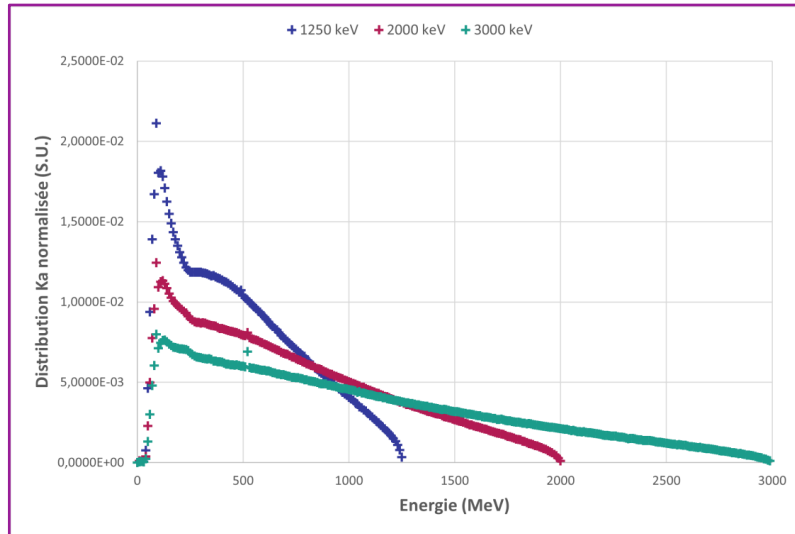


Distribution tabulée par l'ICRU 57 et extrapolation pour les points intermédiaires



2 – Du kerma dans l'air à l'équivalent de dose personnel

Méthode



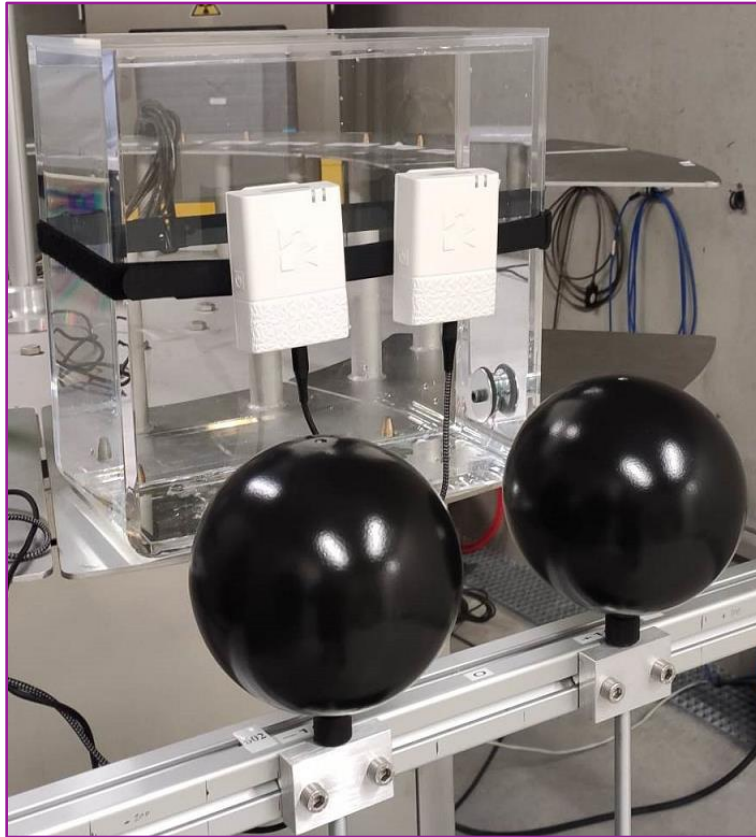
$h_p(10)$ (Sv/Gy)		
1250 kV	2000 kV	3000 kV
1,372	1,301	1,254
$h^*(10)$ (Sv/Gy)		
1,325	1,268	1,229

