

Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie
Code de pratique du contrôle de la qualité technique
des mesures dosimétriques précliniques pour l'IMRT

Document d'orientation présenté au nom de
l'Association canadienne de radio-oncologie,
l'Organisation canadienne des médecins médicaux,
l'Association canadienne des technologues en radiation médicale et
du Partenariat canadien contre le cancer

4 juillet 2016

PDM.2016.07.01

www.pcqr.ca



CPQR

Canadian Partnership for
Quality Radiotherapy

PCQR

Partenariat canadien pour
la qualité en radiothérapie

Avertissement

Les informations contenues dans le présent document sont destinées à être utilisées à la discrétion de chaque centre dans le but de le guider dans l'amélioration de programme de radioprotection et de contrôle de la qualité. Le présent document ne repose sur aucune norme juridique ; les règlements fédéraux ou provinciaux spécifiques et les conditions de permis prévalent sur son contenu. C'est un document évolutif et l'information qu'il contient est sujette à modification à tout moment et sans préavis. Le Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie (PCQR) ou ses associations partenaires, l'Association canadienne de radio-oncologie (ACRO), l'Organisation canadienne des médecins (OCPM) et l'Association canadienne des technologues en radiation médicale (ACTRM), ne sauraient en aucun cas être tenus responsables des dommages ou pertes de toute nature, directs ou indirects, qui résulteraient en tout ou en partie de l'utilisation de ce document.

Expert examinateur

Andrea McNiven
Princess Margaret Cancer Centre, Toronto, Ontario

Centres de validation externe

CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal – Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Montréal, Québec
BC Cancer Agency – Cancer Centre for the Southern Interior, Kelowna, Colombie-Britannique
L'Hôpital d'Ottawa, Ottawa, Ontario

Traducteur

Laurent Tantôt
CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal – Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Montréal, Québec

Introduction

Le Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie (PCQR) est une alliance formée des trois principales organisations professionnelles nationales œuvrant dans le domaine de la radiothérapie au Canada : l'Association canadienne de radio-oncologie (ACRO), l'Organisation canadienne des physiciens médicaux (OCPM) et l'Association canadienne des technologues en radiation médicale (ACTRM). Le soutien stratégique et financier est apporté par le Partenariat canadien contre le cancer (PCCC), une ressource nationale pour la promotion de la prévention et du traitement du cancer. Le PCQR a pour mandat de soutenir l'accès universel à des traitements de radiothérapie sûrs et de grande qualité pour tous les Canadiens, grâce à l'amélioration du rendement du système et l'établissement de codes de pratique et d'indicateurs consensuels visant à faciliter la mise sur pied et l'évaluation de programmes de radiothérapie.

Le présent document présente en détail les objectifs de performance et les critères de sûreté des *mesures dosimétriques précliniques en radiothérapie à modulation d'intensité*. Le lecteur trouvera dans le document cadre *Codes de pratique du contrôle de la qualité technique pour les centres canadiens de radiothérapie*⁽¹⁾ une description générale d'un programme de contrôle de la qualité technique et la façon d'interpréter les objectifs et critères de performance détaillés dans le présent document.

Description du système

La radiothérapie à modulation d'intensité (IMRT) est une modalité de traitement dans laquelle la fluence des faisceaux est modulée afin d'obtenir une distribution de dose cliniquement acceptable, notamment une couverture adéquate de la cible en même temps qu'une dose limitée aux organes à risque^(2,3). Il y a plusieurs méthodes pour administrer un traitement d'IMRT, mais elles supposent toutes une modulation de la fluence à l'intérieur d'un même faisceau, que ce soit en mode segmenté (bras statique,

mouvement des lames pendant l'arrêt de l'irradiation), en mode dynamique (bras statique, mouvement des lames durant l'irradiation) ou en arcthérapie volumique modulée (VMAT; bras et lames en mouvement durant l'irradiation). Il existe plusieurs codes de pratique à propos de la mise en œuvre de l'IMRT dans une clinique de radiothérapie⁽⁴⁾. Les plus récents codes de pratique, publiés par l'American College of Radiology (ACR) et l'American Society for Radiation Oncology (ASTRO), sont à la base du présent document en ce qui concerne les procédures de mesures précliniques en IMRT^(5,6). L'administration exacte d'un plan d'IMRT dépend de nombreux aspects dans le processus de radiothérapie. Parmi ceux-ci on compte la mise en service et l'assurance de la qualité de l'équipement pour lequel il existe des codes de pratique du contrôle de la qualité technique (CQT) publiés par le PCQR, notamment le système de planification de traitement (TPS), l'accélérateur linéaire médical et le collimateur multilame (MLC), et le principal équipement de dosimétrie⁽⁷⁻⁹⁾. Les plans d'IMRT peuvent être sensibles aux inexactitudes des calculs du TPS et des logiciels de vérification des unités moniteur (UM), par exemple, pour les forts gradients de dose et les petits champs. L'ampleur de l'effet de ces inexactitudes dépend grandement de la technique locale de planification de traitement. Il y a donc un besoin de valider les plans de traitement en faisant des mesures dosimétriques précliniques. Pour un plan de traitement clinique déterminé, ces tests servent à comparer la dose délivrée à la dose calculée par le TPS. Outre la fidélité dosimétrique du plan validée en mesurant la dose, cela permet de vérifier que les faisceaux peuvent être administrés et que le plan a été correctement transféré vers le système d'enregistrement et de vérification.

