

DETERMINATION DE NOUVELLES EQUATIONS BIOPARAMETRIQUES POUR L'ETALONNAGE D'UN SYSTEME DE MESURE ANTHROPORADIOMETRIQUE PULMONAIRE UTILISANT LE FANTOME LIVERMORE

Noëlle PIERRAT, Géraud PRULHIERE, Loïc de CARLAN, Didier FRANCK,
IRSN/DRPH/SDI/LEDI, B.P. 17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex.

Résumé : Afin d'améliorer l'étalonnage des installations d'anthroporadiométrie pulmonaire à l'aide du mannequin d'étalonnage de Livermore, de nouvelles équations bioparamétriques permettant d'estimer l'épaisseur de la paroi extrathoracique ont été obtenues en utilisant 33 scanner thoraciques d'hommes. La méthode et les résultats sont décrits ci-après.

I. Problématique.

L'anthroporadiométrie pulmonaire est une technique très utilisée qui consiste à estimer l'activité contenue dans les poumons à un instant donné grâce aux rayonnements X et γ émis par les radionucléides inhalés. Elle reste cependant limitée pour les actinides, radionucléides classés parmi les éléments les plus radiotoxiques, pour deux principales raisons. D'une part, les actinides ne sont détectables que via les émissions X et γ associées aux désintégrations α ; ces photons, de faible énergie et émis avec de faibles probabilités, sont fortement absorbés dans les tissus thoraciques. Par ailleurs, l'estimation de l'activité incorporée se fait toujours en comparant la mesure d'une personne avec celle d'un fantôme physique d'étalonnage, en général le fantôme Livermore (cf figure 1) [1], engendrant ainsi d'importantes erreurs systématiques.



Figure 1 : Fantôme Livermore avec et sans plaque(s) thoracique(s).

Pour réaliser cette comparaison, il faut que les morphologies du fantôme et de la personne soient comparables, notamment au niveau de la paroi thoracique. C'est pourquoi l'épaisseur thoracique du fantôme physique est estimée à partir d'équations bioparamétriques (équations de Vickers), se basant sur la taille et le poids de la personne [2]. Connaissant l'épaisseur antérieure du fantôme de base (1,6 ou 1,9 cm pour le Livermore, appelée x_{ref} par la suite), il est possible d'en déduire l'épaisseur de la plaque extrathoracique à rajouter (ces plaques sont composées de matériaux équivalents en absorption à 50% graisse – 50% muscle (composition la plus commune), ou 87% graisse – 13% muscle ou 100% muscle).

Les principaux inconvénients de ces équations sont qu'elles établissent l'épaisseur thoracique antérieure d'un fantôme thoracique anthropomorphe composé de matériau équivalent à 50% graisse - 50% muscle alors que le fantôme Livermore de base est composé de 100% muscle, nécessitant ainsi des corrections d'atténuation pour trouver l'épaisseur de plaque extrathoracique à rajouter. De plus, ces équations ont été déterminées pour une géométrie de détection différente de celle la plus répandue en France et en Europe [2]. Par exemple, les équations de Vickers généralement utilisées en France ont été déterminées pour des sujets en position de mesure inclinée à 45° par rapport à l'horizontale, pour des énergies photoniques de 17 et 59,5 keV, et un système de comptage 2, 3 ou 6 détecteurs alors que la plupart des laboratoires français utilisent une géométrie allongée (appelée également géométrie table).

Cette étude se propose de déterminer de nouvelles équations bioparamétriques, spécifiques aux conditions de mesures anthroporadiométriques utilisées dans la plupart des Laboratoires d'Analyses de Biologie Médicale (LABM) français (4 détecteurs, personne couchée, les bras le long du corps), qui permettront une détermination directe de l'épaisseur de plaque extrathoracique x_{plaque} à ajouter au fantôme Livermore de base.

