

# INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES D'IRRADIATION ET RÉALISATION DE CONTRÔLES QUALITÉ SPÉCIFIQUES

E. LENAERTS (1), M. MATHOT (2)

**RÉSUMÉ :** Durant la dernière décennie, le domaine de la radiothérapie externe a bénéficié d'importantes innovations technologiques améliorant ainsi, de manière continue, l'efficacité des traitements, le confort et la sécurité des patients. Cela concerne principalement les techniques d'imagerie médicale par scanner 4D qui permettent l'enregistrement suivant les phases respiratoires, l'imagerie embarquée sur les accélérateurs linéaires qui permettent de garantir le parfait positionnement du patient pour son traitement ainsi que les techniques d'irradiation complexes, telles l'IMRT («Intensity Modulated Radiation Therapy») et le VMAT («Volumetric Modulated Arc Therapy»), qui réduisent de manière significative la durée des séances de traitement sans compromettre la qualité du plan de traitement. Dans ce contexte d'évolutions technologiques rapides, il est de la responsabilité des physiciens médicaux de contrôler régulièrement, et de manière précise, le parfait fonctionnement des nouvelles techniques afin de garantir la sécurité du patient. Cela impose l'utilisation d'équipements de contrôles qualité spécifiques les plus adaptés à ces nouvelles techniques. Nous allons brièvement décrire le système de mesure Delta4® utilisé pour le contrôle individualisé du plan de traitement de chaque patient traité par la technique VMAT.

**MOTS-CLÉS :** Innovations - Contrôle - Qualité - Sécurité - Détecteur

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les services de radiothérapie se sont dotés d'un parc d'équipements thérapeutiques de très haute technologie. Les possibilités techniques actuellement disponibles permettent l'amélioration continue de l'efficacité des traitements, tout en garantissant le confort et la sécurité des patients. Ce bond technologique au bénéfice des patients exige, *de facto*, une adaptation permanente de la part des médecins radiothérapeutes, des technologues en imagerie, des infirmiers et des physiciens médicaux. La responsabilité de ces derniers, dont la présence obligatoire et les missions au sein du service de radiothérapie sont précisées dans l'Arrêté Royal du 20/07/2001, concerne principalement l'étalonnage des faisceaux de traitement (photons, électrons) et le fonctionnement optimal des appareils dans les

## TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN RADIATION ONCOLOGY REQUIRE SPECIFIC QUALITY CONTROLS

**SUMMARY :** During the last decade, the field of radiotherapy has benefited from major technological innovations and continuously improving treatment efficacy, comfort and safety of patients. This mainly concerns the imaging techniques that allow 4D CT scan recording the respiratory phases, on-board imaging on linear accelerators that ensure perfect positioning of the patient for treatment and irradiation techniques that reduce very significantly the duration of treatment sessions without compromising quality of the treatment plan, including IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) and VMAT (Volumetric Modulated Arc therapy). In this context of rapid technological change, it is the responsibility of medical physicists to regularly and precisely monitor the perfect functioning of new techniques to ensure patient safety. This requires the use of specific quality control equipment best suited to these new techniques. We will briefly describe the measurement system Delta4® used to control individualized treatment plan for each patient treated with VMAT technology.

**KEYWORDS :** Innovations - Quality control - Safety - Measurement

meilleures conditions de sécurité et de radioprotection, tant pour les patients que pour le personnel. La majeure partie de l'activité des physiciens médicaux concerne la réalisation des contrôles qualité des appareils d'irradiation ainsi que des logiciels de calcul de distribution des doses délivrées au patient. L'introduction de ces avancées technologiques a nécessité l'acquisition et l'utilisation d'équipements de mesure spécifiques pour assurer les contrôles qualité les plus adaptés. Nous allons décrire le cas des traitements technologiquement complexes utilisant la technique VMAT («Volumetric Modulated Arc Therapy») dont bénéficient de nombreux patients (prostate, tête et cou, poumons, ...).

