

---

# Mesures expérimentales et simulation Monte Carlo des faisceaux de proton en présence de champ magnétique : détermination du facteur de correction $k_B$ pour les chambres d'ionisation de type Farmer.

Mathieu Marot<sup>\*1,2,3</sup>, Sonja Surla<sup>1,3,4</sup>, Elisa Burke<sup>3,5</sup>, Stephan Brons<sup>6</sup>, Fabian Jäger<sup>1,4</sup>, Armin Runz<sup>1</sup>, Steffen Greilich<sup>7</sup>, Christian Karger<sup>1,3</sup>, Oliver Jäkel<sup>1,3,6</sup>, and Lucas Burigo<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>German Cancer Research Center - Deutsches Krebsforschungszentrum [Heidelberg] – Allemagne

<sup>2</sup>University of Heidelberg, Medical Faculty – Allemagne

<sup>3</sup>National Center for Radiation Research in Oncology – Allemagne

<sup>4</sup>University of Heidelberg, Faculty of Physics and Astronomy – Allemagne

<sup>5</sup>UniversitätsKlinikum Heidelberg – Allemagne

<sup>6</sup>Heidelberg Ion Beam Therapy Center (HIT) – Allemagne

<sup>7</sup>Business Units Radiation Protection/Bioanalytics, Berthold Technologies GmbH Co. KG, Bad Wildbad – Allemagne

## Résumé

**Objectifs :** Ce travail vise à déterminer le facteur de correction du champ magnétique ( $k_B$ ) pour les faisceaux de protons à l'aide de chambre d'ionisation Farmer. Le facteur de correction  $k_B$  corrige l'effet du champ magnétique sur la réponse de la chambre d'ionisation ( $k_{B,M,Q}$ ) et sur la différence de dose locale ( $c_B$ ). Le facteur  $k_{B,M,Q}$  a été déterminé à l'aide de mesures expérimentales et vérifié avec des simulations Monte Carlo (MC). Le facteur de correction  $k_B$  a été calculé sur la base de nos simulations de  $k_{B,M,Q}$  et  $c_B$  pour des intensités de champ magnétique allant jusqu'à 1 T.

**Matériels et méthodes:** Les mesures ont été effectuées à l'aide de la chambre d'ionisation cylindriques de type Farmer 30013 (PTW, Freiburg, Allemagne), placées à une profondeur de 2 cm dans un fantôme d'eau imprimé en 3D (Vero Clear). La réponse du détecteur a été mesurée avec des faisceaux de protons mono-énergétiques de 157,43 et 221,05 MeV/u, et une taille de champ de 3x10cm<sup>2</sup>. Le champ magnétique a été généré par un électro-aimant expérimental fournissant des intensités de champ de 0,1 à 1,0 T. TOPAS (v3.7) a été utilisée pour les simulations MC. Pour la détermination de  $k_{B,M,Q}$ , la géométrie de la chambre d'ionisation a été adapté à partir d'un travail antérieur (1) incluant un volume mort (= le volume à l'intérieur de la chambre où les charges ne sont pas collectées) et a été placée à une profondeur de 2 cm dans un fantôme d'eau, où un champ magnétique uniforme a été appliqué. L'énergie a été calculée dans le volume résiduel (volume résiduel = cavité d'air - volume mort). Pour la détermination du  $c_B$ , le faisceau de protons a été dirigé vers un fantôme d'eau de 10x10x10cm<sup>3</sup> et la dose ponctuelle a été calculé à 2 cm de profondeur avec et sans champ magnétique.

---

\*Intervenant

Résultats : Les mesures ont montré une déviation faible mais significative de  $k_{B,M,Q}$  par rapport à l'unité, en fonction de l'intensité du champ magnétique, avec d'abord une augmentation de  $k_{B,M,Q}$  jusqu'à un maximum de  $0,27 \pm 0,06\%$  (1 SD) à 0,2 T, suivie d'une diminution et d'une stabilisation autour de l'unité à une densité de flux magnétique plus élevée. Le  $k_{B,M,Q}$  simulé est en accord avec celui mesuré, avec une erreur quadratique moyenne de 0,05% et 0,08% pour l'énergie 157,43 et 221,05 MeV/u, respectivement. Le  $c_B$  simulé est  $\leq 0.1\%$  pour chaque énergie testée. Le  $k_B$  simulé varie entre 0.9946 to 1.0036 pour chaque énergie testée.

Conclusions : Les mesures ont montré que le champ magnétique a un effet faible mais significatif sur la réponse de la chambre et les simulations TOPAS MC concordent avec les mesures expérimentales à 0,1 % près. Ce travail montre que le facteur de correction du champ magnétique,  $k_B$ , est faible ( $< 1\%$ ) et qu'il est principalement localisé dans la région à faible champ magnétique ( $< 0,5$  T).

(1)Spindeldreier et al. 2017 Phys Med Biol. **62**:6708

**Mots-Clés:** Dosimétrie, protonthérapie, champ magnétique