

Partenariat canadien pour la qualité en radiothérapie
Code de pratique du contrôle de la qualité technique
des appareils de radiothérapie à kilovoltage

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

29 juin 2015

KRM.2015.06.02

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 médicaux (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

Christophe Furstoss

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

Centres de validation externe

BC Cancer Agency – Fraser Valley Centre, Surrey, Colombie-Britannique

CIUSSS du Centre-Ouest-de-l'Île-de-Montréal – Hôpital général juif, Montréal, Québec

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 médecins 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 *appareils de radiothérapie à kilovoltage*. 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

En dépit de l'ombre que lui ont portée d'abord les appareils de ⁶⁰Co puis les accélérateurs linéaires, les appareils de radiothérapie de basse énergie dits à kilovoltage gardent leur utilité dans la gamme d'énergies proposées dans un programme de radiothérapie. Les rayons X de basse énergie trouvent leur application dans le traitement des lésions cutanées et des tumeurs superficielles. Le programme d'assurance la qualité des appareils à kilovoltage doit atteindre le même niveau de rigueur celui des

appareils de radiothérapie les plus modernes, et il est tout aussi important pour garantir l'administration sûre d'une dose exacte au patient dans le traitement des lésions appropriées.

On distingue deux catégories d'application de la radiothérapie à kilovoltage suivant la tension radiogène choisie. La gamme de basses énergies dite superficielle (tensions radiogènes maximales de 30 kV_p ou 40 kV_p à 100 kV_p et des intensités de quelques milliampères) est utilisée pour traiter les lésions en surface. Une filtration jusqu'à 6 mm d'aluminium est ajoutée pour supprimer les photons de très basse énergie et « durcir le faisceau ». Des applicateurs coniques fixés directement après la tête du tube sont le moyen habituel pour définir la surface à irradier. Sur certaines machines, on peut aussi utiliser un collimateur variable, ce qui nécessite plus de tests de contrôle de la qualité que pour les applicateurs. L'irradiation se pratique à courte distance source-surface (DSS) (p. ex., moins de 20 cm) et la lésion ne doit faire que quelques millimètres de profondeur. C'est pourquoi la gamme de kilovoltage est utilisée pour traiter les lésions superficielles à peu profondes. Ainsi, les tissus plus profonds sont relativement épargnés lorsqu'on traite des lésions en surface.

La thérapie dite à orthovoltage fait référence à la radiothérapie donnée avec des tensions radiogènes maximales dans la gamme de 100 kV_p à 300 kV_p, bien que 200 kV_p à 300 kV_p soit une définition plus utile. Cet outil de radiothérapie plus profonde requiert des intensités allant jusqu'à 20 mA et des filtres équivalents permettant d'obtenir des couches de demi-atténuation (CDA) de 1 mm à 4 mm de cuivre. Des applicateurs coniques ou des collimateurs variables sont utilisés pour définir les tailles des champs. Bien que les applicateurs coniques soient presque entièrement métalliques (p. ex. en cuivre), leur ouverture est en plastique transparent pour permettre de voir la région cible. Il faut donc porter une attention particulière à l'intégrité de cette partie en plastique. On choisit des DSS d'environ 50 cm (même si, en pratique, on peut avoir besoin d'une étendue de 30 cm à 50 cm). Le rendement en profondeur dans cette gamme dépend entre autres de facteurs tels que la tension, la CDA, la DSS et la taille de champ. Le maximum de dose se trouve près de la surface de la peau, et 90 % de la dose est délivrée à moins de 2 cm (profondeur d'eau) dans le tissu.

Le lecteur trouvera dans les Réf. 2–27 les descriptions détaillées de divers types d'appareils de radiothérapie à kilovoltage et des tests de contrôle de la qualité associés.

Codes de pratique connexes

Dans le but d'évaluer complètement la performance d'un appareil de radiothérapie à kilovoltage, des tests additionnels décrits dans des codes de pratique du contrôle de la qualité technique connexes doivent être effectués et documentés, le cas échéant. Disponibles sur pcqr.ca, les codes de pratique connexes au présent document sont :

- Systèmes de sûreté
- Principal équipement de dosimétrie

Tableaux de tests

Tableau 1 : Tests de contrôle de la qualité quotidiens

| Article | Test | Performance | |
|------------------|--|-------------|--------------|
| | | Tolérance | Intervention |
| Quotidien | | | |
| DK1 | Indicateurs de tension maximale et d'intensité | fonctionnel | |
| DK2 | Arrêt du faisceau avec la clé | fonctionnel | |
| DK3 | Interruption du faisceau | fonctionnel | |
| DK4 | Vérification du compteur d'UM ou minuteur de secours | 1 % | 2 % |
| DK5 | Test dosimétrique : vérification du débit de dose | 2 % | 4 % |

