

LABORATOIRE DE MÉTROLOGIE DE LA DOSE : LES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SOUS CONTRÔLE

SPÉCIALISTES EN DOSIMÉTRIE, LES CHERCHEURS DU LNE-LNHB DÉVELOPPENT SANS CESSER UNE INFRASTRUCTURE MÉTROLOGIQUE DONT LES APPLICATIONS VONT DE LA RADIOPROTECTION À LA MÉDECINE EN PASSANT PAR LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT.



PERSONNEL IMPLIQUÉ AU LNHB-MD POUR LES PROJETS DE MAMMOGRAPHIE, DE FLASH THÉRAPIE DE RADIOPROTECTION ET DE RECHERCHE D'ÉLÉMENT CHIMIQUE DANS LES COLIS.

Un cliché de votre mâchoire chez le dentiste, une radiothérapie pour le traitement d'un cancer ou la surveillance radiologique de l'environnement, ces activités résument la façon dont les rayonnements ionisants sont présents dans notre quotidien. Afin de respecter la législation et d'en tirer le meilleur profit pour des applications médicales, il est nécessaire de mesurer la «dose» due à ces rayonnements (rayons X, gamma, bêta ou neutrons) et d'assurer la traçabilité au SI de cette mesure. Le domaine de métrologie associé à ces mesures est appelé dosimétrie des rayonnements ionisants. Au sein du RNMF, la mission nationale de métrologie pour les références de dosimétrie revient au laboratoire de Métrologie de la Dose (MD) du LNE-LNHB, l'une des deux entités du Laboratoire National Henri Becquerel. Unité de l'institut List du CEA à Saclay, le LNE-LNHB est l'un des laboratoires nationaux de métrologie fédérés par le LNE. Composé d'une vingtaine de personnes, le laboratoire MD met en place les références nationales de mesure et assure leur dissémination pour la radiothérapie, le radiodiagnostic, la radioprotection et l'irradiation industrielle.

Les unités du SI relatives à la dosimétrie sont le gray (Gy) et le sievert (Sv). La première exprime l'énergie absorbée par unité de masse et la seconde pondère la première en fonction des effets biologiques. «Ce ne sont pas des unités de base du SI mais des unités dérivées que nous relient aux unités de base

du temps, de longueur, de masse et de courant électrique...», formule Jean-Marc Bordy, chercheur au laboratoire MD. Concrètement, la première tâche de ce laboratoire consiste à établir des références. Pour ce faire, les spécialistes disposent d'un ensemble de sources de rayonnement semblables à celles des utilisateurs, typiquement des faisceaux de radiothérapie : trois et quatre respectivement pour les électrons et les photons de haute énergie (supérieure au MeV) et une quarantaine de faisceaux de rayons X entre 30 et 320 kV pour l'imagerie et la radioprotection. D'autres sont spécifiques à la curiethérapie. Les étalons primaires de « dose » consistent alors en un ensemble d'instruments de mesure développés au laboratoire et qui permettent une mesure absolue des grandeurs dosimétriques dans les faisceaux, ces derniers faisant alors figure d'étalons secondaires. Comme le détaille Attila Verès, responsable du laboratoire MD, «selon les cas, ce sont des calorimètres pour mesurer l'élévation de température consécutive à l'irradiation, des chambres d'ionisation à parois d'air pour quantifier les rayonnements de faible énergie ou à cavité pour les énergies plus élevées ou encore des chambres d'ionisation à extrapolation pour les particules bêta.»

Le travail du laboratoire autour des références primaires relève principalement de la R&D. Celui de leur dissémination vers les utilisateurs consiste en des prestations d'étalonnage pour des laboratoires d'étalonnage accrédités ou des instituts

de recherche, des industriels, hôpitaux ou services de dosimétrie. «L'appareil de mesure à étalonner est irradié dans nos faisceaux de référence et on relie la valeur indiquée par l'appareil à la valeur de référence de la dose délivrée. L'instrument étalonné peut alors être utilisé pour étalonner à son tour un faisceau ou pour mesurer une dose dans un contexte de radioprotection», explique le physicien.

Cela dit, que ce soit pour suivre l'évolution de la réglementation, notamment pour la protection de l'environnement, ou bien pour répondre à des besoins en constante évolution dans le domaine médical, les métrologues du laboratoire consacrent une part importante de leur temps à la recherche. D'un mot, ils doivent en permanence développer de nouvelles références pour des applications émergentes. «Le nombre de projets de recherche auxquels nous participons est variable d'une année à l'autre. Mais à titre indicatif, sept nouveaux projets débutent cette année», recense Attila Verès.

