



Guide d'évaluation de la tomodensitométrie axiale à faible dose

AVIS ET RECOMMANDATIONS

JUILLET 2024

GUIDE DE PRATIQUE PROFESSIONNELLE

AUTEUR

Raymond Carrier, M. Sc., MBA, FCCPM,
physicien médical consultant,
Laboratoire de santé publique du Québec

SOUS LA COORDINATION DE

Valérie Dekimpe, Ph. D., cheffe d'unité scientifique –
Assurance qualité,
Judith Fafard, M.D., FRCPC, microbiologiste-infectiologue,
directrice médicale,
Laboratoire de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Jean Arsenault, M. Sc., physicien médical,
Association québécoise des physicien(ne)s médicaux cliniques
Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de
Québec-Université Laval

Moulay Ali Nassiri, Ph. D., physicien médical,
Association québécoise des physicien(ne)s médicaux cliniques
Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du
Québec
Organisation canadienne des physiciens médicaux
Collège canadien des physiciens en médecine
American Association of Physicists in Medicine
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de
l'Estrie - Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
Professeur associé
Faculté de médecine et des sciences de la santé
Université de Sherbrooke

Vincent Pitre, M. Sc., physicien médical,
Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du
Québec
Organisation canadienne des physiciens médicaux
Radioprotection Inc.

Normand Nadon, Ph. D., physicien médical,
Phys-X Inc

Maria Kalivas, t.i.m., assistante-chef technologue en
radiologie,
Laboratoire de santé publique du Québec

RÉVISION

Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du
Québec
Association québécoise des physicien(ne)s médicaux cliniques
Bureau d'information et d'études en santé des populations
Institut national de santé publique du Québec
Direction des dépistages en cancérologie
Ministère de la santé et des services sociaux
Direction générale de santé publique
Ministère de la santé et des services sociaux

MISE EN PAGE

Auréli Perret, agente administrative,
Laboratoire de santé publique du Québec

L'auteur et les collaborateur(-trice)s ont dûment rempli leurs
déclarations d'intérêts et aucune situation à risque de conflits
d'intérêts réels, apparents ou potentiels n'a été relevée.

Les réviseur(e)s ont été convié(e)s à apporter des
commentaires sur la version préfinale de ce document et en
conséquence, n'en ont pas révisé ni endossé le contenu final.

*Ce document est disponible intégralement en format
électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de
santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.*

*Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche
sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit
d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une
autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits
exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette
autorisation peut être obtenue en formulant une demande au
guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des
Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne
accessible à l'adresse suivante :
<http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en
écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.*

*Les données contenues dans le document peuvent être citées, à
condition d'en mentionner la source.*

Dépôt légal – 3^e trimestre 2024
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-97906-7 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2024)

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier la direction des dépistages en cancérologie pour les travaux préparatoires à un programme de dépistage du cancer du poumon et pour l'attention portée à la qualité, critère indispensable au succès d'un bon dépistage. Merci pour le support et les échanges positifs ayant conduit à la matérialisation de cet ouvrage.

Ils remercient, aussi, l'Association québécoise des physicien(ne)s médicaux cliniques (AQPMC) et l'Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec (APIBQ) pour avoir appuyé et même sollicité l'existence de contrôle de qualité dans la préparation d'un programme de dépistage. Merci, de plus, pour la révision d'un premier manuscrit qui a permis de bonifier grandement le document final.

De plus, ils offrent leur reconnaissance à M. Renald Lemieux, ex-directeur du Centre d'expertise clinique en radioprotection (CECR), qui a rendu disponible une copie exploitable du guide CECR sur la tomodensitométrie fait en 2013, lequel a servi de tremplin pour le présent guide. Trois des auteurs actuels composaient d'ailleurs l'équipe de jadis.

Bien que cité précédemment pour son travail de mise en page, les auteurs veulent souligner l'apport de madame Aurélie Perret au document, elle, qui à partir de textes, figures et tableaux, a su mettre de l'ordre et de l'élégance dans la présentation.

Et finalement, ils expriment leur reconnaissance à Mme Valérie Dekimpe pour avoir fourni à l'équipe de rédaction les ressources requises et faire les liens indispensables avec les équipes ministérielles.

AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux dans sa mission de santé publique. L'Institut a également comme mission, dans la mesure déterminée par le mandat que lui confie le ministre, de soutenir Santé Québec, la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, le Conseil cri de la santé et des services sociaux de la Baie-James et les établissements, dans l'exercice de leur mission de santé publique.

La collection *Avis et recommandations* rassemble sous une même bannière une variété de productions scientifiques qui apprécient les meilleures connaissances scientifiques disponibles et y ajoutent une analyse contextualisée recourant à divers critères et à des délibérations pour formuler des recommandations.

Le présent guide de pratique professionnelle décrit une série de tests à réaliser par les médecins pour évaluer les performances d'un tomodensitomètre. Il comprend également des tests spécifiques à l'utilisation de cet équipement dans le cadre d'un programme de dépistage des maladies pulmonaires. Le document standardise la méthodologie pour effectuer les tests les plus importants et spécifie les critères de conformité de chacun de ces tests. Il recommande aussi des protocoles de faible dose de radiation, pour chaque modèle de tomodensitomètre nécessaire pour effectuer les examens de la tomodensitométrie axiale à faible dose.

La direction de la cancérologie du ministère de la Santé et Services Sociaux a mandaté le Laboratoire de santé publique du Québec pour participer à la mise en place d'un programme d'assurance de la qualité associé au programme de dépistage du cancer du poumon. Le présent guide, à l'intention des médecins, porte essentiellement sur le contrôle de la qualité des tomodensitomètres et des consoles de lecture, constituant ainsi un élément important de ce programme d'assurance de la qualité. Les autres aspects de ce programme et les rôles et responsabilités des différents intervenants tels que les technologues, les radiologistes et les médecins seront couverts ultérieurement.

Ce document s'adresse principalement aux médecins qui réalisent l'évaluation des équipements radiologiques utilisés dans ce programme de dépistage. Les centres retenus dans le programme de dépistage du cancer du poumon par la tomodensitométrie axiale à faible dose, cliniques de radiologie ou services de radiologie dans les établissements, recevront à la suite des évaluations par les médecins des rapports standardisés et compréhensibles avec des directives claires pour la rencontre des exigences du programme de dépistage.

Nous espérons qu'il vous sera utile.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	IV
GLOSSAIRE	V
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES.....	VI
SOMMAIRE	1
INTRODUCTION.....	3
MÉTHODOLOGIE.....	5
TESTS DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ À RÉALISER PAR LE PHYSICIEN	7
1 PREMIÈRE PARTIE : TESTS D'UN TDM	7
1.1 Observations générales lors de l'évaluation d'un TDM.....	12
1.2 Test 1 : Analyse des artefacts et mesure de l'homogénéité	13
1.3 Test 2 : Performance du tube radiogène.....	14
1.4 Test 3 : Ouverture du collimateur et exactitude du faisceau laser selon l'axe z	15
1.5 Test 4 : Exactitude des mouvements longitudinaux de la table d'examen.....	16
1.6 Test 5 : Performances du TDM : caractéristiques et qualité d'image	17
1.7 Test 6 : Indice de dose tomodensitométrique volumique (CTDI _{vol})	20
1.8 Test 7 : Performance d'une station de lecture	23
1.9 Test 8 : Blindage.....	25
2 DEUXIÈME PARTIE : TESTS SPÉCIFIQUES À LA TAFD	27
2.1 Identification des protocoles utilisés cliniquement	29
2.2 Test 9 : Mesure de l'exposition en mode localisation.....	30
2.3 Test 10 : Indice de dose	31
2.4 Test 11 : Nombre CT et bruit selon éloignement du centre.....	32
2.5 Test 12 : Résolution spatiale selon éloignement du centre.....	33
3 FRÉQUENCE DES VÉRIFICATIONS	35
4 RAPPORT	36
5 FORMULAIRES	37
6 CONSERVATION DES DOCUMENTS	38
CONCLUSION	39
RÉFÉRENCES	40

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Tableau 1	Liste des observations lors de l'évaluation d'un TDM.....	8
Tableau 2	Liste des tests requis pour l'évaluation d'un TDM.....	9
Tableau 3	Nombres CT des matériaux contenus dans le fantôme CATPHAN® 700.....	19
Tableau 4	Critères de précision de l'épaisseur de coupe.....	19
Tableau 5	Coefficients d'occupation recommandés en fonction du type de zone.....	26
Tableau 6	Liste des observations et tests spécifiques à la technique de la TAFD	28
Figure 1	Détecteur à l'état solide de RTI electronics (CT-SD16) pour la mesure du CTDI ₁₀₀	21
Figure 2	Influence de la largeur du faisceau sur la mesure CTDI ₁₀₀	22
Figure 3	Fantôme CTDI, section périphérique.	30
Figure 4	Uniformité selon l'éloignement du centre dans le fantôme CTDI, partie périphérique	32
Figure 5	FTM selon l'éloignement du centre dans le fantôme CTDI, partie périphérique	34
Figure 6	Analyse de la résolution, de la précision des nombres UH et du bruit d'image dans le fantôme CTDI, partie périphérique.....	34

GLOSSAIRE

Pour le lecteur, non spécialiste en imagerie médicale, ni en tomodensitométrie, voici quelques notions utiles pour la lecture de ce guide.