La mesure de dose peut être effectuée à l'aide de divers instruments de dosimétrie. C'est le rôle du physicien médical qualifié de sélectionner un instrument de dosimétrie approprié au contrôle de la qualité préclinique en IMRT. Les instruments qui permettent un échantillonnage à haute résolution planaire ou volumique sont recommandés afin de mieux évaluer l'exactitude de la dose délivrée (par rapport à la dose planifiée) dans les régions de haut gradient. Ce sont par exemple des matrices de diodes ou de chambres d'ionisation, l'imageur électronique embarqué (EPID) ou des films⁽¹⁰⁾. L'instrument choisi doit pouvoir être étalonné ou contre-étalonné afin de permettre une comparaison de la dose absolue planifiée et de la dose absolue mesurée, en plus de la comparaison des doses relatives. On peut inclure plusieurs instruments dans la procédure de contrôle de qualité, si aucun d'eux ne remplit tous ces critères. Tel que cela a été récemment mentionné par l'ACR et l'ASTRO, il faut utiliser les champs du plan clinique lors du contrôle de qualité préclinique^(5,6). Cette exigence nécessite l'emploi d'un instrument de dosimétrie approprié pour la mesure de la dose par fraction, puisqu'il faut éviter de modifier le nombre d'UM. On s'assure ainsi que les tests de contrôle de qualité préclinique pour l'IMRT incluent une vérification des paramètres du plan de traitement et qu'aucun aspect de l'administration du plan en mode dynamique (p. ex., la vitesse des lames et le débit de dose) n'est touché par la modification du nombre d'UM. L'acceptation et la mise en service des instruments de dosimétrie devraient être effectuées selon des codes de pratique reconnus (p. ex., le *Code de pratique du contrôle de la qualité technique du principal équipement de dosimétrie* du PCQR, disponible sur pcqr.ca)⁽⁷⁻⁹⁾.

Les résultats de la comparaison de la dose planifiée à la dose délivrée sont généralement présentés en termes de taux de réussite. Ce taux de réussite représente le pourcentage des points de mesure qui

respectent les critères d'accord avec la dose planifiée définis par l'utilisateur. Les résultats dépendent donc de l'instrument de dosimétrie, du logiciel d'analyse et de la méthode de comparaison^(10,11).

Les mesures de contrôle de la qualité préclinique pour l'IMRT devraient être effectuées au cours de la mise en service des nouvelles techniques de traitement et lorsque du matériel ou un logiciel de l'infrastructure sous-jacente (Tableau 1) est installé ou mis à niveau. Ces mesures peuvent aussi être effectuées pour chaque patient aux fins de vérification du plan individuel.

Le présent code de pratique s'applique aux situations où, selon le jugement du physicien médical qualifié, des mesures dosimétriques précliniques sont nécessaires. Dans certaines situations spécifiques, une vérification dans un logiciel peut remplacer les mesures (logiciel de calcul secondaire d'UM ou calcul de dose indépendant) ; on se basera pour cela sur l'expérience et sur une compréhension profonde des limitations des logiciels de planification et de vérification. Dans de telles situations, la justification d'une vérification logicielle doit être bien documentée et consignée par l'institution.

Tel que décrit dans les paragraphes précédents, de nombreux facteurs peuvent influencer sur l'accord entre la dose planifiée et la dose mesurée. C'est pourquoi il est nécessaire pour chaque établissement de mettre en place un protocole de mesures pour le contrôle de la qualité préclinique des plans d'IMRT. Ce protocole devrait aborder au moins les points suivants et fournir des instructions pour chacun :

1. Calcul de dose dans le TPS pour comparaison à la dose mesurée

Le protocole devrait définir la méthode et les conditions du calcul de dose en 2D (planaire) ou en 3D dans le TPS et fournir les instructions d'exportation. Les détails nécessaires dépendent du TPS et de l'instrument de dosimétrie choisi, mais ils peuvent inclure les paramètres liés à la résolution de la grille de dose, les dérogations de dose requises, les réglages géométriques du calcul des cartes de dose, etc.

