

# Vérification de l'étalonnage de radiamètres au moyen d'un accélérateur d'électrons

Arnaud Chapon<sup>1</sup> / Jean-Marc Bordy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CERAP / <sup>1</sup>LPC Caen, ENSICAEN, Université de Caen, CNRS/IN2P3, Caen, France

<sup>2</sup>CEA, LIST, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), CEA Saclay 91191 Gif sur Yvette Cedex, France

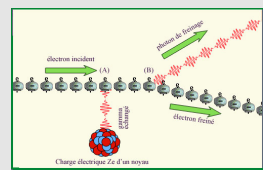
## Méthode conventionnelle de vérification de l'étalonnage

La vérification de l'étalonnage des radiamètres nécessite de tester une grande amplitude de mesures, allant de **débits d'équivalent de dose de quelques  $\mu\text{Sv/h}$  à l'ordre de  $100 \text{ Sv/h}$**  (dans les situations d'urgence). La méthode couramment utilisée pour cela consiste à exposer le radiamètre devant une source radioactive de  $^{137}\text{Cs}$  ou de  $^{60}\text{Co}$  de forte activité. Par la suite, les différents calibres de l'appareil sont vérifiés par déplacement du radiamètre, utilisant la **loi en inverse carré** qui relie l'équivalent de dose ambiant à la distance à la source.

Si cette méthode est conventionnellement admise, elle présente toutefois plusieurs inconvénients, tels que le recours à des **sources radioactives de très fortes activités** (plusieurs TBq) ou le fait que la vérification d'étalonnage est réalisée à partir d'une **raie mono-énergétique** plutôt que sur un spectre large, plus proche des conditions normales d'utilisation des radiamètres.



## Rayonnement de freinage



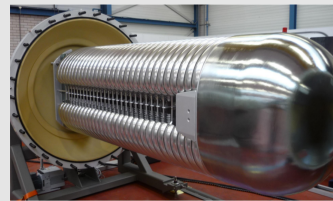
Le phénomène de rayonnement de freinage (*bremsstrahlung*) intervient sur des particules chargées interagissant avec un fort champ électrique ou magnétique. Celui-ci peut être naturel (le champ électrique d'un noyau) ou artificiel.

Les électrons, du fait de leur très faible masse, sont les premiers concernés par le phénomène. Sous l'effet de l'interaction, **l'électron émet un photon** qui emporte une partie de son énergie. L'électron est freiné et sa trajectoire modifiée, entraînant une déperdition d'énergie.

Dans l'hypothèse d'un champ électrique créé par des noyaux, on privilégiera un **élément de charge électrique Z et de densité élevées**, étant entendu que le freinage augmente comme le carré de la charge électrique des noyaux du milieu traversé.

## Moyen de production

Pour produire un rayonnement de freinage, il est bien sûr nécessaire, d'abord, d'accélérer les électrons...

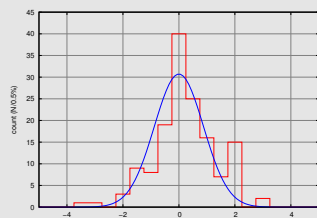
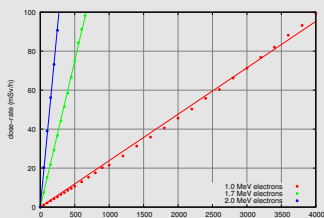


Pour ce faire, on a recours à un **accélérateur électrostatique**, capable de produire un faisceau d'électrons mono-énergétique variable de 100 keV à quelques MeV, en continu (mode DC), et dont la dynamique de courant va jusqu'à quelques dizaines de mA.

Le faisceau est ensuite guidé jusqu'à une **cible de conversion** où les électrons interagissent, produisant des X de freinage dont le nombre est proportionnel au courant du faisceau ; leur spectre énergétique est continu de 0 à l'énergie maximale des électrons incidents.

## Validation expérimentale

Des mesures préliminaires ont permis de montrer que le débit de dose mesuré à 1 m de la cible de conversion est bien **proportionnel au courant du faisceau**, dont la stabilité est par ailleurs mesurée à 1.2% à 2 $\sigma$ .



## Principe de la vérification de l'étalonnage

Nous proposons d'utiliser à la fois un **accélérateur d'électrons**, permettant de produire des électrons jusqu'à 2 MeV (l'énergie moyenne du spectre X serait alors voisine de 660 keV), et de manière complémentaire, une **source de  $^{137}\text{Cs}$** , d'activité de l'ordre du GBq ( $\equiv 10^9 \text{ Bq}$ ), c'est à dire inférieure au seuil d'exception du  $^{137}\text{Cs}$ . Une telle source engendre un débit de dose de l'ordre de  $100 \mu\text{Sv/h}$  à 1 m.

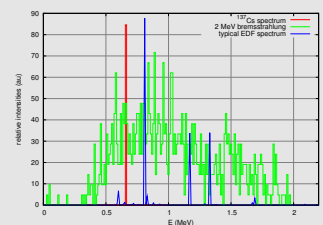
De la sorte, nous permettons un **recouvrement avec la méthode de mesure actuellement en vigueur** puisque nous déterminerons la réponse des radiamètres lorsqu'ils sont exposés à une source de  $^{137}\text{Cs}$ . Nous nous limiterons en revanche à la mesure d'un unique débit de dose, voisin de  $100 \mu\text{Sv/h}$ , et reportons l'incursion en débits de dose sur le rayonnement de freinage produit par l'accélérateur.

## Avantages de la vérification de l'étalonnage de radiamètres par cette méthode

Les avantages qu'offre cette méthode de vérification de l'étalonnage sont nombreux :

- ▶ le spectre de rayonnement de freinage, utilisé comme source de vérification de l'étalonnage de radiamètres, offre une **meilleure représentation des conditions de mesure normales** que peuvent rencontrer les exploitants,
- ▶ la réponse des radiamètres est mesurée sur l'ensemble de leur dynamique de débits de dose, sans les déplacer, conduisant à la fois à un gain de temps et une réduction du risque d'erreur du fait de la possibilité de définir des séquences d'irradiation,
- ▶ le champ de rayonnements délivré présente une surface suffisante pour y disposer simultanément plusieurs détecteurs selon les spécifications des normes ISO [1, 2] relatives à l'étalonnage des dosimètres pour les photons et ainsi **prévenir toute dérive du dispositif**,
- ▶ enfin, le **recours considérablement limité à des sources radioactives** réduit les surcoûts d'exploitation et risques sanitaires en fin d'opération.

Par ailleurs, la démonstration de la traçabilité des étalonnages/vérifications à aux références nationales en termes de kerma dans l'air et d'équivalent de dose ont déjà été démontrés au CEA LIST LNHB sur un accélérateur linéaire médical [3].



## Références

- [1] International Standard ISO 4037-1 : 1996, ISO 4037-2 : 1997, ISO 4037-3 : 1999,
- [2] International Standard ISO 29661 : 2012,
- [3] D. Dusiac, M. Boudiba, J.-M. Bordy, J. Daures, "Etude pour l'établissement d'une référence de faisceaux photoniques de haute énergie pour la radioprotection", SFRP 2013, Bordeaux.