Notes sur les tests quotidiens

- DK1 Vérification du fonctionnement des indicateurs de tension maximale et d'intensité.
- DK2 Vérifier que le faisceau s'arrête lorsqu'on tourne la clé sur arrêt.
- DK3 Vérification du fonctionnement du bouton d'interruption de faisceau (l'irradiation s'interrompt, puis elle reprend lorsqu'on appuie à nouveau sur le bouton marche).
- DK4 Vérification quantitative du bon fonctionnement du minuteur de secours ou du compteur d'unités moniteur de secours.
- DK5 Test dosimétrique quantitatif : test de reproductibilité du débit de dose aux combinaisons sélectionnées d'énergie et de filtration. Si le débit de référence reste stable dans le temps, on peut rendre ce test hebdomadaire, à condition de garder les documents et les rapports qui le justifient.

Tableau 2 : Tests de contrôle de la qualité hebdomadaires

| Article | Test | Performance | |
|---------------------|--|-------------|--------------|
| | | Tolérance | Intervention |
| Hebdomadaire | | | |
| WK1 | Mouvement et freins de la table | fonctionnel | |
| WK2 | Mouvements et freins de l'appareil | fonctionnel | |
| WK3 | Verrouillage des filtres ajoutés et de l'adéquation tension-filtre | fonctionnel | |
| WK4 | Test dosimétrique : vérification du débit de dose | 2 % | 4 % |

Notes sur les tests hebdomadaires

- WK1 Vérification du fonctionnement des mouvements de table et de ses freins (le cas échéant).
- WK2 Vérification du fonctionnement des mouvements de l'appareil et de ses freins.
- WK3 Vérification du verrouillage des filtres ajoutés, de l'insertion correcte des filtres et de l'accord entre filtre et tension sélectionnée.
- WK4 Test dosimétrique quantitatif : test de reproductibilité du débit de dose à toutes les énergies. Ce test peut être limité aux énergies utilisées en clinique à condition d'empêcher l'utilisation d'énergies additionnelles (par exemple, en enlevant de la salle les filtres correspondants).

Tableau 3 : Tests de contrôle de la qualité mensuels

| Article | Test | Performance | |
|----------------|---|-------------|--------------|
| | | Tolérance | Intervention |
| Mensuel | | | |
| MK1 | Stabilité et sûreté mécaniques | fonctionnel | |
| MK2 | Intégrité des cônes et filtres ; indicateurs de cônes | fonctionnel | |
| MK3 | Téléètres mécaniques | 2 mm | 3 mm |
| MK4 | Exactitude de l'affichage de l'inclinaison et de la rotation de la tête | 1° | 1,5° |
| MK5 | Coïncidence des champs lumineux et radiatif | 2 mm | 3 mm |
| MK6 | Taille du champ lumineux | 2 mm | 3 mm |

| | | | |
|------|---|---------|------|
| MK7 | Indicateur de la taille du champ radiatif | 2 mm | 3 mm |
| MK8 | Uniformité du faisceau de radiation | 5 % | 8 % |
| MK9 | Vérification et reproductibilité du débit de référence avec inclinaison ou rotation de la tête. | 2 % | 4 % |
| MK10 | Exactitude du minuteur | 1 % | 2 % |
| MK11 | Stabilité du débit de dose | 2 % | 4 % |
| MK12 | Enregistrements | complet | |

Notes sur les tests mensuels

- MK1 Vérifier que l'appareil et les accessoires sont solidement fixés et peuvent être utilisés sans mettre les patients et le personnel en danger.
- MK2 Vérifier l'intégrité des filtres, des cônes et des indicateurs de cônes.
- MK3 Vérifier les télémètres optique et mécanique.
- MK4 Vérifier l'affichage des angles.
- MK5 Les paramètres de performance font référence à la coïncidence pour chaque bord de champ. Ce test ne s'applique pas à certaines conceptions de machine.
- MK6 Test géométrique pour vérifier les tailles de champ optique (le cas échéant).
- MK7 Confirmer la taille de champ radiative lorsqu'on utilise un collimateur variable. On doit vérifier au moins deux tailles de champ.
- MK8 À l'aide d'un film, la planéité et la symétrie du faisceau de rayons X doivent être évaluées pour le plus grand cône.
- MK9 Test dosimétrique quantitatif : test de reproductibilité du débit de dose à toutes les énergies et à différentes inclinaisons et rotations de la tête⁽²⁸⁾.
- MK10 L'exactitude du minuteur doit être vérifiée avec un chronomètre sur une plage de dose de 10 cGy à 1000 cGy.
- MK11 Le débit de dose doit être vérifié pour toutes les énergies sur les systèmes à unités moniteur.
- MK12 La documentation des résultats des contrôles de la qualité quotidiens, des entretiens préventifs, des appels de service et des suivis subséquents doit être complète, lisible et l'intervenant doit y être identifié.