Parfois, un projet résulte d'une demande formulée par un partenaire, comme c'est le cas d'une nouvelle étude sur la radiothérapie FLASH. Imaginé il y a une dizaine d'années à l'Institut Curie, ce nouveau procédé de traitement du cancer consiste à délivrer un très haut débit de dose en quelques microsecondes, ce qui épargne davantage les tissus sains et minimise l'erreur due au mouvement de l'organe pendant le traitement. Aujourd'hui, les toutes premières installations de ce type font leur apparition, dont une à l'Institut Gustave Roussy (IGR), premier établissement de soins à en être doté en France. Or comme l'indique Benjamin Rapp, chercheur dans l'équipe, «ces machines ont besoin d'être étalonnées, raison pour laquelle l'IGR nous a sollicités.» Dans le cadre du projet qui débute, il s'agira pour les métrologues de tester de nouveaux détecteurs pour caractériser ces impulsions d'électrons ultracourtes d'énergie entre 6 et 10 MeV, et d'établir une métrologie primaire permettant de les raccorder.

En parallèle, les scientifiques projettent de participer à la caractérisation métrologique d'un accélérateur FLASH de très haute énergie (100 à 200 MeV) qui est envisagé sur le site de l'Institut Curie à Orsay. Comme le précise le chercheur, «il permettra d'étudier de nouvelles modalités de traitement médical destinées à cibler des tumeurs profondes.»

Toujours dans le secteur médical, un autre projet débute autour de la mammographie numérique, en collaboration avec l'Hôpital européen George Pompidou. Il a pour objectif d'améliorer la mesure de la dose délivrée à la glande mammaire lors de cet examen. De fait, comme l'explique Jérémie Lefèvre, chercheur au sein du même laboratoire, «l'estimation de la dose reçue est fondée sur d'anciens modes d'imagerie, elle n'est pas individualisée et est établie a posteriori.» Pour faire mieux, les spécialistes proposent de déterminer précisément le spectre d'énergie du faisceau d'un mammographe numérique, de le reproduire au laboratoire MD et d'estimer la dose reçue par le tissu mammaire au moyen d'un « fantôme » de sein instrumenté, développé au cours de ce projet. In fine, la traçabilité de la dose reçue par le tissu mammaire sera assurée via l'étalonnage des instruments de mesure des praticiens réalisé sur l'installation du LNE-LNHB.

Attila Verès ajoute : «spécialistes en métrologie nucléaire, les chercheurs du LNE-LNHB peuvent facilement basculer d'une problématique à une autre. Et quand les projets ne résultent pas d'une demande extérieure, ils émanent de propositions des uns ou des autres, sur la base d'un travail de veille auquel nous nous livrons toutes et tous.» Par exemple, le laboratoire s'est lancé il y a 3 ans dans la mise en place d'une installation



INSTRUMENT DE MESURE PRIMAIRE INSTALLÉ DANS LE FAISCEAU DE PHOTON DU MAMMOGRAPHE DU LNHB-MD.

pour l'étalonnage d'instruments de mesure pour la dosimétrie de l'environnement, au niveau du bruit de fond radiologique naturel. «Jusqu'à alors ces instruments étaient étalonnés à des débits de dose beaucoup plus forts, alors qu'ils sont ensuite utilisés pour mesurer de très faibles débits de dose, sans y avoir été testés», résume Jean-Marc Bordy. Pour y remédier, les métrologues terminent actuellement le développement d'une enceinte blindée «faite maison» qui permettra de s'affranchir en partie du bruit de fond naturel et d'étalonner les instruments à des niveaux de dose comparables à leur utilisation. En ce début d'année, les chercheurs s'apprentent à réaliser le transfert de leurs références primaires aux sources radioactives de l'enceinte. «Au-delà du besoin propre du projet, nos mesures en environnement confiné permettront d'étendre la gamme de débit de dose disponible pour le test et l'étalonnage d'instruments de mesure», indique l'expert.

Enfin, les chercheurs du laboratoire mènent également des travaux plus exploratoires. C'est le cas typiquement de recherches menées dans le cadre d'une thèse de doctorat pour tenter d'utiliser des faisceaux d'électrons, produits par un accélérateur médical du laboratoire, afin de détecter des molécules chimiques dans un colis. En interagissant avec son contenu, les électrons provoquent l'émission de photons qui à leur tour interagissent avec les noyaux atomiques environnant pour produire des neutrons – on parle ici de photo-neutrons – dont l'énergie est caractéristique des éléments impliqués. Comme l'indique Attila Verès, «avec l'aide de l'intelligence artificielle pour analyser les spectres d'énergie des neutrons très complexes, on peut alors déduire les éléments chimiques en présence.» Objectif : produire une preuve de concept d'une nouvelle méthode de détection des produits illicites. Une chose est certaine, avec l'arrivée de cinq nouvelles personnes l'année passée au laboratoire, la dosimétrie pratiquée au laboratoire de Métrologie de la Dose du LNE-LNHB n'a définitivement rien d'un travail routinier.