## LE TRAITEMENT VMAT (VOLUMETRIC MODULATED ARC THERAPY)

Les accélérateurs linéaires (linear accelerator : linac) les plus récents ont introduit la technique VMAT comme option d'irradiation. Celle-ci offre la possibilité d'irradier le volume tumoral avec plus de précision et de rapidité (2 à 4 minutes) que la radiothérapie convention-

(1) Responsable du secteur Physique et Informatique, Département de Physique Médicale, CHU de Liège.  
(2) Physicien Médical, Service de Radiothérapie, CHU de Liège.

nelle. Contrairement à cette dernière, le traitement VMAT est délivré de façon continue, sans arrêt du faisceau, le bras du linac (le «gantry») réalisant un arc ou deux, partiels ou complets (360°), tandis que la collimation du faisceau, réalisée à l'aide d'un collimateur multilames, s'adapte de façon optimale pour irradier le volume-cible et préserver les organes à risque. Afin d'augmenter les degrés de liberté du système, la vitesse du «gantry» ainsi que le débit de dose sont optimisés par le linac afin d'assurer la faisabilité et la rapidité du traitement.

### L'ÉQUIPEMENT DE MESURE SPÉCIALISÉ

L'équipement de mesure adapté à cette technique d'irradiation doit être capable de prendre en compte la vérification de la couverture du volume cible, l'exactitude de la dose délivrée, la vitesse de rotation et l'enregistrement de la position du «gantry», la vitesse de déplacement des lames déterminant la forme des champs de traitement. Le choix du service de Radiothérapie du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Liège s'est porté sur le système Delta4® (ScandiDos AB, Uppsala, Suède) (fig. 1). Ce système de mesure est constitué de deux plans de détecteurs semi-conducteurs (diodes de type p), disposés perpendiculairement l'un à l'autre et insérés dans un cylindre en PMMA (PolyMethyl MethAcrylate) de 22 cm de diamètre (1-7). Ces plans de détecteurs ont une surface de 20 x 20 cm<sup>2</sup> et contiennent 1.069 diodes au total. La distance entre chaque détecteur est de 5 mm dans la zone centrale et de 10 mm en périphérie. Chacun des 1.069 détecteurs est capable de fournir la dose instantanée qui lui est délivrée, avec une résolution temporelle de 100 µs. Le signal de chaque détecteur peut être observé en temps réel mais, en pratique, le phy-

sicien médical doit s'assurer que la dose délivrée par l'ensemble du traitement (VMAT ou IMRT step-and-shoot) correspond avec une tolérance définie à la dose prévisionnelle calculée par le Treatment Planning System (TPS), dans notre cas Pinnacle v.9.0. (Koninklijke Philips Electronics N.V., Amsterdam, Pays-Bas).

### LE CONTRÔLE QUALITÉ DU PLAN DE TRAITEMENT

Un contrôle qualité spécifique à chaque patient VMAT est réalisé systématiquement avant la première séance de traitement et consiste à délivrer le plan de traitement calculé par le TPS sur l'équipement de mesure spécifique placé dans les conditions exactes de traitement. La comparaison entre le plan de traitement calculé et le plan de traitement délivré doit respecter des critères stricts.

Le principal critère utilisé au CHU de Liège est basé sur le calcul de l'indice gamma. Cet indice est un outil mathématique qui permet de comparer deux distributions quelconques d'une grandeur, ici la dose absolue, sur une grille à deux ou trois dimensions. Avec le Delta4®, comme décrit plus haut, nous travaillons dans deux plans perpendiculaires. L'indice gamma est dit composite car il combine un critère de différence de dose locale et un critère spatial. En bref, si à proximité d'un point de la distribution de référence se trouve un point de la distribution comparée présentant une dose suffisamment proche, le critère est positif pour le point en question. Nous exigeons qu'au moins 95 % des points respectent le critère. Nous utilisons le critère de 3 % en différence de dose, et 3 mm en DTA (distance-to-agreement) (fig. 2).



Figure 1. Le système Delta4® est composé de 1.069 diodes de mesure de dose disposées sur 2 plans perpendiculaires.