Tomodensitomètre (TDM) : Une machine utilisée en imagerie médicale pour obtenir des images en coupes transversales du corps humain. Le TDM utilise un tube à rayons X qui émet un faisceau de rayons X tout en effectuant une rotation. Ce faisceau traverse le corps humain. De l'autre côté du corps, des détecteurs, asservis aux mouvements du tube, mesurent la quantité de rayons X qui traverse le corps. Les données collectées par les détecteurs sont ensuite transmises à un ordinateur. Un algorithme complexe est utilisé pour reconstruire en 3 dimensions les images du corps humain.

Tomodensitométrie axiale à faible dose (TAFD) : Une technique d'imagerie médicale qui utilise des rayons X pour obtenir des images détaillées des poumons. Bien qu'elle utilise le TDM, les paramètres techniques du protocole d'exposition conduisent à des doses de radiation bien inférieures à celle d'une tomodensitométrie standard, ce qui réduit le risque d'effets secondaires.

Fantômes : En imagerie médicale, un fantôme est un objet qui remplace le corps humain lors de tests et de calibrations des appareils d'imagerie. Les fantômes sont conçus pour tester des aspects spécifiques d'un appareil d'imagerie médicale. Par exemple, un fantôme de test peut être utilisé pour tester la résolution spatiale d'un TDM. Les fantômes de dosimétrie sont utilisés pour mesurer la dose de radiation reçue par un patient lors d'un examen d'imagerie médicale.

Fantôme CATPHAN® : Le fantôme CATPHAN®, développé par The Phantom Laboratory et recommandé pour évaluer des performances des tomodensitomètres, est un outil de test et de calibration largement utilisé pour les scanners tomodensitométriques (TDM). Il est composé de plusieurs modules qui permettent de tester différents aspects du TDM, tels que la résolution spatiale, le contraste, l'uniformité. Les modules du fantôme CATPHAN® sont fabriqués à partir de différents matériaux.

Fantôme CTDI : Le fantôme de dosimétrie CTDI (indice de dose tomodensitométrique) est un outil spécifique utilisé pour mesurer la dose de radiation reçue par un patient lors d'un examen TDM. Le fantôme de dosimétrie CTDI est généralement cylindrique et fabriqué à partir de matériaux qui simulent les tissus humains, comme le polyméthacrylate de méthyle (PMMA).

Nombre CT ou unité Hounsfield : Les éléments constitutants de l'image appelées pixels contiennent un résultat numérique exprimant la densité de la matière radiographiée calculée par l'algorithme de reconstruction. L'échelle Hounsfield est définie de telle sorte que l'eau ait une valeur de 0 UH et l'air une valeur de -1000 UH. Les valeurs positives correspondent à des matériaux plus denses que l'eau, tandis que les valeurs négatives correspondent à des matériaux moins denses. L'os se situe à environ +1000 sur cette échelle.

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AAPM	American Association of Physicists in Medicine
APIBQ	Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec
AQPMC	Association québécoise des physicien(ne)s médicaux cliniques
CCPM	Collège canadien des physiciens en médecine
CDA	Couche de demi-atténuation
CECR	Centre d'expertise clinique en radioprotection
CTDI	<i>Computed tomography dose index</i> . Un calcul spécifique standardisé de la dose en tomodensitométrie à l'aide d'un fantôme déterminé
FTM	Fonction de transfert de modulation. Une mesure de la capacité d'un système à résoudre les détails des structures
FOV	<i>Field of view</i> . Diamètre du champ irradié par le TDM et mis en image. Également dénoté SFOV pour <i>Scan Field of View</i> (pour différencier de DFOV ou <i>Display Field of View</i>)
GSDF	<i>Grayscale Standard Display Function</i> . Échelle des teintes de gris sur un moniteur d'affichage des images radiologiques et optimisée pour la perception des structures, selon le standard DICOM
IEC	International Electrotechnical Commission
IAEA	International Atomic Energy Agency
INESSS	Institut national d'excellence en santé et en services sociaux
kV	Kilovolt. Tension appliquée entre anode et cathode d'un tube radiogène
LSPQ	Laboratoire de santé publique du Québec
LIM	Laboratoire d'imagerie médicale générale
LSF	<i>Line spread function</i> . Fonction de l'étalement d'une structure linéaire sur l'image résultante. Cette fonction conduit à la fonction de transfert de modulation
mAs	Milliampère-seconde
mGy	Milligray. Unité de dose de radiation absorbée dans un milieu

MIP	<i>Maximum Intensity Projection</i> . Appellation d'images spécifiques mettant en évidence des structures les plus denses d'un volume
mR	Milliroentgen. Unité de mesure des radiations dans l'air
MSSS	Ministère de la Santé et Services sociaux
mSv	Millisievert. Unité de dose absorbée dans un milieu biologique et dont on considère l'amplitude des effets
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurements
OCPM	Organisation canadienne des médecins médicaux
pl/cm	Nombre de paires de lignes par centimètre
PMMA	<i>Polymethyl methacrylate</i> . Polymère thermoplastique communément nommé acrylique.
ROI	<i>Region of interest</i> . Une région de l'image sur laquelle on calcule la moyenne ou l'écart-type des valeurs contenus dans les pixels.
RCB	Rapport Contraste Bruit. Ratio obtenu par la différence des valeurs CT des pixels de deux régions d'intérêt et l'écart-type de ces nombres
SD	<i>Standard deviation</i> . Écart-type des valeurs contenus dans les pixels d'une région d'intérêt.
TAFD	Tomodensitométrie axiale à faible dose
TDM	Tomodensitomètre
TG18	<i>Task Group 18</i> . Groupe de travail de l'AAPM qui a produit une série de mires pour l'évaluation de moniteurs servant à la lecture des images radiologiques.
UH ou Nombre CT	Unité Hounsfield. Valeur de densité attribuée à un structure sur une échelle spécifique à la tomodensitométrie où l'eau est zéro et l'air est -1000
VBÉ	Valeurs de base établies. Certains critères de conformité sont basés sur la stabilité et s'appuient sur une valeur de base établie à l'installation ou lors d'une évaluation antérieure.

SOMMAIRE

CONTEXTE

L'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux recommandait en 2019 que le dépistage du cancer du poumon par la tomodensitométrie axiale à faible dose soit accessible suite à une évaluation en contexte réel de soins. Plusieurs pays et d'autres provinces^(10,12,18) du Canada ont mis en place un tel programme.

Un projet pilote, mis en place avec un petit nombre de centres habilités à offrir le service, a pris fin le 31 mars 2024 et le Québec compte se munir d'un programme permanent. Parmi les étapes pour y parvenir, il est nécessaire de considérer la qualité des équipements utilisés dans les installations approuvées pour offrir le dépistage par la tomodensitométrie axiale à faible dose.

OBJECTIF

L'évaluation des tomodensitomètres assure notamment la qualité des images de poumons soumises aux radiologistes lors du dépistage. L'intention de ce guide, par conséquent, est de fournir aux médecins du Québec qui procèdent à l'évaluation de tomodensitomètres en milieu hospitalier ou en clinique privée des critères uniformes pour la réalisation des tests de contrôle de la qualité des tomodensitomètres et des consoles de lecture afin d'obtenir des images diagnostiques de qualité optimale, avec des doses de radiations minimales.

CONTENU DU GUIDE

Ce guide décrit douze (12) tests à réaliser annuellement par des médecins dans les installations participantes dans le programme de dépistage du cancer du poumon par la tomodensitométrie axiale à faible dose. Il comporte deux parties principales : 1. des tests pour l'évaluation d'un tomodensitomètre; 2. des tests spécifiques à la tomodensitométrie axiale à faible dose. Ces parties sont complétées par des chapitres sur la fréquence des tests, la production du rapport d'évaluation et la durée de conservation des documents.