3

Premiers résultats de mesure



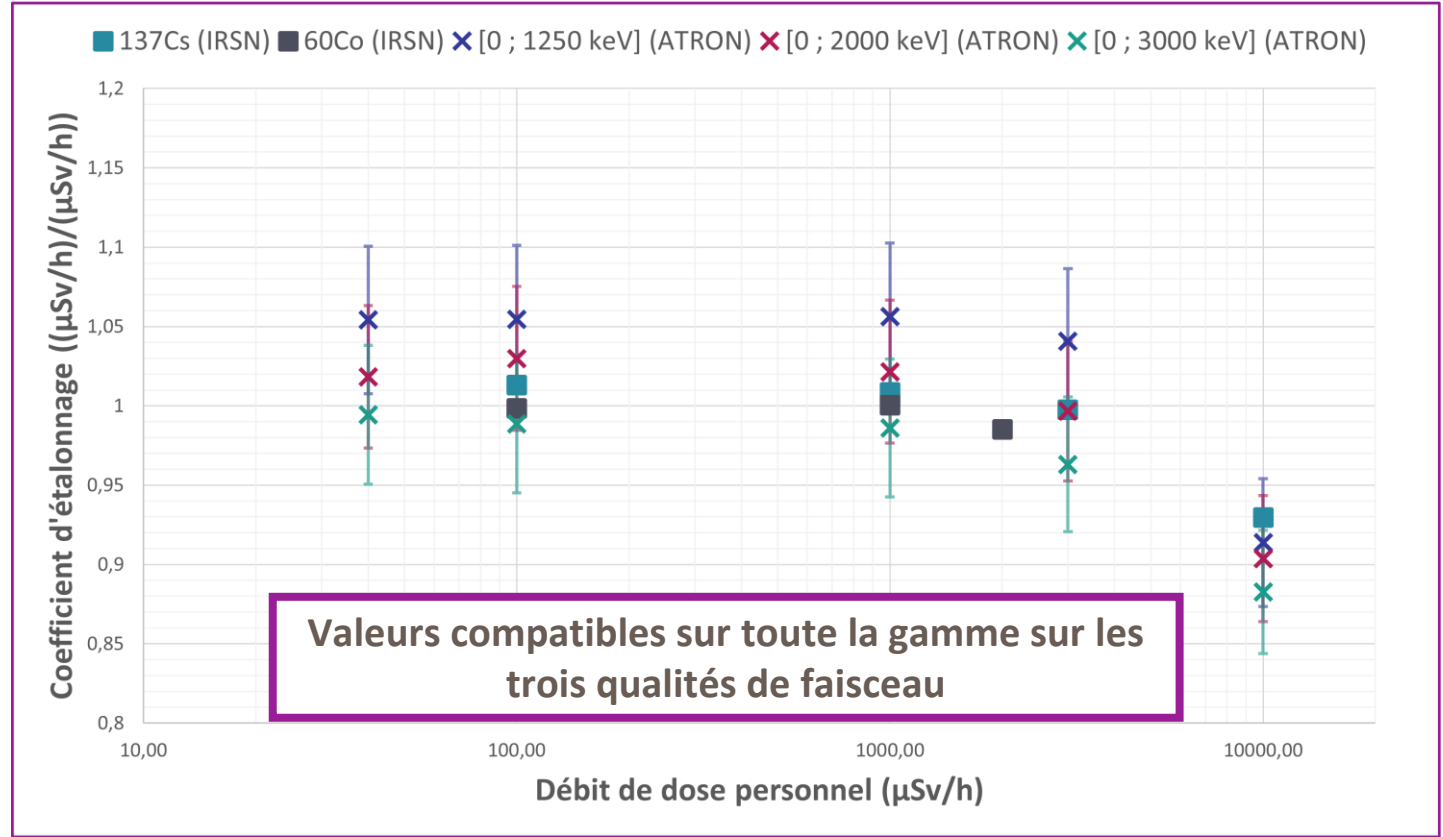
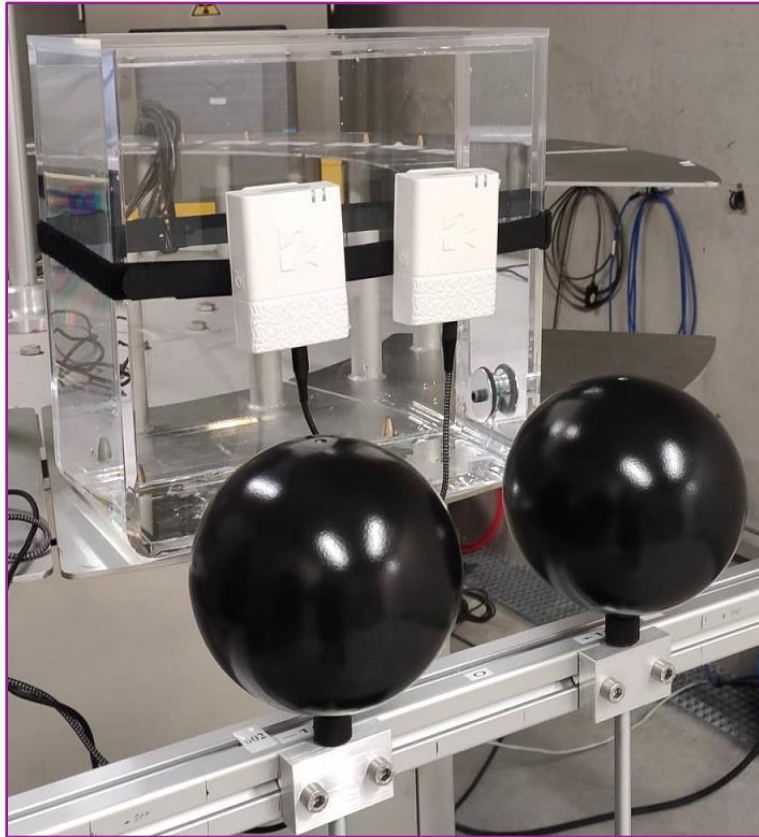
3 – Premiers résultats de mesure



