

## Fantômes thyroïdiens réalistes adaptés aux enfants pour la mesure post-accidentelle

Tiffany BEAUMONT, Pedro CALDEIRA IDEIAS, Maeva RIMLINGER, David BROGGIO, Didier FRANCK

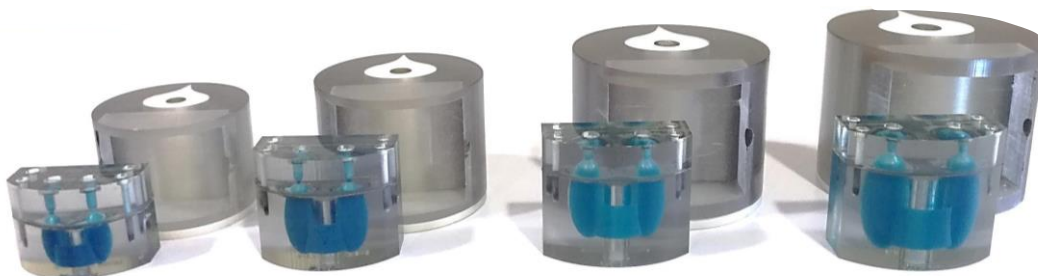
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLÉAIRE  
IRSN/PRP-HOM/SDI/LEDI BP 17  
92260 Fontenay-aux-Roses, France  
tiffany.beaumont@irsn.fr

### Introduction :

En cas d'incorporation accidentelle d'iode radioactif, le risque de développer un cancer de la thyroïde est plus important pour les enfants que pour les adultes. Actuellement, la plupart des détecteurs utilisés pour la mesure *in vivo* sont étalonnés avec un fantôme thyroïdien adulte ce que induit des incertitudes de mesure non négligeable pour les enfants. Afin d'améliorer la mesure de l'iode retenu dans la thyroïde des enfants un jeu de fantômes thyroïdiens réalistes correspondant à différents âges a été développé et imprimé en 3D.

### Matériels et méthodes :

Le design des thyroïdes suit les recommandations du comité du MIRD et inclut l'isthme et deux lobes elliptiques. Quatre volumes correspondant à différents âges (5, 10, 15 ans et l'adulte) ont été sélectionnés en suivant les recommandations de la CIPR. Le cou, la colonne vertébrale, la moelle épinière et la trachée ont également été modélisés pour créer le fantôme final. Une colle époxy et des vis en nylon ont été utilisées lors de l'assemblage pour assurer la robustesse et l'étanchéité du fantôme.



**Figure 1 :** Photographie du jeu de fantôme thyroïdien fabriqué : de gauche à droite les volumes thyroïdiens correspondent aux enfants de 5, 10 et 15 ans et l'adulte homme. Ce jeu inclut un cou, une colonne vertébrale et une trachée spécifique à chaque âge.

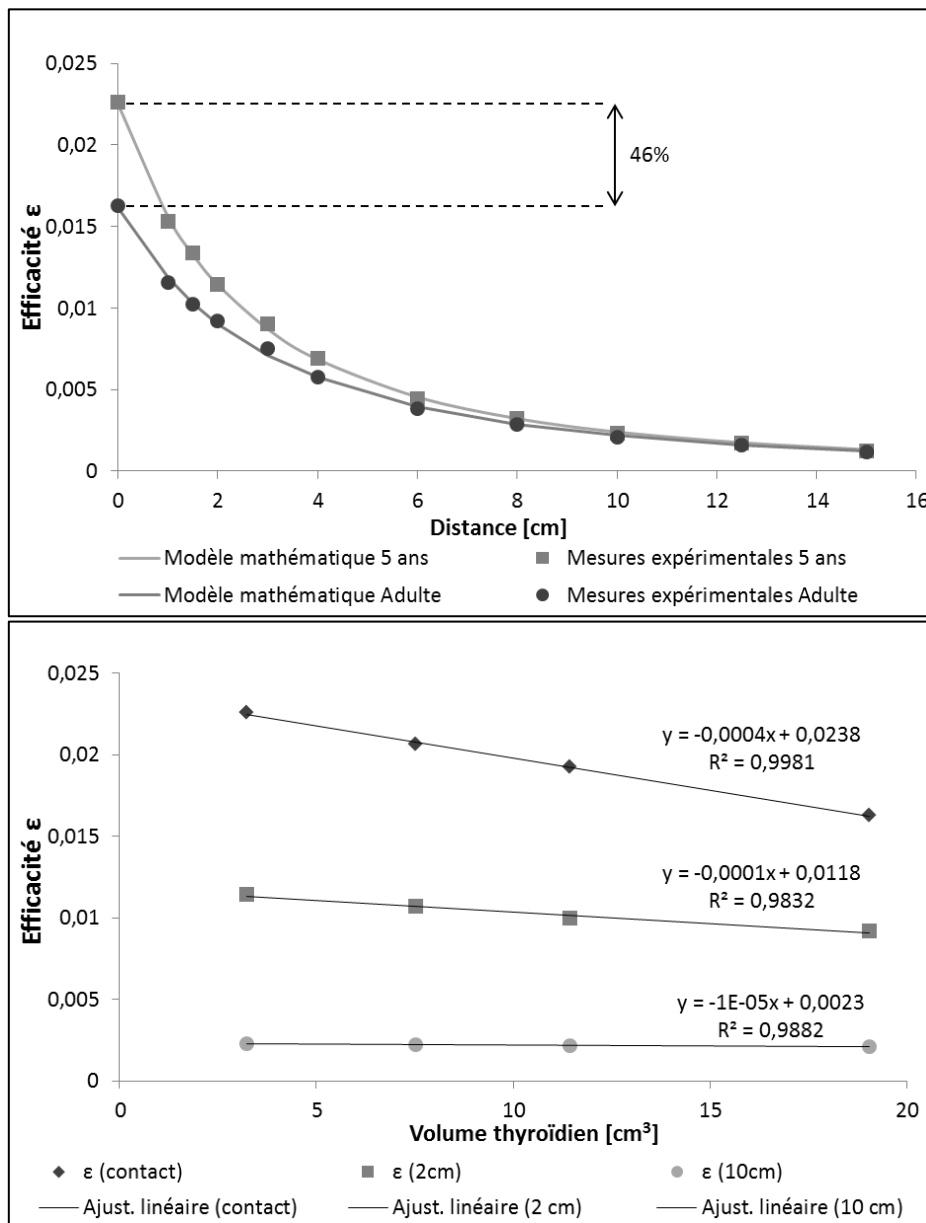
Les fantômes ont été modélisés à l'aide d'un logiciel d'infographie 3D (Rhinoceros 3D<sup>®</sup>) au format NURBS. Ce format permet de définir facilement les primitives géométriques utilisées et est adapté au prototypage rapide. Pour réaliser l'impression 3D un format spécifique basé sur des triangulations (MESH) est nécessaire, la conversion est directement réalisée avec