Tests pour l'évaluation d'un tomodensitomètre

Cette première partie comprend une liste d'observations générales à consigner ainsi que huit (8) tests à réaliser. Les objectifs, le matériel requis, la méthode et les critères de conformité sont spécifiés pour chaque test.

Les performances minimales de l'appareil sont testées de façon à évaluer le bon fonctionnement de l'appareil et la production d'images respectant les normes de qualité requises. Les conditions environnementales de lecture et de radioprotection sont également considérées. Étant donné la variété de paramètres pouvant différer selon les fabricants et les modèles d'équipements, les critères de performance sont souvent exprimés sur la base de l'évolution dans le temps à partir de valeurs de référence obtenues, soit à l'installation de l'appareil, soit au moment d'une première évaluation par le physicien.

Tests spécifiques à la tomodensitométrie axiale à faible dose

Cette seconde partie présente quatre (4) tests dont le but est de permettre la visualisation des nodules pulmonaires de moins de 10 mm, d'en évaluer leurs volumes et d'en quantifier leurs compositions, tout en respectant des doses d'irradiation faibles. Les objectifs, le matériel requis, la méthode et les critères de conformité sont également précisés pour chaque test.

La détection des nodules pulmonaires périphériques, en particulier ceux de petite taille (4-10 mm), peut-être plus difficile à repérer. Les performances d'un tomodensitomètre sont influencées par plusieurs facteurs, dont la qualité de l'équipement et les paramètres du protocole d'acquisition et de reconstruction, en sus de l'expertise du radiologiste. La tension, le courant, le temps de rotation, la collimation, le pas de table, l'épaisseur de coupe et le filtre de reconstruction ont tous un impact significatif sur la qualité des images. Le choix de ces paramètres, par conséquent, revêt une importance majeure car il influence la capacité à détecter et quantifier les nodules pulmonaires.

Rapport, conservation

Le rapport d'évaluation, produit annuellement, est transmis au radiologiste responsable à moins d'indication contraire. Ce rapport standardisé se compose en outre des formulaires relatifs aux différentes vérifications effectuées pour assurer le contrôle de la qualité. En cas de non-conformité, une démarche sera suggérée pour corriger l'anomalie et rencontrer les exigences et les critères de performances. Les rapports sont conservés par le centre pendant toute la durée de vie de l'appareil.

INTRODUCTION

L'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) publiait en 2019 un avis favorable à l'implantation d'un programme de dépistage du cancer du poumon par la tomodensitométrie axiale à faible dose⁽¹⁾.

L'INESSS a procédé à une évaluation de la performance, de l'efficacité clinique et de l'innocuité du dépistage du cancer du poumon par la tomographie axiale à faible dose, suivie par les impacts organisationnels et économiques d'une éventuelle implantation du dépistage du cancer du poumon par la tomographie axiale à faible dose dans le contexte québécois.

À la suite de l'intégration des données scientifiques et contextuelles ainsi que l'analyse des données recueillies lors de consultations auprès de personnes potentiellement admissibles au dépistage du cancer du poumon et auprès de citoyens, l'INESSS recommande que le dépistage du cancer du poumon par la TAFD ne puisse être offert et accessible que dans le cadre d'une évaluation rigoureuse en contexte réel de soins.

La rigueur réclamée par l'INESSS passe, entre autres, par des images de qualité obtenues avec des équipements bien évalués et passe aussi par une utilisation minimale des radiations, d'où l'appellation « faibles doses ».

Plusieurs pays et d'autres provinces du Canada ont mis en place un tel programme^(8, 10, 12,18). Au Québec, un projet pilote en cours depuis quelques années, a pris fin le 31 mars 2024. À la suite de ce projet, le Québec compte se munir d'un programme permanent similaire. Parmi les étapes pour y parvenir, il était nécessaire d'établir les critères d'évaluation des tomodensitomètres (TDM) utilisés à des fins de dépistage du cancer du poumon par technique de tomodensitométrie axiale à faible dose (TAFD). Ce guide, destiné aux médecins, énumère les critères proposés et donne les indications pour réaliser les tests adéquatement.

L'évaluation des TDM est requise pour assurer la qualité des images de poumon soumises aux radiologistes pour la détection de pathologies dans le cadre d'un programme de dépistage.

Ce guide décrit les procédures de douze tests à réaliser annuellement par des médecins dans les installations de tomodensitométrie utilisées dans le programme de dépistage par la TAFD. Ces tests, complétés de quelques observations générales, mesurent les performances des TDM et expriment les critères minimaux de conformité requis. De plus, des considérations sont apportées concernant la qualité des consoles de lecture où les images sont vues et interprétées par le radiologiste. La sécurité est également abordée, l'équipement radiologique émetteur de radiations devant opérer dans un environnement sécuritaire pour les patients, les techniciens et le public.

L'intention de ce guide est de fournir aux physiciens du Québec une méthodologie standard pour la réalisation des tests de contrôle de la qualité des TDM et des consoles de lecture, ainsi qu'une série de critères de conformité communs conduisant à un rapport d'évaluation standardisé, facile à écrire et à consulter.

Ces tests de contrôle de la qualité des équipements par les physiciens médicaux sont un élément parmi d'autres composantes d'un programme d'assurance de la qualité qui sera implanté.

MÉTHODOLOGIE

L'évaluation rigoureuse mentionnée par l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) a tout d'abord consisté à mettre en place un projet pilote avec un petit nombre de centres habilités à offrir le service de la TAFD⁽¹¹⁾.

Le succès du futur programme de dépistage du cancer du poumon reposera entre autres sur l'obtention d'images radiologiques de qualité optimale et le maintien de faibles doses de radiations tel que proposés dans la littérature scientifique⁽²⁾.

À cet effet, un groupe de physiciens aptes à évaluer les équipements de tomodensitométrie ont colligé dans une première ébauche une série de tests pertinents pour l'évaluation des TDM dans le cadre du dépistage du cancer du poumon par la TAFD. Le document préparé par le Centre d'expertise clinique en radioprotection (CECR)⁽⁶⁾ en 2013 a servi de base à la réalisation de cette ébauche.

Celle-ci a fait l'objet d'une révision par l'Association québécoise des physicien(ne)s médicaux cliniques (AQPMC) et par l'Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec (APIBQ).

Quelques innovations et développements de méthodes d'analyse permettent, avec des fantômes connus, d'établir des références de doses et des critères de performance faciles à déployer tout en assurant la standardisation pour tous les appareils utilisés par le programme de dépistage.

La combinaison de l'ébauche et des critères de performance a abouti à la réalisation de ce guide qui présente des séries de tests en y décrivant la procédure de réalisation, le matériel requis et les critères de conformité, tirés des travaux émanant de l'Association américaine des physiciens médicaux (AAPM)^(2,3), l'Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA)^(4,15) et la Commission électrotechnique internationale (IEC)⁽⁵⁾. Une courte section donne quelques précisions sur la fréquence des tests et le type de rapport qui découlera de cette évaluation.

Le code de sécurité 35 (CS-35)⁽⁷⁾ publié en 2008 par Santé Canada propose, pour les TDM, une série d'essais à diverses fréquences qui devrait être réalisée par les technologues et les physiciens. Le présent guide reprend ces mêmes tests d'évaluation des TDM recommandés par le CS-35 pour les physiciens médicaux, en décrit les procédures pour les réaliser, en précise les critères de conformité, puis il ajoute à ceux-là des tests spécifiques à la TAFD. Ce guide est également un guide pratique qui fournira aux physiciens un outil d'analyse général pour toute installation de TDM.

Les tests d'évaluation du bon fonctionnement de l'ensemble générateur et tube à rayons X sont facilités par l'utilisation d'un mode service qui nécessite des codes spéciaux ou des clés de service, par opposition au mode clinique qui est utilisé lors des examens de patients. Les fabricants d'équipement ou les firmes qui font le service sur les équipements restent propriétaires de ces outils et ne les mettent pas toujours à disposition des physiciens. Ainsi l'ensemble des procédures proposées prévoient la réalisation possible de ces tests en mode clinique.

