
Application de la Maîtrise Statistique des Procédés Multivariés (MSPM) aux contrôles de qualité quotidiens des accélérateurs linéaires : cadre méthodologique pour la détection et le diagnostic précoces de causes assignables

Christophe Legrand^{*1,2}, Teodor Tiplica³, and Abdessamad Kobi⁴

¹Institut de Cancérologie de l'Ouest - Site Paul Papin – Unité de Physique Médicale – France

²Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie de Systèmes – Laboratoire LARIS, Université d'Angers – France

³Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie de Systèmes – Polytech Angers – France

⁴Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie de Systèmes – Polytech Angers – France

Résumé

Introduction : Les recommandations du TG-218 de l'AAPM concernant la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) ainsi que deux récentes revues de la littérature montrent un intérêt et une utilisation croissants de cet outil en radiothérapie (1–3). Néanmoins, dans le domaine des contrôles de qualité périodiques des accélérateurs toutes les études n'utilisent, à notre connaissance, que des cartes de contrôle univariées (2,3). Ce travail est une introduction pédagogique à la MSP Multivariée (MSPM), appliqué au suivi quotidien de quatre paramètres d'un accélérateur.

Matériel et méthodes : Les écarts quotidiens de mesures de la constance de la dose, des symétries axiale/transverse et de l'homogénéité ont été collectés sur 168 jours (TrueBeam STx, 6 MV, matrice Daily QA3). Des cartes univariées (I-chart, EWMA) et multivariées (T^2 , MEWMA) ont été établies (4) (Figure 1). Les données de Phase I (90 observations) ont été validées concernant la stationnarité, l'indépendance et la normalité. Les événements détectés suivant les deux approches *univariée vs multivariée* ont été comparés. Pour chaque événement multivarié, une analyse des contributions par décomposition de Cholesky a été réalisée afin d'identifier les variables impliquées (4).

Résultats : Les cartes T^2 et MEWMA ont détecté l'ensemble des événements identifiés par les cartes univariées (Figure 2). La carte MEWMA a détecté la dégradation de symétrie transversale deux observations avant l'EWMA univarié. L'analyse des contributions a systématiquement identifié les variables concernées. Le suivi multivarié a mis en évidence que le processus n'était jamais revenu sous contrôle entre deux événements successifs (phénomène non détecté par les cartes univariées, ni par les limites de spécification à $\pm 2\%$ du Daily QA3).

Conclusions : Ce travail a mis en évidence plusieurs intérêts de la MSPM : 1) limiter uniquement à deux cartes de contrôle le suivi d'un processus impliquant plusieurs paramètres,

*Intervenant

2) prendre en compte les corrélations entre les variables, diminuant ainsi le taux de fausse alarme, 3) détecter des dérives plus rapidement qu'un suivi avec des cartes univariées et mieux identifier la (les) variable(s) concernée(s), 4) suivre dans le temps des données autocorrélées ou non et des processus complexes. La MSPM est une approche ayant des applications potentielles en physique médicale et en radiothérapie en particulier.

References

1. Miften, M. *et al.* Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: *Recommendations of AAPM Task Group No. 218. Med Phys* **45**, (2018).
2. Raveendran, V. *et al.* Moving towards process-based radiotherapy quality assurance using statistical process control. *Phys Med* **112**, 102651 (2023).
3. Xiao, Q. & Li, G. Application and Challenges of Statistical Process Control in Radiation Therapy Quality Assurance. *Int J of Radiat Oncol Biol Phys* **118**, 295–305 (2024).
4. Bersimis, S., Psarakis, S. & Panaretos, J. Multivariate statistical process control charts: an overview. *Qua & Reli Eng* **23**, 517–543 (2007).

Mots-Clés: MSP, Maîtrise statistique des procédés, contrôle de qualité, processus, assurance qualité, ANSM