

L'imagerie TEP en hadronthérapie

*Dominique Sappey-Marinier, CERMEP et Centre d'Hadronthérapie,
Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon*

L'hadronthérapie par ions de carbone ou d'hydrogène (proton) est une technique de radiothérapie qui consiste à utiliser des faisceaux d'ions chargés dont les propriétés physiques et biologiques leur confèrent une précision balistique et un effet biologique très supérieurs aux faisceaux de photons et d'électrons. Caractérisés par un dépôt de dose élevé en fin de parcours (pic de Bragg) et une faible diffusion latérale, ces faisceaux d'ions très énergétiques permettent de déposer des doses de radiation élevées dans des tumeurs profondes. Il devient ainsi possible de traiter des tumeurs soit très radiorésistantes, soit placées en profondeur ou à proximité d'organes très sensibles aux radiations.

Lors d'un traitement par faisceau d'ions de carbone, les interactions physiques entre les ions et la matière traversée (principalement composée de molécules d'eau pour le corps humain) engendrent, par phénomène de fragmentation, la production de particules plus légères comme le carbone 11 et 10 à partir du carbone 12, ou l'azote 13 et l'oxygène 15 à partir de l'oxygène 16. Ces particules secondaires, émettrices de positons, peuvent alors être détectées par Tomographie d'Emission de Positons (TEP). Si la TEP est bien connue comme outil de diagnostic pour la détection corps-entier des pathologies oncologiques, et comme technique d'imagerie métabolique et fonctionnelle du cerveau, elle constitue, dans le cadre de l'hadronthérapie, un nouveau moyen **de contrôle thérapeutique**.

La détection par TEP *en ligne* et *in vivo* des isotopes émetteurs de positons a donc le double avantage de permettre le suivi des particules secondaires, et ainsi de calculer **la distribution spatiale et dosimétrique** du faisceau primaire. D'une part, la détection du faisceau d'ions pendant le traitement constitue un outil de contrôle en temps réel qui peut permettre d'ajuster son positionnement. D'autre part, la visualisation de la dose déposée constitue l'ultime vérification *in vivo* du traitement.

Cependant, cet objectif constitue un défi technique et méthodologique en raison du très faible taux de comptage des positons. Cette limitation provient :

- 1) de la très faible concentration des isotopes,
- 2) du temps d'acquisition limité au temps de traitement (quelques secondes à quelques minutes) ou à un délai post-traitement immédiat (20 min maximum),
- 3) d'un angle solide de détection limité par le passage du faisceau d'ions.

C'est pourquoi notre projet consiste à développer un système TEP adapté aux contraintes de l'hadronthérapie avec les spécifications suivantes :

- 1) une configuration géométrique permettant d'optimiser le champ d'acquisition tout en laissant un passage pour le faisceau,
- 2) une grande efficacité pour compenser le faible taux de comptage,
- 3) une grande résolution spatiale (> 4 mm) en accord avec la précision du faisceau,
- 4) un système de détection insensible au champ magnétique et aux particules secondaires (neutrons).

Ce projet de recherche et développement est composé de plusieurs phases :

- 1) simulation des phénomènes physiques et modélisation des phénomènes biologiques influant sur la détection des positons,
- 2) développement d'une nouvelle génération de systèmes TEP en utilisant des matériaux scintillants (LSO, LuAP) plus denses, plus rapides et plus lumineux
- 3) ainsi qu'une électronique de lecture plus rapide.