L'utilisation d'un fantôme spécifique à la TAFD, un fantôme dont les proportions sont celles d'un torse humain constitue un moyen intéressant de contrôle de qualité. Un tel fantôme, comme celui utilisé dans le cadre du projet pilote, Accumetra®, reste d'intérêt mais l'évaluation ponctuelle décrite dans ce guide souhaite échapper à la dépendance envers une entreprise privée, comme c'est le cas avec le fantôme précité. Par ailleurs les fantômes CTDI et CATPHAN® font l'unanimité au Québec et ne sont pas assortis de licence. Le fantôme CATPHAN® a plusieurs modèles et tous sont habilités à réaliser les tests que nous proposons. Le fantôme CTDI, utilisé pour la mesure des doses, a par ailleurs une version moderne faite de deux blocs séparés qui s'imbriquent l'un dans l'autre. La partie périphérique seule, bien que cylindrique et non ovale permet une modélisation du poumon suffisante pour effectuer les tests que nous proposons dans la section « tests spécifiques à la TAFD » de ce guide.

Les tests retenus par les auteurs sont ceux proposés par les principaux guides (AAPM, IAEA, IEC, CECR et le CS-35) et permettent d'établir avec une grande assurance que l'appareil est apte à générer des images de qualité. Le guide vise à assurer le bon fonctionnement des TDM et ne se prononce pas sur toutes les caractéristiques et spécifications techniques des TDM.

Dans certains cas, les valeurs mesurées servent à estimer l'évolution d'un paramètre ou sa dégradation. Ainsi ces valeurs seront comparées à des mesures antérieures ou des valeurs de base établies précédemment. Le physicien qui effectue l'évaluation doit conserver le ou les rapports précédents, et au besoin, obtenir du centre ou de l'organisme de contrôle les rapports précédents nécessaires.

Une section du document propose une évaluation des protocoles d'examen de la TAFD. Les protocoles publiés par l'AAPMP⁽³⁾, protocoles de faible dose, servent de référence à cette analyse.

TESTS DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ À RÉALISER PAR LE PHYSICIEN

1 Première partie : Tests d'un TDM

Le tableau 1 résume la liste des observations générales à faire lors de l'évaluation d'un TDM. Basé sur ce tableau, le physicien identifie l'appareil, les intervenants et vérifie son intégrité physique en plus de constater la disponibilité d'accessoires indispensables. Le tableau 2 énumère et résume les tests à effectuer, les paramètres mesurés pour chaque test et leurs critères de conformité.

La séquence des tests est basée sur une logique d'efficacité. En effet, l'alignement du fantôme CATPHAN® doit être fait adéquatement selon les normes du fabricant de sorte qu'une fois mis en place toutes les mesures s'y rapportant seront faites correctement.

Tableau 1 Liste des observations lors de l'évaluation d'un TDM

Identification de l'appareil, lieu et intervenants	Généralités	Intégrité physique
Appareil : - Fabricant, modèle, numéro de série - Tube radiogène (fabricant, numéro de série) - Accessoires spécifiques - Console principale de lecture (marque, modèle, caractéristiques, #Mpixels)	- Abonnement au service de dosimétrie - Disponibilité de vêtements protecteurs	- Fonctionnement du statif - Indicateurs lumineux - Déplacements de la table horizontaux et verticaux - Fixation du support de tête
Lieu et intervenants : - Adresse - Responsable du centre - Personne-ressource - Date de l'évaluation - Date de l'évaluation précédente ou de référence	- Programme de maintenance préventive - Communication vocale avec le patient	- Propreté des lieux - Éclairage tamisé en salle d'interprétation

Tableau 2 Liste des tests requis pour l'évaluation d'un TDM

Numéro du test	Nom du test	Paramètres	Critères	Commentaires
1	Analyse des artefacts et mesure de l'homogénéité	Artefacts Observation de l'homogénéité Mesure du nombre UH pour l'eau	Jugement du physicien $UH_{\text{bord}} - UH_{\text{centre}} \leq \pm 4 \text{ UH}$ $-4 \leq UH \leq + 4$ (au centre)	À faire sur grand fantôme d'eau, fantôme de la salle Sera complété par une image du module d'uniformité du CATPHAN® Avec ROI de 40 % du diamètre du fantôme
2	Tube Radiogène	Précision de la tension et CDA selon filtres Reproductibilité du kerma dans l'air et sa linéarité en fonction du mAs	Exactitude $\leq 5 \%$ $CDA_{100\text{kV}} \geq 3,6 \text{ mm Al}$ $CDA_{120\text{kV}} \geq 4,3 \text{ mm Al}$ $\Delta CDA_{\text{antérieure}} \leq 10 \%$ Coefficient de variation $\leq 5 \%$ Variation de l'exposition en mR/mAs: $\leq 5 \%$ Linéarité du débit de dose mGy/mAs: $\leq 10 \%$	Mesure dans l'air en mode stationnaire ou localisation Par rapport à la moyenne des mesures Observation entre des mesures consécutives
3	Ouverture du collimateur et exactitude du faisceau selon l'axe z	Écart entre l'ouverture sélectionnée et la valeur mesurée Positionnement du laser sur faisceau RX	Si ouverture $> 5 \text{ mm}$, Mesurée/ sélectionnée $\leq 30 \%$ Laser centré : $\pm 2 \text{ mm}$	 Centré sur faisceau RX selon l'axe z
4	Exactitude des mouvements longitudinaux de la table d'examen	Écart entre déplacement réel de table et indicateur de position	Pour un déplacement de 100 mm : (Indiqué – réel) $\leq 2\text{mm}$	

Tableau 2 Liste des tests requis pour l'évaluation d'un TDM (suite)

Numéro du test	Nom du test	Paramètres	Critères	Commentaires
5	Performances TDM : Caractéristiques et qualité d'image	Nombres CT (UH)	-1024 ≤ UH ≤ -970 pour l'air ± 4 UH pour eau mesurée au test 1 sur fantôme d'eau de grande taille (retenu du test # 1) Valeurs Max et Min pour les divers matériaux (CATPHAN® 700) Coeff. Détermination : R ≥ 0,99	CATPHAN® en place Mesurée au test 1 sur fantôme d'eau de grande taille (retenu du test # 1)
		Linéarité des nombres en fonction des matériaux		
		Épaisseur de coupe Écart entre mesurée et programmée	Si EP _p < 1mm : écart ≤ 0,5 mm Si EP _p > 2mm : écart ≤ 1 mm 1 ≤ EP _p < 2mm : écart ≤ 50 %	
		Résolution spatiale	FTM _{50%} ≤ ±15 % des valeurs de base établies 7 pl/cm en standard et 9 pl/cm en haute résolution	Sur le module du CATPHAN® qui montre les paires de lignes Observé visuellement en contraste élevé
		Résolution faible contraste Mesure des rapports Signal/Bruit	RCB pour les contrastes 0,5 % et 1 % pour objet 15 mm de diamètre avec ROI contenu dans ce diamètre ≤ ± 15 % des valeurs de base	Sur le module du CATPHAN® qui montre des objets de contraste distinct

Tableau 2 Liste des tests requis pour l'évaluation d'un TDM (suite)

Numéro du test	Nom du test	Paramètres	Critères	Commentaires
5		Bruit Uniformité	$SD_{ROI40\%phantom} \leq 15 \%$ des valeurs de base $ROI (CT_{centre} - CT_{périphérie}) \leq 5 \text{ UH}$ Moyenne 5 ROI $\leq 15 \%$ des valeurs de base	Sur CATPHAN® module uniforme
6	Indice de dose tomodensitométrique volumique (CTDI _{vol})	Écart entre la valeur affichée et la valeur mesurée.	Mesurée/affichée $\leq \pm 20 \%$ Devrait satisfaire : Mesurée/affichée $\leq \pm 10 \%$	Fantôme CTDI et ouverture 10 mm. Si plus de 40 mm d'ouverture : mesure CTDI corrigée par un rapport dans l'air (voir texte)
7	Performance d'une station de lecture	Échelle des gris Luminance minimale Luminance maximale Rapport de luminance Uniformité Écart entre 2 écrans d'une console Éclairage de la salle de lecture	Écart GSDF $\leq \pm 20 \%$ $L_{min} \geq 0,8 \text{ cd/m}^2$ $L_{max} \geq 420 \text{ cd/m}^2$ $350 \leq (L_{max}+0,2) / (L_{min}+0,2) \leq 450$ $L_{coin} / L_{centre} \leq \pm 15 \%$ Écart L_{max} entre 2 écrans d'une même console : $\leq 10 \%$ Éclairage tamisée $\leq 40 \text{ lux}$	Avec mires TG18 Avec TG18-UNL10 et TG18-UNL80
8	Blindage	Exposition dans les locaux adjacents	Zones contrôlées : $\leq 20 \text{ mSv/an}$ Zones non contrôlées : $\leq 1 \text{ mSv/an}$	Selon NCRP 147 et CS-35 Valider changements survenus Recommander des analyses de blindage pour changements planifiés

Note : Dans les sections suivantes, les étapes d'observation ainsi que chaque test énuméré dans les tableaux 1 et 2 sont repris en détail en présentant les informations pertinentes, la méthodologie à suivre et le matériel requis.