2. Mesure de la dose

2.1. Il faudrait mettre en œuvre et documenter la méthode d'étalonnage ou de contre-étalonnage de l'équipement de dosimétrie pour le contrôle de la qualité préclinique en IMRT (le cas échéant). Cela inclut la documentation des champs d'étalonnage nécessaires lorsque des mesures de contrôle de la qualité préclinique sont effectuées.

2.2. Inclure des instructions pour la mise en place des instruments de mesure et du fantôme.

2.3. Il faut spécifier la méthode d'administration des faisceaux du plan (p. ex., irradiation composite, acquisition champ par champ, élimination des angles de bras, de collimateur ou de table). Les détails de l'irradiation dépendent du type d'instrument de mesure et de la technique d'IMRT utilisée, et c'est donc le physicien médical qualifié qui est responsable de faire des choix appropriés. Les nombres d'UM et le débit de dose ne devraient pas être modifiés. En ce qui concerne les techniques de VMAT, les arcs délivrés devraient représenter les arcs du plan

clinique, notamment la vitesse de bras, le débit de dose et la vitesse des lames ; c'est pourquoi il ne faudrait faire aucune modification lors du contrôle de la qualité qui pourrait altérer ces caractéristiques.

2.4. Il faut spécifier comment définir les réglages du logiciel en fonction de l'instrument de dosimétrie (si nécessaire). Cela s'applique principalement aux matrices 2D ou 3D et aux films.

3. Analyse de la comparaison de la dose mesurée à la dose planifiée

Le protocole doit définir tous les réglages du logiciel requis pour l'analyse. Il peut s'agir notamment des seuils d'analyse, des critères d'analyse (p. ex., la différence relative de dose et la distance d'accord) et de la méthode d'analyse (p. ex., une analyse composite ou une analyse par l'indice gamma)^(12,13).

La définition des seuils de tolérance fait partie de la création de la procédure de contrôle de la qualité préclinique en IMRT et c'est donc la responsabilité du physicien médical qualifié. Il peut consulter la littérature pour trouver de l'aide sur comment établir des seuils de tolérance acceptables ; c'est un domaine de recherche actif. Les seuils de tolérance doivent être propres à l'institution, car les taux de réussites dépendent de l'instrument de dosimétrie et des méthodes d'analyse. De plus, on pourrait envisager de définir au besoin des seuils de tolérance spécifiques au site traité ou à la technique employée. On peut considérer une approche par la maîtrise statistique des procédés pour définir les seuils de tolérance et contribuer à justifier la baisse de la fréquence des mesures (c.-à-d., ne pas mesurer tous les plans)⁽¹⁴⁻¹⁸⁾.

Le protocole devrait inclure l'échéancier et les responsables de la vérification, et décrire la procédure à suivre lorsque les mesures dépassent les seuils de tolérance.

4. Enregistrement des résultats

Il faut mettre en place une méthode conventionnelle d'enregistrement des résultats de la comparaison entre la dose planifiée et la dose mesurée. Ces enregistrements peuvent en outre contenir des étapes connexes, notamment l'enregistrement de l'approbation du plan.

Codes de pratique connexes

Dans le but d'évaluer complètement les mesures de contrôle de la qualité préclinique pour l'IMRT, des tests additionnels décrits dans des codes de pratique du CQT connexes doivent être effectués et documentés, le cas échéant. Disponibles sur pcqr.ca, les codes de pratique connexes au présent document sont :

- Accélérateurs linéaires médicaux et collimateurs multilames
- Systèmes de planification de traitement
- Principal équipement de dosimétrie

Tableaux de tests

Tableau 1 : Tests de contrôle de qualité de l'IMRT

Article	Test	Performance	
		Tolérance	Intervention
IMRT1	Test de contrôle de la qualité préclinique en IMRT	complet	
IMRT2	Cas test pour le contrôle de qualité de l'IMRT	complet	
IMRT3	Test de stabilité du contrôle de qualité de l'IMRT	complet	
IMRT4	Procédure de contrôle de la qualité préclinique en IMRT	complet	
IMRT5	Vérification indépendante externe	complet	

