

# Méthode dosimétrique innovante de vérification des traitements en radiothérapie

Robin FABBRO

Encadrants : Yannick ARNOUD, Rachel DELORME et Jean-François ADAM  
Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie, Grenoble

## Introduction

Le contrôle qualité en radiothérapie est un point sensible dans la législation car les possibilités d'erreurs sont nombreuses et peuvent subvenir à n'importe quelle étape du traitement, de la planification jusqu'à l'irradiation à proprement parler. Les divers outils mis à disposition des physiciens médicaux pour mener à bien les procédures d'assurance qualité concernent actuellement des contrôles pré-traitement ou en aval du patient. Peu de solutions de contrôle en ligne de l'irradiation sont disponibles à l'heure actuelle, et ne sont pas toujours très performantes. Dans ce contexte, le groupe Applications Médicales du LPSC, en collaboration avec l'hôpital universitaire de Grenoble, développe le détecteur TraDeRa (Transparent Detector for Radiotherapy). Il se compose d'une grande chambre d'ionisation pixélisée et d'une électronique de lecture embarquée associée au traitement de ces pixels, permettant de fournir en temps réel une carte 2D du signal généré par n'importe quel champ d'irradiation, en amont du patient.

La conversion de ce signal en équivalent de dose, information requise par les physiciens médicaux pour l'utilisation du détecteur, reste un point important dans le développement de ce dernier et passe par la comparaison entre mesures sous faisceau et matrices de doses calculées. Pour ce faire, la simulation Monte Carlo est un outil très puissant qui donne des résultats très précis s'il est bien paramétré. Le travail décrit ici concerne l'optimisation de la simulation d'une tête d'accélérateur ainsi que la détermination par une méthode rapide des caractéristiques inhérentes au faisceau d'électrons produisant les rayons X, à savoir l'énergie nominale du faisceau et la distribution radiale d'impact des électrons sur la cible de production. Ces paramètres d'entrée sont essentiels pour reproduire de manière fidèle le faisceau de rayons X utilisé pour les mesures, et permettre la conversion du signal en équivalent de dose.

## Méthode

Afin de reproduire l'accélérateur servant de référence pour les simulations à venir, il est important de déterminer les deux paramètres cités précédemment avec le plus de précision possible, qui permettra par la suite d'associer un dépôt de dose dans une cuve à eau (modèle de patient) à l'énergie correspondante déposée dans le détecteur. La détermination des caractéristiques du faisceau d'électrons de l'accélérateur utilisé (Varian Clinac 2100) est faite grâce à une méthode inspirée du processus "essai et erreur". Plusieurs simulations sont lancées avec différentes valeurs du paramètre recherché. La matrice de dose ainsi calculée est comparée à une distribution de dose mesurée sous accélérateur qui sert de référence. Grâce à une méthode de comparaison de dose originale intégrant l'incertitude statistique du Monte Carlo et basée sur le classement de niveau de compatibilité entre les différentes simulations et la mesure, il est possible de déterminer la valeur optimale du paramètre étudié afin de correspondre au maximum à l'accélérateur que l'on cherche à modéliser.

## Résultats

En utilisant les rendements en profondeur simulés avec différentes énergies du faisceau d'électrons de 5,5 à 6,75 MeV (fig.1), et avec la méthode de comparaison originale, nous sommes capables de donner une estimation à au moins 10 keV près de l'énergie du faisceau d'électrons à l'origine du faisceau d'irradiation photons de l'accélérateur. Cette méthode a été validée par deux simulations avec deux valeurs particulières d'énergie qui, une fois comparées aux simulations du processus "essai et erreur", ont été retrouvées à environ 5 keV d'incertitude par ladite méthode. Nous avons été ainsi pu déterminer les énergies des faisceaux d'électrons

d'accélérateurs de 3 centres hospitaliers partenaire :  $6,18 \pm 0.003$  MeV pour Grenoble (fig.2),  $6,09 \pm 0.002$  MeV pour Lyon et  $6,20 \pm 0.003$  MeV pour Chambéry. La détermination de la distribution radiale suit le même principe, en se concentrant cependant sur la comparaison des profils de doses.

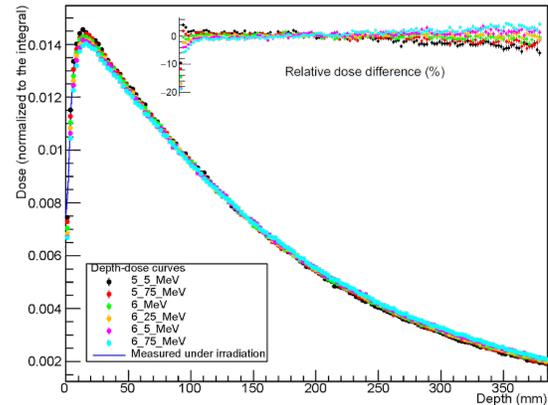


Fig.1 Rendements en profondeurs simulés (points colorés) et mesuré (trait plein bleu)

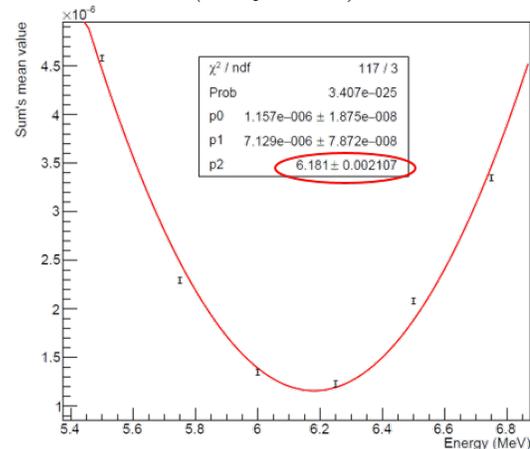


Fig.2 Résultats de la méthode de comparaison

## Discussion

La méthode mise au point donne des résultats très satisfaisants (précision meilleure que 10 keV, contre environ 50 keV dans la littérature) et démontre que la détermination des paramètres initiaux du faisceau d'électrons est possible à partir de la dose déposée par les interactions des photons dans une cuve à eau située à distance de traitement de l'accélérateur médical.

Une fois l'accélérateur correctement modélisé, la calibration en dose du détecteur TraDeRa peut-être envisagée. On rappelle que l'objectif principal de la suite de ces travaux de thèse sera d'associer, au niveau de la simulation, un dépôt de dose dans la cuve à eau et l'énergie déposée dans le volume actif d'air du détecteur modélisé. L'énergie déposée sera ensuite comparée au signal relevé par le détecteur physique sous irradiation réelle en reproduisant les mêmes conditions d'irradiation.

## Remerciements

Ces travaux ont été réalisés grâce au soutien financier du LabeX PRIMES (ANR-11-LABX-0063) de l'Université de Lyon, inclut dans le programme "Investissements d'Avenir" (ANR-11-IDEX-0007).