1.1 Observations générales lors de l'évaluation d'un TDM

Observation générale

- Site, adresse;
- Personne-ressource et/ou destinataire du rapport (ex-Titulaire du permis ou chef de département);
- Courriel de correspondance;
- Nom du physicien et signature;
- Date de l'évaluation et date de l'évaluation antérieure pour critères de référence.

Description de l'appareil

- Marque /modèle;
- Numéro de série.

Accessoires

- Tube à RX (si accessible : marque, numéro de série ou numéro de site);
- Version de logiciel;
- Accessibilité en mode service (No de site).

Console(s) de lecture

Identifier la ou les console(s) plus susceptible(s) d'être utilisée pour la lecture des images

- Nombre de stations d'interprétation (identifier la plus utilisée);
- Marques/modèles;
- Numéro de série;
- Caractéristiques (Mégapixels, etc.).

Généralités

- Abonnement au service national de dosimétrie personnelle;
- Disponibilité de vêtements protecteurs;
- Protocole d'échauffement du tube;
- Service de maintenance préventive.

Intégrité physique

- Fonctionnement du statif;
- Indicateurs lumineux;
- Déplacements de la table horizontaux et verticaux;
- Fixation du support de tête.

1.2 Test 1 : Analyse des artefacts et mesure de l'homogénéité

Objectif

- Mesurer l'homogénéité de l'image;
- Mesurer le nombre CT dans l'eau (mesure à reporter).

Matériel requis

- Fantôme d'eau de plus de 30 cm de diamètre ou fantôme du fabricant.

Méthode

1. Utilisez le protocole thorax de routine pour adulte (ou le protocole abdomen-pelvis de routine pour adulte) en utilisant l'épaisseur d'acquisition la plus fine et la collimation la plus large.
2. Répétez avec le protocole la TAFD, si ce dernier utilise un filtre physique différent de celui utilisé dans le test précédent.
3. Analysez les images avec 5 ROI (≥ 10 % du diamètre du fantôme) au centre et à 2 cm des bords dans les 4 quadrants.
4. Mesurez sur un large ROI (≥ 40 % du diamètre du fantôme) la valeur du nombre CT pour l'eau.

Critère de conformité

Nombre CT pour l'eau $\leq \pm 4$ UH au centre⁽²⁾;

- Homogénéité $UH_{\text{bord}} - UH_{\text{centre}} \leq \pm 4$ UH;
- Pas d'artefact significatif visible à une fenêtre de lecture standard.

1.3 Test 2 : Performance du tube radiogène

Objectif

Évaluer :

- L'exactitude des tensions utilisées cliniquement;
- La qualité du faisceau en mesurant la couche de demi-atténuation (CDA);
- La reproductibilité du kerma dans l'air;
- La linéarité du kerma dans l'air en fonction du mAs.

Matériel requis

- Détecteur de radiation multifonctionnel calibré pour mesurer les tensions (kV), l'exposition (mR) ou le kerma (mGy), ainsi que la CDA.

Méthode

1. Sélectionnez le mode stationnaire d'acquisition. L'accessibilité du mode service nécessite un mot de passe fourni par le fournisseur de service. Dans certains cas c'est une clé de service qui est requise.
2. Positionnez le détecteur de rayonnement à l'isocentre sur la table s'il est protégé contre la rétrodiffusion ou dans l'air dans le cas contraire.
3. Choisissez la collimation la plus large pour couvrir entièrement le détecteur et positionnez le tube radiogène à 12 h, en mode stationnaire.
4. Choisissez le kV et le filtre physique utilisé dans le protocole la TAFD.
5. Exposez pour mesurer le kV, le kerma dans l'air et la CDA.
6. Répétez pour 2 autres valeurs de tension (selon disponibilité).
7. Répétez pour une autre combinaison filtre-foyer du tube, si disponible, et si le mode service est disponible.
8. Répétez pour des 5 valeurs différentes de courant et temps (mAs).
9. Pour une des combinaisons, répétez 5 fois pour vérifier la reproductibilité.

Méthode Alternative

Si le mode service n'est pas accessible, les mesures de kV, CDA du kerma dans l'air peuvent être faites en mode clinique.

1. Placez le détecteur sur le statif face au tube lors de l'acquisition de l'image de localisation en mode clinique.
2. Retirez la table suffisamment vers l'arrière et voir à ce que la table ne couvre pas le détecteur lors de son déplacement pendant l'exposition.
3. Reprenez la procédure à l'item 3 de la méthode ci-avant.

Critère de conformité

- Exactitude de la tension : écart 5 %⁽²⁾;
- Couche de demi-atténuation : CDA $\geq 3,6$ mm Al à 100 kV ou $\geq 4,3$ mm Al à 120 kV⁽¹⁶⁾;
- Reproductibilité : coefficient de variation du kerma dans l'air : ≤ 5 %⁽²⁾;
- Linéarité : variation du kerma dans l'air en mGy/mAs pour une valeur de tension donnée : ≤ 10 %⁽²⁾.

1.4 Test 3 : Ouverture du collimateur et exactitude du faisceau laser selon l'axe z

Objectif

- Vérifier la largeur de l'ouverture du collimateur pour toutes les utilisations cliniques;
- Vérifier l'exactitude du faisceau laser dans la direction z.

Matériel requis

- Film sensible à la radiation (GafChromic) ou règle numérique sensible à la radiation.

Méthode

1. Identifiez les conformations de détecteurs disponibles utilisées en mode clinique.
2. Sélectionnez le mode service sur la console TDM¹.
3. Positionnez la table afin que le film ou la règle soit à l'isocentre, à l'aide des lasers de positionnement.
4. Marquez le détecteur à la projection du laser.
5. Positionnez le tube radiogène à 12 h, en mode stationnaire si le mode service est disponible. Sinon une rotation seulement sera requise avec le détecteur sur un support radiotransparent.
6. Sélectionnez les paramètres de base du protocole utilisé pour ce test.

Ex : 120 kV et 120 mAs, petit foyer ou adapté pour le détecteur

7. Sélectionnez une ouverture de collimateur utilisée cliniquement et faites l'acquisition.
8. Répétez pour une ouverture de 10 mm et pour l'ouverture la plus large après déplacement longitudinal de la table entre chaque exposition.
9. Mesurez directement sur le film la largeur à la mi-pénombre ou relevez la valeur sur la règle numérique.

¹ Si le mode service est inaccessible sur ce TDM, le test peut être réalisé en mode clinique avec une rotation unique (mode séquentiel) à chaque mesure.

Critère de conformité⁽²⁾ 2

- Pour une ouverture théorique du collimateur > 5 mm, l'écart avec la valeur réelle : $\leq 30 \%$;
- Le laser est centré sur le faisceau de radiation à ± 2 mm.

1.5 Test 4 : Exactitude des mouvements longitudinaux de la table d'examen

Objectif

Évaluer l'exactitude des mouvements longitudinaux de la table lors de ses déplacements et de son positionnement automatique³.

Matériel requis

- Fantôme CATPHAN®;
- Niveau;
- Gallon à mesurer.

Méthode

1. Alignez les repères lumineux du TDM sur les premiers marqueurs du fantôme.
2. Faites le zéro de la table.
3. Avancez la table à l'aide des contrôles du TDM, jusqu'au prochain marqueur.
4. Répétez la manœuvre dans les deux sens (aller et retour).
5. Mesurez l'écart entre la valeur marquée sur le « gantry » et la valeur mesurée.

Méthode Alternative

1. Fixez un gallon à mesurer sur la table et notez la position du faisceau laser.
2. Déplacez la table de 10 cm selon la valeur sur le « gantry » et notez la valeur sur le gallon à mesurer.
3. Répétez en effectuant un déplacement de table dans l'autre direction.
4. Notez la valeur marquée sur le « gantry ».

Critère de conformité

Écart entre valeur attendue et valeur observée ≤ 2 mm⁽²⁾.

² D'autres méthodes peuvent être utilisées pour mesurer l'exactitude du laser dans la direction Z.

³ Un poids équivalent au poids d'une personne devrait être déposé sur la table.