Tableau 4 : Tests de contrôle de la qualité annuels

| Article | Test | Performance | |
|---------------|---|----------------------------|--------------|
| | | Tolérance | Intervention |
| Annuel | | | |
| AK1 | Dosimétrie de référence | 1 % | 2 % |
| AK2 | Minuteur et non-linéarité | caractériser | ±0,05 min |
| AK3 | Linéarité de la dose | s. o. | 1 % |
| AK4 | Reproductibilité de la dose | 2 % | 3 % |
| AK5 | Erreur de débit due à une interruption de faisceau | 2 % | 4 % |
| AK6 | Qualité du faisceau | 10 % | 15 % |
| AK7 | Alignement des foyers géométriques | 0,5 mm | 1 mm |
| AK8 | Dimension du foyer géométrique | reproductible | |
| AK9 | Rendement en profondeur | caractériser et documenter | |
| AK10 | Profils des faisceaux | caractériser et documenter | |
| AK11 | Vérification indépendante du contrôle de la qualité | complet | |

Notes sur les tests annuels

- AK1 À l'aide d'instruments de dosimétrie de haute qualité étalonnés à partir de l'étalon secondaire local, étalonner tous les faisceaux avec tous les cônes utilisés.
- AK2 La mesure de l'erreur de minuteur et de la non-linéarité peut être faite en même temps que AK3.
- AK3 Mesurer la linéarité de la dose délivrée à une DSS de référence, sur une plage de 10 cGy à 1000 cGy, et pour une combinaison filtre-cône utilisée en clinique.
- AK4 Vérifier la reproductibilité de la dose délivrée pour une combinaison filtre-cône utilisée en clinique. Ces mesures doivent aussi être effectuées à des angles d'inclinaison et de rotation de la tête utilisés en clinique.
- AK5 Erreur de débit de dose mesurée lorsque l'irradiation est interrompue puis reprise, pour une combinaison filtre-cône utilisée en clinique.
- AK6 Mesurer la CDA de chaque faisceau utilisé en clinique. Les CDA mesurées en millimètres d'aluminium ou de cuivre, selon le cas, sont comparées aux valeurs obtenues lors de la mise

en service. Les seuils de tolérance et d'intervention spécifiés prennent en compte les incertitudes de mesure.

- AK7 Mesure quantitative de la tache focale à comparer à la valeur obtenue lors de l'acceptation, le cas échéant.
- AK8 Mesurer à l'aide d'un trou d'aiguille ou d'un outil de résolution.
- AK9 Mesurer les rendements en profondeur pour toutes les combinaisons filtre-cône et les comparer aux rendements de référence.
- AK10 Mesurer des profils de faisceau le long et en travers du tube pour toutes les combinaisons filtre-cône et les comparer aux profils de référence.
- AK11 Pour assurer la redondance et une surveillance appropriée, un deuxième physicien médical qualifié doit effectuer au moins une fois par année une vérification indépendante de la mise en œuvre des tests de contrôle de la qualité ainsi que de l'analyse et de l'interprétation des résultats.

Remerciements

Nous souhaitons remercier les nombreuses personnes qui ont participé à l'élaboration de ce code de pratique, notamment : Normand Frenière et David Sasaki (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/contrôle-de-la-qualité-technique>
2. Amdur RJ, Kalbaugh KJ, Ewald LM, Parsons JT, Mendenhall WM, Bova FJ, Million RR. Radiation therapy for skin cancer near the eye: kilovoltage x-rays versus electrons. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1992;23(4):769–79. Disponible : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1618670>
3. Belanger R, Papin PJ, rédacteurs. University health physics: Health Physics Society 2003 summer school. Madison (WI): Medical Physics Publishing; 2003.
4. Biggs P, Ma CM, Doppke K, Niroomand-Rad A, Beatty J. Kilovoltage x-rays. Dans : The modern technology of radiation oncology: a compendium for medical physicists and radiation oncologists. Van Dyk J, rédacteur. Madison (WI): Medical Physics Publishing; 1999. p. 287–312.
5. British Institute of Radiology, Institute of Physics Engineering in Medicine and Biology. Central axis depth dose data for use in radiotherapy, 1996 : a survey of depth doses and related data measured in water or equivalent media. *British Journal of Radiology*, Supplement no. 25. London (GB): British Institute of Radiology; 1996. 188 p.
6. Bushong SC. Radiologic science for technologists: physics, biology and protection. 7e éd. St. Louis (MO): Mosby; 2001.
7. Conseil canadien des normes. Medical electrical equipment. Part 2: particular requirements for the safety of therapeutic x-ray generators. CAN/CSA-C22.2 no.601.2.8-92 [Annulée]. Ottawa (ON): Le Conseil; 1992.
8. Gerig L, Soubra M, Dalhani D. Beam characteristics of the Therapax DXT300 orthovoltage therapy unit. *Phys Med Biol.* 1994;39(9):1377-92. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/39/9/006>
9. Loi sur la protection contre les rayons X, L.R.O. 1990, chap. H.2. 1990 [mis à jour le 12 mai 2011, cité le 25 jan 2017]. Disponible : <https://www.ontario.ca/fr/lois/loi/90h02>
10. Agence internationale de l'énergie atomique. International code of practice IAEA technical reports series no. 277. Absorbed dose determination in photon and electron beams. Vienne (AT): L'Agence; 1987.
11. Commission internationale des unités et mesures radiologiques. Report 23: measurement of absorbed dose in a phantom irradiated by a single beam of x or gamma rays. Washington (DC): La Commission; 1973.