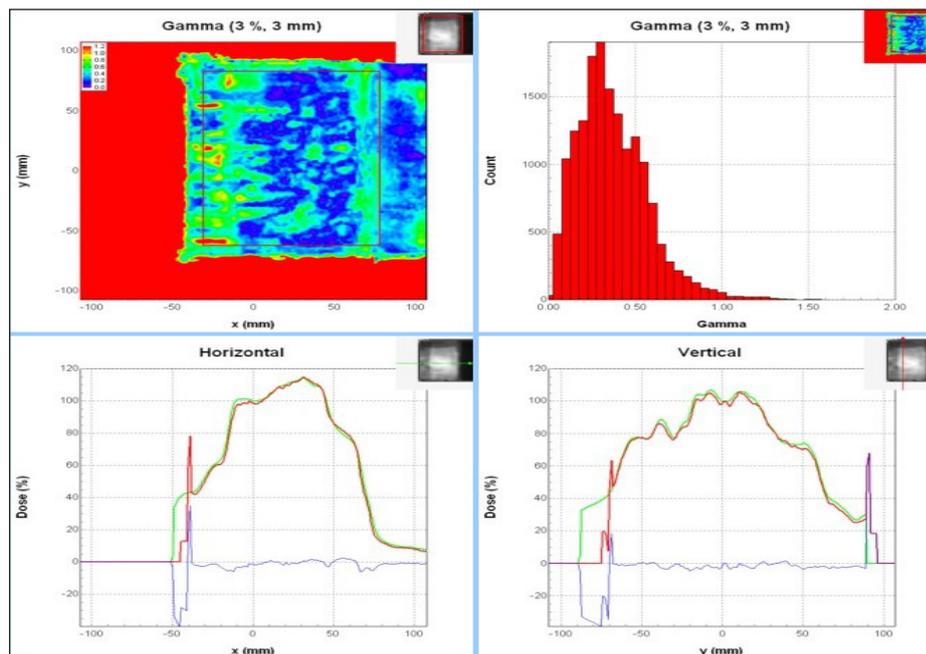


Figure 2. Résultats de l'analyse de l'indice gamma spécifique à chaque patient et réalisée systématiquement avant le début du traitement VMAT.

#### LES ACTIONS D'INTERVENTION EN CAS D'ÉCART AUX VALEURS ATTENDUES

Les mesures réalisées peuvent, dans différents cas de figure, ne pas rencontrer nos critères. Soit une erreur s'est produite lors de l'export du plan de traitement depuis le TPS vers la machine de traitement (situation non rencontrée à ce jour), soit le responsable des mesures a fait une erreur de manipulation (exemple : Delta4<sup>®</sup> mal positionné sous le faisceau d'irradiation, mauvaise utilisation du logiciel de mesure), soit le linac présente des problèmes techniques temporaires, soit le plan de traitement n'est pas délivrable de façon optimale par le linac (variation de débit trop rapide, accélération trop brutale du «gantry»). La recherche de l'origine des écarts s'effectue de manière approfondie. Dans certains cas, nous pouvons être amenés à répéter la mesure, voire, en dernier ressort, à recommencer l'élaboration du plan de traitement. Ce dernier cas de figure est très rare.

#### CONCLUSION

Les possibilités technologiques en matière de traitement par radiothérapie évoluent de manière permanente en vue d'augmenter l'efficacité du traitement tout en préservant les organes sains, et ce, dans les meilleures conditions de qualité, de sécurité et de confort des patients. Dans ce contexte d'évolutions technologiques, le service de Radiothérapie s'est doté d'outils de mesure spécialisés et adaptés à la réalisation des traitements complexes en vue de prévenir tout risque éventuel pour le

patient introduit par l'utilisation de nouvelles techniques de traitement.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. Létourneau D, Publicover J, Kozelka J, et al.— Novel dosimetric phantom for QA of VMAT. *Med Phys*, 2009, **36**, 1813-1821.
2. Yan G, Lu B, Kozelka J, et al.— Calibration of a novel 4-dimensional diode array. *Med Phys*, 2010, **37**, 108-115.
3. Bedford JL, Lee YK, Wai P, et al.— Evaluation of the Delta4 phantom for IMRT and VMAT verification. *Phys Med Biol*, 2009, **54**, N167-N176.
4. Sadagopan R, Bencomo JA, Martin RL, et al.— Characterization and clinical evaluation of a novel IMRT QA system. *J App Clin Med Phys*, 2009, **10**, 104-119.
5. Feygelman V, Forster K, Opp, D, et al.— Evaluation of a biplanar diode array dosimeter for QA of SS-IMRT. *J App Clin Med Phys*, 2009, **10**, 64-78.
6. Feygelman V, Zhang G, Stevens C, et al.— Evaluation of a new VMAT QA device, or the X and O array geometries. *App Clin Med Phys*, 2011, **12**, 146-168.
7. Chandradraj V, Stathakis S, Manickam R, et al.— Comparison of 4 commercial devices for RapidArc and sliding window IMRT QA. *App Clin Med Phys*, 2011, **12**, 338-349.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr. E. Lenaerts, Service de Radiothérapie, CHU de Liège, Belgique  
Email : eric.lenaerts@chu.ulg.ac.be