
Caractérisation spectrométrique et étalonnage des faisceaux en mammographie numérique : vers une traçabilité dosimétrique accrue

Meriem Djaroum¹, Isabelle Fitton², Jérémie Lefevre*¹, Johann Plagnard³, Claire Van Ngoc Ty², and Jean-Marc Bordy⁴

¹CEA-List, Université Paris Saclay (Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), F-91120, Palaiseau, France) – CEA-List, Université Paris Saclay – France

²AP-HP, Hôpital Européen Georges Pompidou, Service de radiologie, Paris, France – Hôpital Européen Georges Pompidou [APHP] – France

³CEA, LIST, Laboratoire National Henri Becquerel, Gif-sur-Yvette (LNE-LNHB) – CEA-SACLAY – 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

⁴Université Paris-Saclay, CEA, List, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), F-91120 Palaiseau (CEA, List) – CEA/ DRT/LIST – Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), F-91120 Palaiseau, France

Résumé

Introduction : Le cancer du sein est un enjeu majeur de santé publique et l'une des pathologies les plus diagnostiquées chez les femmes. La mammographie numérique, outil essentiel du dépistage, a bénéficié d'avancées notables avec la tomosynthèse mammaire. Cette technologie 3D améliore la sensibilité diagnostique et la précision de détection des lésions, mais elle induit généralement une augmentation de l'exposition aux rayonnements, nécessitant une évaluation précise de la Dose Glandulaire moyenne (DG) afin d'optimiser le rapport bénéfice/risque. L'estimation de cette grandeur repose cependant sur des méthodes indirectes, combinant modélisations et calculs algorithmiques à partir de la mesure du kerma dans l'air (Kair). Afin d'améliorer la traçabilité des mesures dosimétriques, le Laboratoire National Henri Becquerel pour la Métrologie de la Dose (LNHB-MD) développe un dispositif pour la mesure directe de DG.

Matériel et méthodes : La première phase du projet a porté sur la caractérisation des faisceaux de Rayons X (RX) du mammographe Hologic Selenia Dimensions® de l'Hôpital Européen Georges Pompidou (HEGP) pour des tensions comprises entre 22 et 49 kVp, avec les couples anode/filtration W/Ag, W/Al et W/Rh. Deux approches complémentaires ont été mises en œuvre : une analyse spectrométrique réalisée avec un détecteur CdTe et la détermination de la Couche de Demi-Atténuation (CDA) avec une chambre d'ionisation PTW 23342. Afin d'assurer une traçabilité métrologique rigoureuse, ces faisceaux ont été reproduits au LNHB-MD dans un environnement contrôlé et sous des conditions standardisées. Un dosimètre de transfert (Radcal 10X6-6M) a ensuite été étalonné en termes de kerma dans l'air pour vérifier la cohérence des valeurs de Kair et DG mesurées en clinique avec des mesures traçables à la référence nationale du LNHB-MD. En parallèle, des simulations MCNP ont été effectuées pour modéliser le tube à RX du mammographe et étudier la distribution spatiale du champ de rayonnement, cette analyse étant essentielle pour garantir la

*Intervenant

fiabilité des mesures de dose avec le système de mesure actif en cours de développement.

Résultats : Les spectres mesurés à l'HEGP et reproduits au LNHB-MD montrent une excellente concordance, avec des écarts de CDA inférieurs à 3 %. Ce niveau de précision est d'autant plus significatif que le coefficient d'étalonnage (Nk) du dosimètre de transfert évolue de manière monotone et modérée en fonction de la CDA : une variation de 3 % de cette dernière entraîne une modification de Nk inférieure à 0,2 %. Par ailleurs, l'absence d'influence notable de la filtration sur ce coefficient confirme la robustesse de la CDA en tant que paramètre d'ajustement de Nk, indépendamment du profil spectral du faisceau incident. Les simulations Monte Carlo valident la modélisation du tube à RX du mammographe, démontrant une excellente correspondance entre les spectres simulés et expérimentaux. Des calculs sont en cours pour analyser la distribution spatiale du champ de rayonnement et comparer les valeurs de DG simulées à celles fournies par le logiciel du mammographe.

Conclusions : Le LNHB-MD dispose de faisceaux de RX reproduisant fidèlement les conditions cliniques en mammographie numérique tomographique. Ces faisceaux serviront à étalonner le futur système de mesure actif de DG, dont la réalisation est prévue en 2025.

Mots-Clés: mammographie, dose glandulaire moyenne, spectrométrie, couche de demi, atténuation, simulation Monte Carlo