12. Institute of Physical Sciences in Medicine. Report no. 54: commissioning and quality assurance of linear accelerators. York (GB): The Institute; 1988.
13. Khan F. The physics of radiation therapy. 2e.édition, chap. 4. Baltimore (MA): Williams and Wilkins; 1994.
14. Klevenhagen SC, Aukett RJ, Harrison RM, Moretti C, Nahum AE, Rosser KE. The IPEMB code of practice for the determination of absorbed dose for x-rays below 300 kV generating potential (0.035 mm Al – 4 mm Cu HVL; 10-300 kV generating potential). Phys. Med. Biol. 1996;41(12):2605-25. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/41/12/002>
15. Kutcher GJ, Coia L, Gillin M, Hanson WF, Leibel S, Morton RJ et al. Comprehensive QA for radiation oncology: report of AAPM radiation therapy committee Task Group 40. Med Phys. 1994;21(4):581–618. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.597316>
16. Ma CM, Coffey CW, DeWerd LA, Liu C, Nath R, Seltzer SM, Seuntjens JP. AAPM protocol for 40-300 kV x-ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology. Med Phys. 2001;28(6):868-93. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.1374247>
17. Mayles WPM, Lake R, McKenzie A, Macaulay EM, Morgan HM, Jordan TJ, Powley SK, rédacteurs. Physics aspects of quality control in radiotherapy – IPEM Report no 81. York (GB): Institute of Physics and Engineering in Medicine; 1999.
18. Santé Canada. Les appareils radiographiques en diagnostic médical Partie A : techniques de sécurité recommandées pour l’installation et l’utilisation - Code de sécurité 20A [En ligne]. 1999 [modifié le 15 sept 2008, cité le 1er juin 2015]. Disponible : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/safety-code_20-securite/index-fra.php
19. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural shielding design and evaluation for medical use of x-rays and gamma rays of energies up to 10 MeV, Report no. 49. Washington (DC): The Council; 1976.
20. National Council on Radiation Protection and Measurements. Dosimetry of x-ray and gamma-ray beams for radiation therapy in the energy range 10 keV to 50 MeV, report no. 69. Washington (DC): The Council; 1981.
21. National Council on Radiation Protection and Measurements. Operational radiation safety program, report no. 127. Washington (DC): The Council; 1998.
22. Nikolic M, Van Dyk J. Use of a megavoltage constancy meter for orthovoltage quality assurance. Med Phys. 1993;20(6):1747-50. Disponible : <http://dx.doi.org/10.1118/1.596962>

23. Règlement sur les dispositifs émettant des radiations, C.R.C., ch. 1370 [En ligne]. 1er juin 2009 [modifié le 7 mai 2014, cité le 7 juin 2016]. Disponible : [http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/C.R.C., c. 1370.pdf](http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/C.R.C.,_c._1370.pdf)
24. Robins J et al. Quality assurance for medical linear accelerators. Toronto (ON): Ontario Medical Physics Association; 1989.
25. Roessler CE, rédacteur. Management and administration of radiation safety programs: health physics society 1998 summer school. Madison (WI): Medical Physics Publishing; 1998.
26. Videla N, Gillies BA. Ontario standards for quality assurance: cobalt-60 teletherapy units. Toronto (ON): Cancer Care Ontario; 1998.
27. Organisation mondiale de la santé. Quality assurance in radiotherapy. Genève (CH): L'Organisation; 1988.
28. Goharian M, Nygren I, Tambasco M, Villarreal-Barajas JE. Angular dependence of the output of a kilovoltage x-ray therapy unit. J Appl Clin Med Phys. 2010;11(3):276-84.