Notes du tableau 1

IMRT1 Le test de contrôle de la qualité préclinique en IMRT consiste à comparer la dose planifiée d'un plan de traitement à la dose mesurée. Sa réalisation devrait faire partie intégrante de la vérification habituelle des plans par la physique selon la procédure établie par l'institution. On emploiera l'instrument de dosimétrie et les techniques d'analyse appropriés, tel que décrit au chapitre « Tests d'acceptation et de mise en service » du document *Codes de pratique du contrôle de la qualité technique pour les centres canadiens de radiothérapie*⁽¹⁾. Le test doit être effectué pour chaque patient, avant la première fraction. Toutefois, cette fréquence peut être réduite, à la discrétion du physicien médical qualifié et sur justification d'une analyse statistique rigoureuse des données existantes et de la documentation. Il est alors peut-être souhaitable de prévoir des tests additionnels pour vérifier certains aspects du plan (p. ex., la capacité du linac à administrer le plan) en l'absence de mesures dosimétriques. Lorsqu'un centre possédant plusieurs accélérateurs linéaires se conforme à tous les documents connexes listés plus haut, le contrôle de la qualité préclinique des plans d'IMRT n'a pas besoin d'être effectué à la salle où le patient sera traité ; il peut être effectué sur un autre accélérateur linéaire compatible.

Fréquence : à chaque patient (avant le début du traitement)

IMRT2 Un cas test de contrôle de qualité de l'IMRT est un test de comparaison de la dose planifiée d'un plan d'IMRT à la dose mesurée. Ce test se distingue d'IMRT1 en ce sens qu'il est effectué en dehors du processus de vérification de plan (ce n'est pas un test préclinique). Selon les besoins, ces cas tests peuvent être créés spécifiquement pour la mise en service ou peuvent dériver de cas cliniques antérieurs. Toutefois, ils devraient être similaires au plans acceptables en clinique. La réalisation de ces tests devrait suivre la procédure établie par l'institution et on

emploiera l'instrument de dosimétrie et les techniques d'analyse appropriés. Ces tests sont recommandés durant le processus de mise en service de toute infrastructure de planification ou de traitement ou à la mise en place d'une nouvelle technique de traitement ou d'une nouvelle procédure de planification. Le test peut être un test de bout en bout ; mais il n'est pas nécessaire d'acquérir une nouvelle image du fantôme ou de l'instrument de mesure à chaque fois. Le physicien médical qualifié décidera de l'étendue du test IMRT2 qui doit être effectuée de bout en bout, selon les circonstances dans lesquelles le test est fait.

Occasion : Mise en service d'une pièce de l'infrastructure sous-jacente (cf. documents connexes), d'une nouvelle technique de planification ou d'une nouvelle technique de traitement.

Fréquence : au besoin

IMRT3 Un cas test de contrôle de la qualité de l'IMRT est choisi pour être administré régulièrement (au moins tous les trois mois). Une mesure dosimétrique est prise et analysée, et les résultats sont comparés aux mesures de référence. Cela devrait être effectué sur l'accélérateur linéaire utilisé pour l'IMRT. Le cas test choisi devrait inclure les plus grandes variations sur la position des lames, la vitesse des lames, la vitesse du bras et le débit de dose en usage en clinique.

Fréquence : trimestriel

IMRT4 La mise en service d'un programme de contrôle de la qualité préclinique en IMRT inclut la création d'un protocole destiné au personnel, qui aborde (au moins) les points détaillés au chapitre « Tests d'acceptation et de mise en service » du document *Codes de pratique du contrôle de la qualité technique pour les centres canadiens de radiothérapie*⁽¹⁾. Afin de garantir que le protocole est à jour, celui-ci devrait être vérifié au moins annuellement, mais aussi à chaque mise en service touchant l'infrastructure sous-jacente (cf. documents connexes).

Fréquence : annuel

IMRT5 Une comparaison est faite à l'externe entre la dose planifiée en IMRT et la dose mesurée avec un instrument de dosimétrie et une procédure d'étalonnage indépendants. Cela pourrait être accompli par une vérification par des pairs ou bien au moment de l'accréditation à un essai clinique. Si le centre n'a pas les ressources suffisantes pour faire faire cette vérification externe à la fréquence recommandée, il peut à la place choisir d'effectuer un test de bout en bout avec un fantôme ou un dosimètre qui n'est pas utilisé lors des tests quotidiens ou mensuels de contrôle de la qualité préclinique.

Fréquence : biennal

Remerciements

Nous souhaitons remercier les nombreuses personnes qui ont participé à l'élaboration de ce code de pratique, notamment : Michelle Nielsen, Marie-Pierre Milette et Kyle Malkoske (rédacteurs adjoints) ; le comité consultatif sur l'assurance de la qualité et la radioprotection (QARSAC), le conseil d'administration de l'OCPM, Erika Brown et le comité directeur du PCQR, ainsi que toutes les personnes qui ont émis des commentaires lors de la phase de révision publique du présent code de pratique.