- **Dosimètres opérationnels RiumOp (ICOHUP)**
 - Mesure directe de $H_p(10)$, rayonnements X/γ
 - Scintillateur plastique
 - De 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ à 10 mSv/h
 - De 25 keV à 2 MeV

- **Étalonnages en $H_p(10)$ effectués en avril 2023**
 - Trois qualités de faisceau
 - Comparaison avec étalonnage ^{137}Cs & ^{60}Co (IRSN)

3 – Premiers résultats de mesure



Conclusions



Conclusions

- **Elargissement des capacités du LMRP à la mesure de $H_p(10)$**
 - Preuve de principe validée sur un modèle de dosimètre opérationnel
 - Réduction de l'utilisation des sources radioactives
- **Perspectives**
 - Affiner le calcul des incertitudes
 - Améliorer l'industrialisation du procédé
 - Effectuer une comparaison inter-laboratoire
 - Etendre le périmètre d'accréditation COFRAC



Merci.

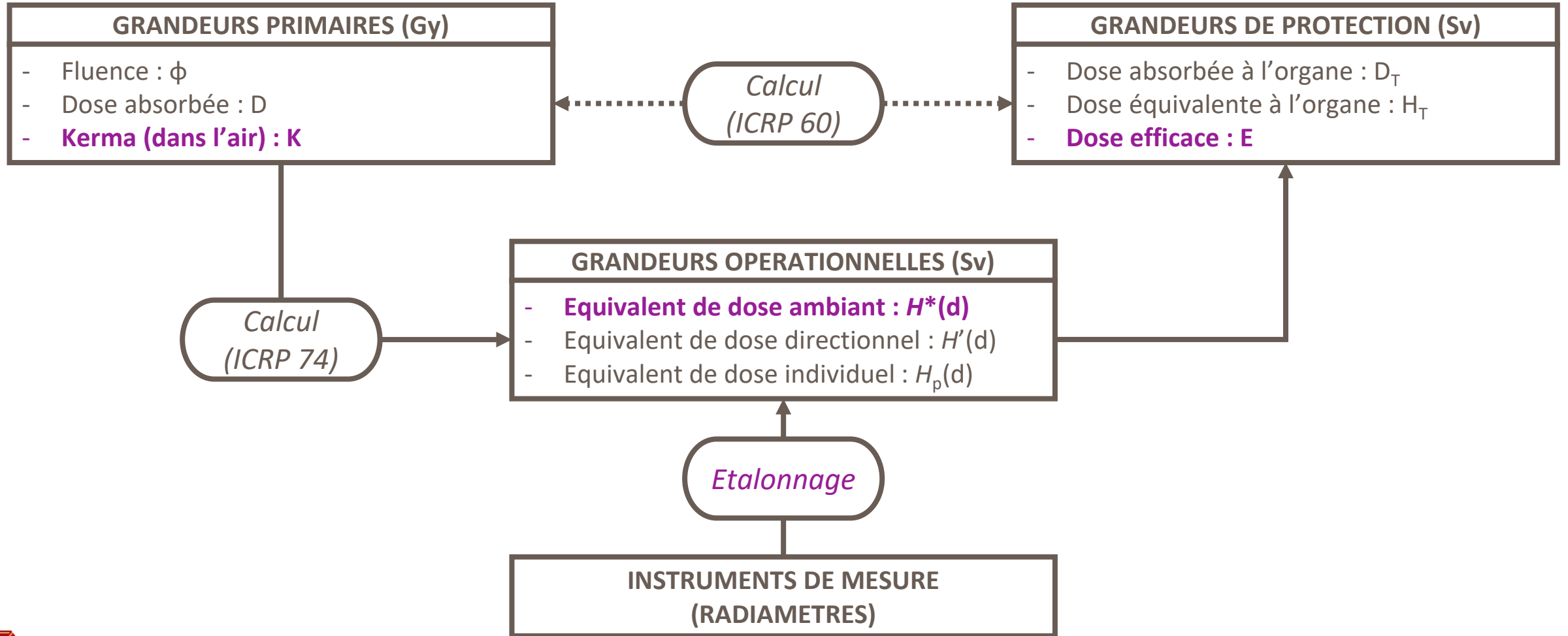
Retrouvez-nous sur
www.cerap.group

Gabriel DUPONT
02 33 78 07 80
gdupont@atron.fr