1.6 Test 5 : Performances du TDM : caractéristiques et qualité d'image

Objectif

Évaluer les performances du TDM pour les protocoles standards de tête, de thorax et d'abdomen. Les paramètres évalués sont les suivants :

- Étalonnage des nombres CT;
- Linéarité des nombres CT pour des matériaux de différentes atténuations;
- Précision de l'épaisseur de coupe;
- Résolution spatiale;
- Détectabilité à faible contraste;
- Bruit, nombre CT moyen et uniformité.

Matériel requis

- Fantôme CATPHAN®;
- Logiciel de traitement et d'analyse d'images (exemple : ImageJ, eFilm, AutoQA Lite, etc.) ou un service d'analyse (ex. : Smari, ImageOwl);
- Standards de doses et de qualité d'image du TDM, émis par le manufacturier;
- Rapport d'acceptation du TDM (si disponible), incluant les valeurs de base établies (VBÉ);
- Rapports antérieurs de contrôle des performances du TDM (si disponible);
- Logiciel d'analyse automatique des images du fantôme CATPHAN®.

Méthode :

1. Remplissez entièrement d'eau distillée la fiole disponible avec le fantôme (selon modèle) et l'insérez dans le fantôme. Il faut éviter de laisser de l'air dans la fiole pour ne pas altérer les autres valeurs des insertions⁴.
2. Placez le fantôme à l'extrémité de la table (côté statif) en suivant les directives du fabricant. Bon alignement et au niveau.
3. Faites le zéro de la table alors que les lasers sont alignés avec les marqueurs à l'extrémité extérieure du premier module du fantôme.
4. Sélectionnez successivement les protocoles de tête de routine, thorax haute résolution et abdomen-pelvis de routine. Désactivez la modulation du courant et la reconstruction itérative, puis modifiez les paramètres d'acquisition et de reconstruction ainsi :

⁴ Si le nombre CT a été prélevé dès le test no 1 et la valeur sur cette eau ne sera pas consignée et le remplissage avec l'eau distillée n'est pas pertinent.

- Tête : 120 kV, mAs pour avoir typiquement $CTDI_{vol}$ de 55 mGy, filtre de reconstruction « MOU » (ou équivalent utilisé en clinique) et « Haute résolution » (ou équivalent utilisé en clinique), épaisseur de reconstruction 5 mm et un pas de reconstruction (décalage entre les images) d'un 1 mm;
 - Thorax haute résolution : 100 kV, mAs pour avoir un $CTDI_{vol}$ de 15 mGy, filtre de reconstruction haute résolution (ou équivalent utilisé en clinique), épaisseur de reconstruction 5 mm et une autre inférieure à 1,5 mm avec le pas de reconstruction d'un 1 mm. Les images fines obtenues avec l'épaisseur inférieure à 1,5 mm seront utilisées seulement pour évaluer le paramètre exactitude de l'épaisseur de coupe pour les fines coupes;
 - Abdomen-pelvis : 120 kV, mAs pour avoir un $CTDI_{vol}$ de 20 mGy, filtre de reconstruction « STANDARD » (ou équivalent utilisé en clinique), épaisseur de reconstruction 5 mm et un incrément de reconstruction d'un 1 mm.
5. Exposez pour chaque protocole le fantôme entier pour couvrir tous les modules.
6. Faites l'analyse sur la console d'acquisition en partie ou avec un logiciel spécialisé ou un service d'analyse.
- Nombre CT pour les cibles de sensitométrie avec une ROI de 75 mm²;
 - Épaisseur de coupe;
 - Résolution spatiale;
 - Détectabilité faible contraste;
 - Bruit et uniformité.

Critère de conformité

Nombres CT :

Pour les différents protocoles et l'épaisseur de construction de 5 mm :

- Le nombre CT moyen de l'eau doit être de 0 ± 5 UH (Mesuré dans le fantôme d'eau du manufacturier avec des ROI de plus de 10 % du diamètre du fantôme)⁽²⁾;
- Le nombre CT moyen de l'air devrait être compris entre -1024 et -970;
- Les nombres CT des matériaux contenus dans le CATPHAN® doivent respecter les valeurs minimales et maximales publiées dans le manuel d'utilisation⁽¹⁹⁾ tel qu'elles apparaissent dans le tableau suivant :

Tableau 3 Nombres CT des matériaux contenus dans le fantôme CATPHAN® 700⁽¹⁹⁾

Matériau	UH min	UH max
air	-1024	-970
PMP	-220	-172
LDPE (polyéthylène)	-121	-87
EAU	-7	7
Polystyrène.	-65	-29
Acrylique	92	137
Delrin	344	387
Teflon	941	1060

- Linéarité des nombres CT selon les substances : Le coefficient de corrélation linéaire R doit être $\geq 0,990$.

Épaisseur de coupe :

- Considérez l'épaisseur 5 mm;
- Faites aussi l'évaluation pour une épaisseur inférieure à 1,5 mm en utilisant les images du thorax haute résolution.

L'écart entre l'épaisseur de coupe programmée (EP_p) et l'épaisseur de coupe mesurée (EP_m) doit satisfaire les critères suivants :

Tableau 4 Critères de précision de l'épaisseur de coupe^(2,15)

Épaisseur de coupe programmée (EP_p)	Limites d'écarts entre l'épaisseur de coupe programmée (EP_p) et celle mesurée (EP_m)
$EP_p < 1 \text{ mm}$	$EP_m = EP_p \pm 0,5 \text{ mm}$
$1 \text{ mm} \leq EP_p < 2 \text{ mm}$	$ EP_m - EP_p / EP_p \leq 0,5$
$EP_p \geq 2 \text{ mm}$	$EP_m = EP_p \pm 1 \text{ mm}$

Résolution spatiale :

Lors de l'analyse visuelle, un minimum de 7 pl/cm doit être visible pour un protocole standard (Kernel standard) et 9 pl/cm pour un protocole haute résolution (Kernel haute résolution)⁽²⁾.

Lors de l'analyse de la courbe FTM, les valeurs obtenues à 50 % de la courbe FTM doivent correspondre à :

Valeurs de base établies $\pm 15 \%$ ⁽²⁾

Détectabilité à faible contraste⁽⁶⁾ :

Le rapport contraste sur bruit (RCB) est mesuré pour les pourcentages de contraste (1 %, 0,5 %) avec l'objet de 15 mm de diamètre apparaissant sur la tranche correspondante du fantôme CATPHAN®, avec ROI de $\sim 75 \text{ mm}^2$ et doit correspondre à :

$$(\Delta \text{Moyennes}_{\text{Sint-ext}} / \text{Déviation standard}) = \text{Valeurs de base établies} \pm 15 \%$$

Bruit, nombre CT moyen et uniformité :

L'écart-type (SD) pour une ROI faisant 40 % de la surface du fantôme ne doit pas différer de plus de 15 % de la valeur de base établie⁽²⁾.

Pour des ROI d'environ 10 % de la surface du fantôme, l'écart entre le nombre CT moyen de la ROI du centre ($\#CT_{\text{centre}}$) et chacun des nombres CT moyens des ROI de périphérie ($\#CT_{\text{périphérie}}$) doit être inférieur à 5 UH⁽²⁾.

$$(\#CT_{\text{centre}} - \#CT_{\text{périphérie}}) < 5 \text{ UH}$$

Comparer les valeurs obtenues à celles obtenues lors des tests précédents. La moyenne des déviations standards des 5 ROI doit correspondre à la valeur de base établie $\pm 15 \%$ ^(2,15).

Si des artefacts sont présents, il faut investiguer.

1.7 Test 6 : Indice de dose tomodensitométrique volumique (CTDI_{vol})

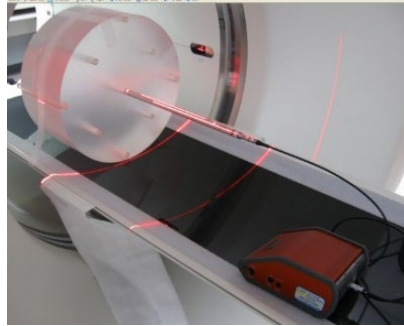
Objectif

Vérifier la précision de l'indice de dose tomodensitométrique volumique (CTDI_{vol}) affichée par le système lors de la réalisation des protocoles, pour les différentes ouvertures de faisceau utilisées cliniquement, autant pour le protocole de base de tête que pour celui de corps.

Matériel requis

- Sonde cylindrique (chambre d'ionisation de 100 mm de long ou détecteur solide);
- Détecteur de radiation multifonctionnel adapté à la sonde ou chambre d'ionisation (voir figure 1);
- Fantôme PMMA de tête pour la mesure du CTDI (diamètre 16 cm);
- Fantôme PMMA de corps pour la mesure du CTDI (diamètre 32 cm).