Références

1. Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie. Codes de pratique du contrôle de la qualité technique pour les centres canadiens de radiothérapie [En ligne]. 31 déc 2015 [cité le 1er mai 2016]. Disponible : <http://www.pcqr.ca/programmes/controle-de-la-qualite-technique>
2. Alber M, Broggi S, De Wagter C, Eichwurz I, Engström P, Fiorino C et al. Guidelines for the verification of IMRT, European guidelines for quality assurance in radiotherapy booklet no. 9. Bruxelles (BE) : European Society for Radiotherapy and Oncology; 2008.
3. Ezzell GA, Galvin JM, Low D, Palta JR, Rosen I, Sharpe MB et al. Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: report of the IMRT subcommittee of the AAPM Radiation Therapy Committee. Med Phys. 2003; 30(8):2089–115. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.1591194>
4. Galvin JM, Ezzell G, Eisbrauch A, Yu C, Butler B, Xiao Y et al. Implementing IMRT in clinical practice: a joint document of the American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and the American Association of Physicists in Medicine. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2004; 58(5):1616–34. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2003.12.008>
5. Hartford AC, Galvin JM, Beyer DC, Eichler TJ, Ibbott GS, Kavanagh B et al. American College of Radiology (ACR) and American Society for Radiation Oncology (ASTRO) practice guideline for intensity-modulated radiation therapy (IMRT). Am J Clin Oncol. 2012; 35(6):612–7. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1097/COC.0b013e31826e0515>
6. Moran JM, Dempsey M, Eisbruch A, Fraass BA, Galvin JM, Ibbott GS, Marks LB. Safety considerations for IMRT: executive summary. Pract Radiat Oncol. 2011;1(3):190–5. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppro.2011.04.008>
7. Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie. Code de pratique du contrôle de la qualité technique du principal équipement de dosimétrie [En ligne]. 28 fév 2015 [cité le 19 juil. 2016]. Disponible : <http://www.pcqr.ca/programmes/controle-de-la-qualite-technique>

8. Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie. Code de pratique du contrôle de la qualité technique des accélérateurs linéaires médicaux et des collimateurs multilames [En ligne]. 20 juil 2016 [cité le 20 juil 2016]. Disponible : <http://www.pcqr.ca/programmes/controle-de-la-qualite-technique>
9. Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie. Code de pratique du contrôle de la qualité technique des systèmes de planification de traitement [En ligne]. 29 juin 2016.[cité le 19 juil 2016]. Disponible : <http://www.pcqr.ca/programmes/controle-de-la-qualite-technique>
10. Low DA, Moran JM, Dempsey JF, Dong L, Oldham M. Dosimetry tools and techniques for IMRT. Med Phys. 2011;38:1313–38. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.3514120>
11. Ezzell GA, Burmeister JW, Dogan N, LoSasso TJ, Mechalakos JG, Mihailidis D et al. IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119. Med Phys. 2009;36(11):5359–73. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.3238104>
12. Harms Sr WB, Low DA, Wong JW, Purdy JA. A software tool for the quantitative evaluation of 3D dose calculation algorithms. Med Phys. 1998;25:1830–36. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.598363>
13. Low DA, Dempsey JF. Evaluation of the gamma dose distribution comparison method. Med Phys. 2003; 30(9):2455–64. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.1598711>
14. Palaniswaamy G, Brame RS, Yaddanapudi S, Rangaraj D, Mutic S. A statistical approach to IMRT patient-specific QA. Med Phys. 2012; 39(12):7560–70. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.4768161>
15. Breen SL, Moseley DJ, Zhang B, Sharpe MB. Statistical process control for IMRT dosimetric verification. Med Phys. 2008; 35(10):4417–25. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.2975144>
16. Ford EC, Terezakis S, Souranis A, Harris K, Gay H, Mutic S. Quality control quantification (QCQ): a tool to measure the value of quality control checks in radiation oncology. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2012; 84(3):263–9. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2012.04.036>
17. Gérard K, Grandhaye JP, Marchesi V, Kafrouni H, Husson F, Aletti P. A comprehensive analysis of the IMRT dose delivery process using statistical process control (SPC). Med Phys. 2009; 36(4):1275–85. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.3089793>
18. Pawlicki T, Yoo S, Court LE, McMillan SK, Rice RK, Russell JD et al. Moving from IMRT QA measurements toward independent computer calculations using control charts. Radiother Oncol. 2008;89(3):330–7. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1016/j.radonc.2008.07.002>