Rhinoceros 3D<sup>®</sup>. Les coefficients d'atténuation linéique des matériaux sélectionnés ont été déterminés par mesure spectroscopiques à l'énergie du pic photoélectrique de l'<sup>131</sup>I, ce qui a permis de fixer les épaisseurs de tissu-équivalent. Après la fabrication par impression 3D, les inserts thyroïdiens ont été remplis avec une solution liquide de <sup>133</sup>Ba (substitut de l'<sup>131</sup>I pour la spectroscopie) afin de réaliser des étalonnages pour la mesure *in vivo* (cf Fig. 1).

### Résultats :

L'ajustement exponentiel des données expérimentales donne un coefficient d'atténuation de  $0.116 \text{ cm}^{-1}$  à 356 keV, ce qui permet de considérer ce matériau comme équivalent tissu.

Les efficacités de comptage des détecteurs germanium (GeHP) et NaI(Tl) ont été mesurées pour chaque fantôme. La différence d'efficacité entre le fantôme 5 ans et l'adulte est de 25% pour le détecteur germanium contre 46% pour le NaI(Tl), pour une mesure au contact. À 15 cm du détecteur, cette différence n'est plus que de 10% pour le germanium contre 4% pour le NaI(Tl).



**Figure 2 :** (en haut) Variation de l'efficacité, expérimentale et théorique, en fonction de la distance fantôme-détecteur NaI(Tl), (en bas) variation de l'efficacité de comptage en fonction du volume thyroïdien pour différentes distances fantôme-détecteur NaI(Tl)

Une étude systématique a été réalisée pour étudier l'influence de la distance détecteur-fantôme et pour préciser l'influence des erreurs de positionnement latérales et verticales sur l'efficacité de comptage. Cette étude a permis de montrer que pour les deux détecteurs et à toutes les distances de mesure, l'efficacité de comptage varie linéairement avec le volume thyroïdien. Un modèle mathématique, reproduisant la variation de l'efficacité avec la distance, a également été déterminé (cf Fig. 2). L'étude de l'influence des erreurs de positionnement montre que le terme dominant est la distance entre le détecteur et la thyroïde.

**Conclusion :**

Un jeu de fantôme thyroïdien pour les âges de 5 ans à l'adulte, a été développé en exploitant les avantages de la modélisation 3D et de l'impression 3D. Un modèle réaliste de thyroïde a été sélectionné et les propriétés des matériaux ont été prises en compte pour simuler l'atténuation des tissus biologiques. Ce jeu de fantôme thyroïdien a été breveté (n°FR1650855). Il permet d'étalonner différentes installations pour la mesure post-accidentelle en tenant compte de l'âge des enfants mesurés.

De plus, le jeu de fantôme est actuellement testé dans un service de médecine nucléaire pour améliorer la mesure de l'iode et ainsi personnaliser la dosimétrie des patients traités pour les pathologies bénignes de la thyroïde.