Figure 1 Détecteur à l'état solide de RTI electronics (CT-SD16)⁽⁶⁾ pour la mesure du CTDI₁₀₀



Méthode

1. Sélectionnez le mode de fonctionnement clinique du TDM.
2. Sélectionnez, sur la console, le protocole de tête le plus couramment utilisé et ajustez l'ouverture à 10 mm. Si le protocole prévoit une ouverture de plus de 40 mm et que la mesure est faite ainsi, la valeur résultante est moindre et peut être compensée (voir graphique ci-bas tiré de l'AIEA et une procédure en page suivante).
3. Placez le fantôme PMMA de tête à l'extrémité de la table, côté du statif, en alignant les cavités à 0°, 90°, 180°, 270°.
4. Insérez les tiges amovibles dans les cavités non utilisées par le détecteur lequel est inséré à tour de rôle dans les 5 cavités.
5. Exposez après avoir situé la coupe au centre du détecteur de 100 mm.
6. Répétez la même procédure pour le protocole de corps (abdomen ou thorax).
7. Répétez la même procédure pour un autre kV pour le protocole de corps.
8. Répétez la même procédure avec le kV et le filtre physique utilisé par le protocole de la TAFD s'ils sont différents de ceux utilisés par le protocole de corps⁵.
9. Analysez les résultats en faisant le calcul de CTDI_{vol} pour obtenir un CDTI représentatif de la dose moyenne délivrée dans un volume exploré (CTDI_{vol}), il est essentiel de tenir compte de la variation de la dose dans la coupe, en calculant l'indice de dose tomodensitométrique pondérée (CTDI_w) et de tenir compte du pas (p), aussi appelé « pitch », lorsque le test est fait en mode hélicoïdal.

⁵ Si le détecteur est de petite taille, l'insertion au centre de la cavité et un balayage de tout le volume du fantôme constituent une alternative valable.

L'équation pour calculer le $CTDI_{vol}$ est la suivante :

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{p}$$

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{100(centre)} + \frac{2}{3} CTDI_{100(périphérie)}$$

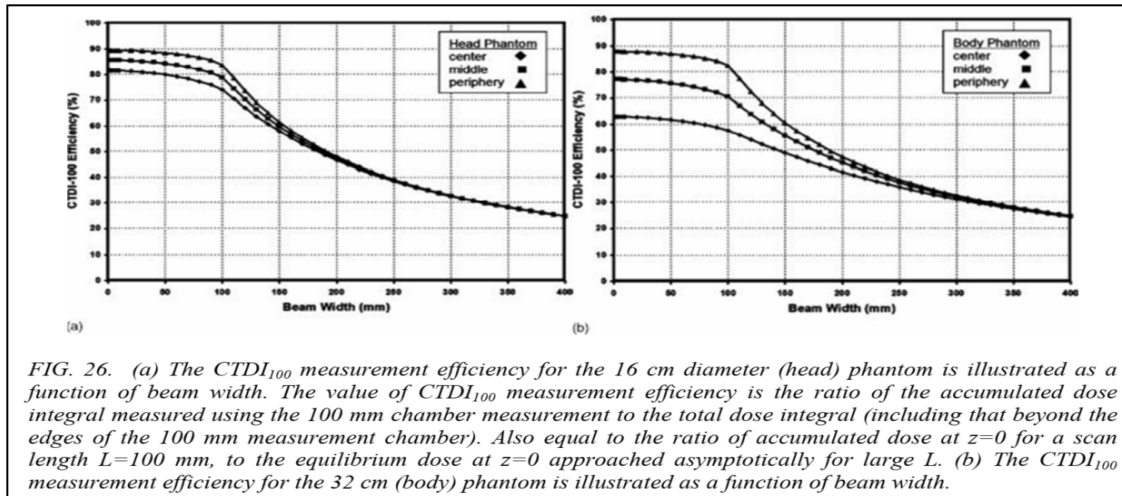
Où :

$CTDI_{100(centre)}$: valeur de $CTDI_{100}$ mesurée au centre du fantôme;
 $CTDI_{100(périphérie)}$: moyenne des valeurs $CTDI_{100}$ mesurées à la périphérie du fantôme;
 $CTDI_{100}$: Indice de dose tomodensitométrique pour une détection sur 100 mm
 p : pas (« pitch »).

Note : En situation d'ultra hélicoïdal ou « overranging », $CTDI_{100}$ est sous-évaluée comme il est montré dans les graphiques suivants (voir figure 2). Conséquemment si une large ouverture est utilisée, le rapport de mesures dans l'air entre une ouverture de 20 mm et l'ouverture large sera utilisé pour corriger la valeur obtenue des $CTDI$ ⁽⁴⁾.

$$CTDI_{100,80} = CTDI_{100,20} \times \left(\frac{CTDI_{free-in-air,80}}{CTDI_{free-in-air,20}} \right)$$

Figure 2 Influence de la largeur du faisceau sur la mesure $CTDI_{100}$ ⁽⁹⁾



Critère de conformité^(2,15) :

L'écart entre le $CTDI_{vol}$ estimé par le système et le $CTDI_{vol}$ calculé à partir des $CTDI_{100}$ mesurés, ne doivent pas dépasser $\pm 20 \%$ ⁽²⁾. Idéalement, l'écart devrait être inférieur à $\pm 10 \%$.

1.8 Test 7 : Performance d'une station de lecture

Les images peuvent être observées sur de nombreuses consoles de lecture présentes dans le centre ou même hors du centre. Il conviendra d'identifier une console, la plus probable, où les images de la TAFD sont susceptibles d'être analysées. Ces appareils sont capables de présenter trois mégapixels distincts ou plus et doivent être calibrés de façon à ce que la luminance maximale soit d'au moins 420 cd/m². Une station de lecture emploie toujours au moins deux moniteurs de ce type, ou un seul si celui-ci est en mesure d'afficher au moins 6 mégapixels distincts. Ce moniteur doit être calibré en suivant la fonction de gris standard du format DICOM (GSDF DICOM).

Objectif

Évaluer les performances des stations de lecture utilisées en tomodensitométrie, pour la lecture des images de la TAFD. Plus spécifiquement, les éléments suivants sont évalués :

- Les conditions de lecture dans la pièce;
- L'état des moniteurs et la propreté des écrans;
- La luminance et son uniformité;
- La calibration de l'échelle de gris, la distorsion géométrique;
- La présence d'artéfacts;
- L'équilibre entre les deux moniteurs d'une console.

Matériel requis

- Les mires du Task Group 18 de l'AAPM et un photomètre;
- Les mires dédiées à l'analyse des moniteurs d'interprétation sont celles-ci :

TG18-QC, TG18-UNL10, TG18-UNL80, TG18-UN10, TG18-UN80, TG18-LN12 01 à 18.

Méthode

1. Assurez-vous que le moniteur est propre et qu'il est en fonction depuis un moment et assez longtemps pour que sa luminance se soit stabilisée.
2. Évaluez la qualité de l'affichage dans son ensemble par un examen visuel : la résolution spatiale, le contraste et les artéfacts.
3. Vérifiez que les autres caractéristiques de la mire sont visibles sur le moniteur.
4. Faites une évaluation globale et recherchez des artéfacts.
5. Affichez la mire TG18-UN80 et TG18-UN10 et observez l'ensemble de chaque image.
6. Notez les commentaires relatifs à l'évaluation globale de la qualité de l'affichage et de l'éclairage de la salle.
7. Mesurez l'uniformité avec les mires TG18-UNL80 et TG18-UNL10, centre et 4 coins.

8. Mesurez la fonction d'affichage d'une échelle de gris standardisée DICOM (ou GSDF) de la façon suivante⁶ :

- Affichez la mire TG18-LN12-01 à l'écran;
- Mesurez la luminance au centre de la mire;
- Affichez les autres mires TG18-LN12 (02 à 18), une à la fois, et mesurez la luminance au centre de chacune sur l'écran;
- Notez les résultats sur la feuille de calcul et sur le formulaire relatif à la fonction d'affichage d'une échelle de gris standardisée DICOM;
- Calculez l'écart de la réponse de contraste avec la réponse de contraste de la GSDF.