II. Matériel et méthode.

Etant données les importantes différences d'absorption entre les tissus (muscle, graisse, os), la connaissance non seulement de l'épaisseur mais aussi de la composition de la paroi thoracique est cruciale pour une estimation correcte des facteurs d'étalonnage d'un individu donné. Pour connaître avec une précision millimétrique ces deux paramètres, des images scanner de 33 hommes ont été exploitées ; ces images ont été fournies par le Centre de lutte Contre le Cancer René Huguenin de Saint-Cloud (92). D'autres paramètres ont été renseignés sur chacune des personnes, tels que l'âge, le poids, et la taille et le sexe.

Les mesures d'épaisseur de paroi thoracique (graisse et muscle) ont été effectuées en dessous de chacun des 4 détecteurs d'un système réel positionné de façon la plus semblable possible à une mesure réelle. Ces mesures d'épaisseur ont permis de calculer pour chaque personne une épaisseur x_{plaque} à ajouter sur le fantôme de référence pour faire correspondre au mieux l'étalonnage avec la personne mesurée (matériau équivalent en atténuation à 50% graisse - 50% muscle ou 13% muscle – 87% graisse ou 100% muscle).

Ensuite, pour chaque configuration (composition des plaques, épaisseur antérieure du fantôme Livermore), une régression linéaire sur les 33 points obtenus a été effectuée, permettant d'obtenir une droite dont l'équation correspond à une équation bioparamétrique.

III. Résultats.

L'ensemble des équations bioparamétriques, pour des énergies de 17 ou 60 keV et pour toutes les configurations possibles du fantôme Livermore (épaisseur antérieure de 1,6 ou 1,9 cm + plaques de différentes compositions) a été calculé et est présenté dans le tableau 1.

	50% muscle – 50% graisse	13% muscle - 87% graisse	100% muscle
$x_{\text{ref}} = 1,6 \text{ cm}$	$x_{\text{plaque}} = [(9,95 (P/T) - 2,52) \pm 0,61 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(12,26 (P/T) - 3,11) \pm 0,75 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(7,93 (P/T) - 2,01) \pm 0,49 \text{ cm}], 1\sigma$
	$x_{\text{plaque}} = [(11,31 (P/T) - 2,90) \pm 0,62 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(10,75 (P/T) - 2,76) \pm 0,59 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(10,57 (P/T) - 2,71) \pm 0,58 \text{ cm}], 1\sigma$
$x_{\text{ref}} = 1,9 \text{ cm}$	$x_{\text{plaque}} = [(9,95 (P/T) - 2,90) \pm 0,61 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(12,26 (P/T) - 3,58) \pm 0,75 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(7,93 (P/T) - 2,31) \pm 0,49 \text{ cm}], 1\sigma$
	$x_{\text{plaque}} = [(11,31 (P/T) - 3,22) \pm 0,62 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(10,75 (P/T) - 3,06) \pm 0,59 \text{ cm}], 1\sigma$	$x_{\text{plaque}} = [(10,57 (P/T) - 3,01) \pm 0,58 \text{ cm}], 1\sigma$

Tableau 1 : Equations bioparamétriques permettant de calculer x_{plaque} en fonction des différents paramètres d'étalonnage.

Ce tableau permet donc de choisir l'équation bioparamétrique à utiliser lors de l'étalonnage, en fonction de l'énergie et des paramètres du fantôme Livermore. Toutes ces équations sont définies pour des hommes, en position allongée les bras le long du corps, et pour un système de détection composé de 4 détecteurs.

Pour exemple, l'équation bioparamétrique déterminée pour un étalonnage avec un fantôme Livermore d'épaisseur antérieure de 1,9 cm et des plaques 50% graisse – 50% muscle, pour une énergie photonique de 17 keV, est présentée sur la figure 2.

Si on observe bien une corrélation claire entre les rapports poids/taille et les épaisseurs x_{plaque} , on note cependant une assez grande disparité des points, engendrant de grosses incertitudes sur le résultat de cette équation. Afin de diminuer ces incertitudes, il est prévu d'augmenter la statistique des équations (accroître le nombre de personnes).