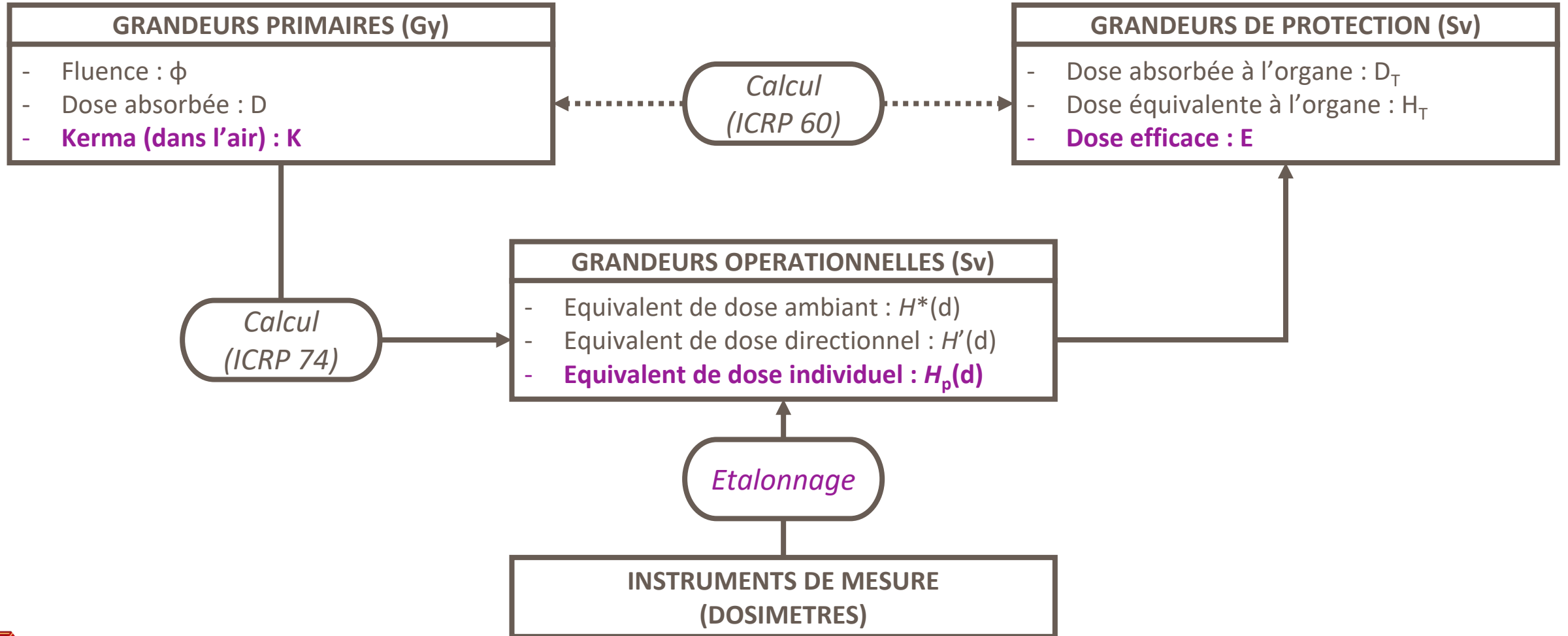
Annexe

Kerma dans l'air, équivalent de dose ambient & dose efficace



Annexe

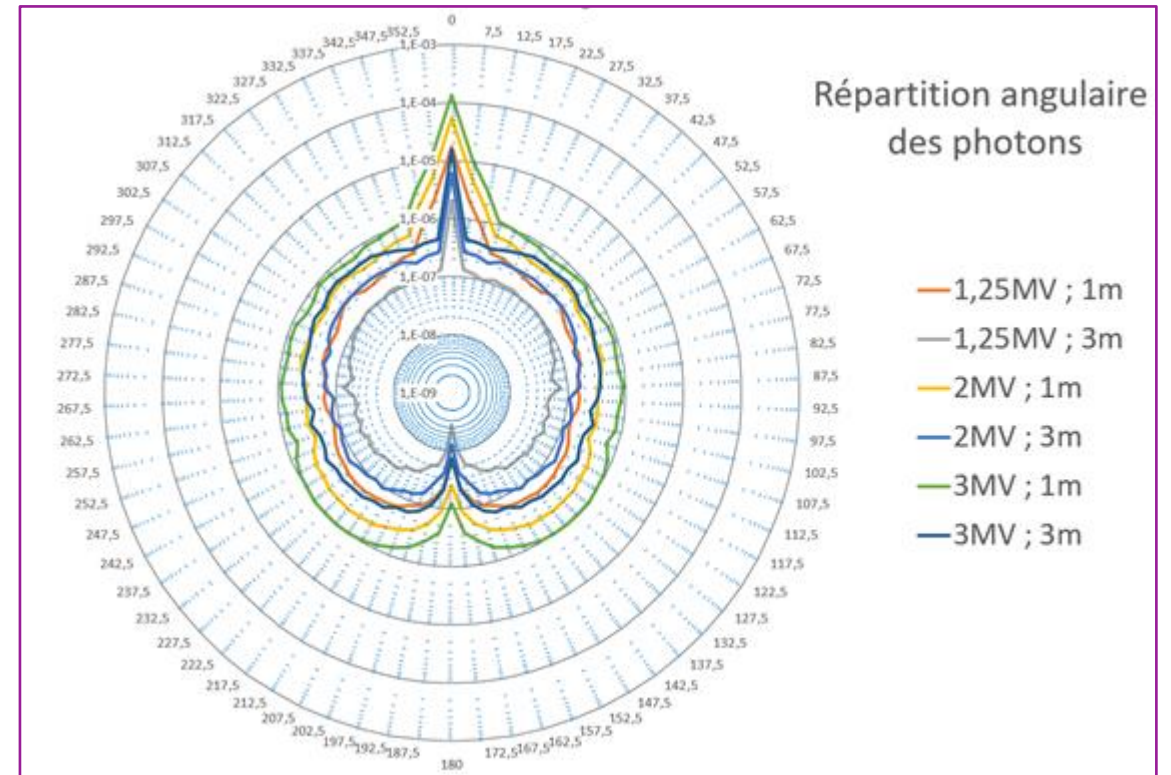
Kerma dans l'air, équivalent de dose individuel & dose efficace



Annexe

Distributions angulaires

- **Distributions angulaires**
 - Evaluation MCNP-X
 - Deux décades entre le rayonnement incident et le rayonnement diffusé
 ⇒ rayonnement diffusé négligé pour la suite des calculs



Annexe

$H_p(10)$ et $H^*(10)$