Il est également prévu une validation de ces équations par comparaison avec les équations de Vickers.

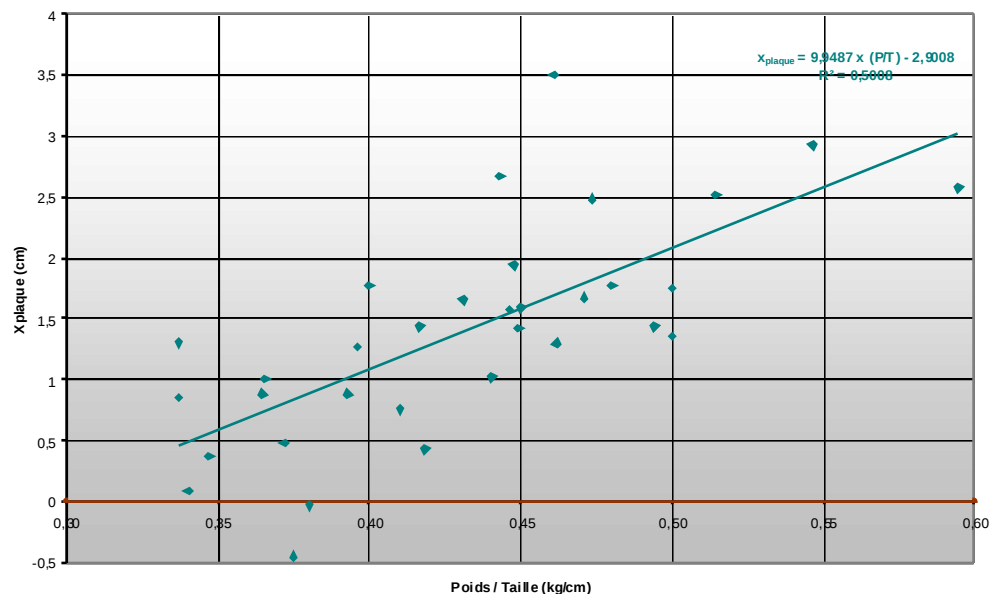


Figure 2 : Valeurs de x_{plaque} en fonction du rapport poids/taille en considérant des plaques 50% muscle - 50% graisse, une épaisseur x_{ref} de 1,9 cm, et une énergie de 17 keV.

IV. Conclusion.

Un des facteurs limitant de l'anthroporadiamétrie réside dans l'utilisation de fantômes physiques d'étalonnage. La morphologie de ces fantômes est choisie en fonction de la personne mesurée à partir d'équations bioparamétriques (équations de Vickers), qui sont déterminées pour des conditions de mesure différentes de celles utilisées en France/Europe. Douze nouvelles équations bioparamétriques ont donc été déterminées pour des énergies photoniques de 17 et 60 keV (respectivement pour la mesure du ^{239}Pu et de ^{241}Am), à partir d'images scanner. Ces équations sont spécifiques aux procédures de mesures françaises (système 4 détecteurs, personne allongée...), aux différents types de fantômes Livermore (composition des plaques extrathoraciques, épaisseur de la paroi antérieure).

Après validation, ces équations pourront s'appliquer au sein des différents LABM pour l'amélioration de l'étalonnage des systèmes anthroporadiamétriques, dédiés à la surveillance dosimétrique du personnel exposé à un risque de contamination interne par inhalation.

V. Bibliographie.

- [1] Griffith R.V., Dean P.N., Anderson A.L., Fisher J.C. – A tissue-equivalent torso phantom. Advances in radiation monitoring, Proceedings of an International Atomic Energy Agency Conference. Vienna : IAEA ; IAEA-SM-229/56, 4493-4504 (1978)
- [2] Vickers L.R. - The gender-specific chest wall thickness prediction equations for routine measurements of ^{239}Pu and ^{241}Am within the lungs using HPGe detectors. Health Phys. 70(3) 346-357 (1996)