Critère de conformité^(13,14) 7

- La lumière ambiante doit se situer sous 40 lux;
- La luminance maximale doit être d'au moins 420 cd/m² et le rapport de luminance ($LR' = L'_{\max}/L'_{\min}$) doit se situer entre 350 et 450. Il est à noter que $L_{\min}$ doit être supérieure à 0,8 cd/m². La presque totalité des photomètres employés par les physiciens ne peut mesurer la composante de luminance due à l'éclairement de la pièce. Au besoin celle-ci peut être raisonnablement estimée à 0,2 cd/m² en situation d'une pièce à éclairage tamisé.
Ainsi un moniteur dont $L'_{\min} = 1,0 \text{ cd/m}^2$ (0,8 +0,2) pourra avoir 420 cd/m²
< $L_{\max} < 540 \text{ cd/m}^2$;
- L'écart de la luminance maximale entre les moniteurs d'une même station doit être inférieur ou égal à 10 %. Les deux moniteurs ne devraient pas non plus démontrer une différence marquée dans la teinte de leurs échelles de gris respectives (« color matching »);
- Il ne doit pas y avoir d'artéfacts pouvant perturber l'interprétation de l'image;
- Les moniteurs affichent les tons de gris de façon à permettre une perception linéaire de ceux-ci en conformité avec la norme GSDF DICOM. La courbe doit être présentée dans le rapport. La réponse de contraste calculée devrait être à ± 10 % de la réponse de contraste de la GSDF;
- La luminance doit paraître uniforme. Aucune variation de luminance ne doit être observée sur une longueur de plus de 1 cm sur l'image de la mire affichée (TG18-UN10 ou TG18-UN80);
- La déviation maximale de la luminance des coins des mires TG18-UNL10 et TG18-UNL80 sur un moniteur ne doit pas excéder 15 % de la luminance au centre de ces mêmes mires.

⁶ Des observations plus détaillées sur l'utilisation des mires TG18 sont présentées dans le document « Mammographie numérique : Guide d'évaluation pour les physiciens médicaux » disponible à la section Publications du MSSS⁽¹⁴⁾.

⁷ Les moniteurs doivent être propres pour ne pas altérer la qualité de l'observation. Au besoin un commentaire doit être exprimé à cet effet.

1.9 Test 8 : Blindage

Objectif

Assurer que le blindage de la salle de tomodensitométrie respecte les normes en vigueur et qu'il limite adéquatement les risques d'exposition des travailleurs et des membres du public.

Matériel requis

- Plan à l'échelle, complet et à jour, de la salle de tomodensitométrie et de ses environs;
- Spécifications techniques du tomodensitomètre (incluant les courbes de distribution du rayonnement à proximité du tomodensitomètre pour un protocole connu);
- NCRP Report No.147, Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities⁽²⁰⁾.

Méthode

Selon l'orientation des faisceaux, les facteurs techniques utilisés, les coefficients d'occupation des zones environnantes, la charge de travail et la composition des murs, calculez l'exposition hebdomadaire résultante pour les différents locaux avoisinants.

Pour l'occupation des locaux avoisinants, utilisez le tableau 5 ou une valeur communiquée par le centre⁽⁷⁾.

Tableau 5 Coefficients d'occupation recommandés en fonction du type de zone

TYPE DE ZONE	COEFFICIENT D'OCCUPATION (T)
Bureau administratif, zone d'accueil, laboratoire, pharmacie et autre type d'aire de travail occupée à temps plein par un individu; poste de réception, salle d'attente occupée, aire de jeu intérieure pour enfants, salle de radiologie adjacente, salle de lecture d'imagerie, poste des infirmières, poste de contrôle de radiologie.	1
Salle utilisée pour les traitements ou les examens.	1/2
Couloir, chambre de patients, salle d'employés, salle de repos à l'usage du personnel.	1/5
Porte donnant accès au corridor.	1/8
Toilette publique, aire de vente sans surveillance, local d'entreposage, aire extérieure avec bancs, salle d'attente sans surveillance, aire d'attente pour les patients en transition.	1/20
Espace extérieur permettant la circulation des piétons ou des véhicules, stationnement sans surveillance, débarcadère sans surveillance, grenier, escalier, ascenseur sans surveillance, placard de service.	1/40

Note : Valider les changements survenus et recommander une nouvelle analyse pour les changements planifiés.

Critère de conformité⁽⁷⁾

- Zone non contrôlée : exposition au corps annuelle ≤ 1 mSv;
- Zone contrôlée : exposition au corps annuelle ≤ 20 mSv.

2 Deuxième partie : Tests spécifiques à la TAFD

Les tomodensitomètres utilisés au Québec proviennent pratiquement tous d'un des 4 manufacturiers suivants : Philips, GE, Siemens et Canon. L'AAPM, dans un rapport de 2023⁽³⁾, propose des protocoles adaptés à la TAFD pour certains modèles de ces fabricants. Des TDM récents utilisent des filtres de haute densité tel que l'étain ou l'argent, aptes à réduire les photons de basses énergies et conséquemment les doses de radiation au patient. Des protocoles spécifiques seront recommandés pour les TDM munis de ces filtres.

La faible dose de radiation est un impératif dans le cadre d'un dépistage. Des protocoles distincts de ceux publiés, cités ci-avant, devraient néanmoins conduire à des images de qualité et respecter l'objectif de faible dose.

Comme la majorité des nodules pulmonaires sont localisés en périphérie du champ de vue (FOV) d'une image TDM, les tests vont aussi évaluer la performance de certains paramètres en fonction de l'éloignement du centre du champ de vue (FOV).

Le tableau 6 énumère les analyses et tests dont le but ultime est d'assurer la visualisation des nodules pulmonaires de moins de 10 mm, d'en évaluer leurs volumes et d'en quantifier leurs compositions, tout en respectant des doses d'irradiation faibles.

Les critères de conformité de cette section sont inspirés des travaux cités précédemment, soit AIEA, IEC et AAPM. Toutefois les tests sont créés par les auteurs avec un fantôme spécifique de sorte que la littérature ne s'y applique pas intégralement.

Tableau 6 Liste des observations et tests spécifiques à la technique de la TAFD

Protocoles		Paramètres	Critères	Commentaires
Identification du (des) protocole(s) utilisés cliniquement		Facteurs techniques et doses	Cohérence avec les protocoles AAPM	Modèle spécifique de TDM dans le centre évalué
Numéro du test	Nom du test	Paramètres	Critères	Commentaires
9	Mesure de l'exposition en mode localisation	Stabilité dans le temps	$\pm 20\%$ de la valeur de base établie ou valeur de test précédent	Fantôme CTDI partie périphérique seulement, détecteur en position (A)
10	Indice de dose	Protocole de la TAFD Une valeur obtenue à la position supérieure (A)	$\pm 10\%$ de la valeur nominale de base ou valeurs de tests précédents ≤ 3 mGy en toutes circonstances	Mesure d'exposition Fantôme CTDI partie périphérique seulement, position (A) Champ de vue (FOV) : 35 cm (champ affiché sur les images) La dose devrait être plus faible si des filtres spécifiques sont utilisés (étain, argent, etc.)
11	Nombre CT et Bruit selon l'éloignement du centre Variation bruit avec l'éloignement du centre	Sur ROI de 100 mm ² dans PMMA À 150 mm du centre et à 90 mm du centre Sur ROI de 100 mm ² dans l'air : • Au centre • À 75 mm du centre • À 165 mm du centre Sur ROI de 100 mm ² dans PMMA À 150 mm du centre et à 90 mm du centre	$\text{abs}(UH_{150} - UH_{90}) \leq 50$ UH $\text{abs}(UH_{75} - UH_{\text{centre}}) \leq 50$ UH $\text{abs}(UH_{165} - UH_{\text{centre}}) \leq 50$ UH $\text{abs}(SD_{150}) \leq 15\%$ valeurs de base établies $\text{abs}(SD_{90}) \leq 15\%$ valeurs de base établies	Fantôme CTDI, partie périphérique seulement Acquisition sur champ de vue (FOV) : 35 cm
12	Résolution spatiale selon l'éloignement du centre	Mesure de la FTM à la jonction PMMA et air à 80 et 160 mm du centre	3 mm pour la largeur à la mi-hauteur de la fonction d'étalement d'une ligne (LSF)	Analyse avec l'outil développé spécifiquement à cette fin

2.1 Identification des protocoles utilisés cliniquement

Objectif

Tout établissement participant au programme de dépistage de la TAFD doit utiliser un protocole technique menant à une qualité d'image adéquate et une faible dose au patient.

Le physicien doit comparer le protocole utilisé par le centre avec les recommandations publiées par l'AAPM pour divers modèles de TDM. Certains paramètres sélectionnés, notamment l'épaisseur de coupe, l'algorithme de reconstruction, le champ couvert (FOV), etc. ne peuvent conduire à un examen de qualité s'ils ne respectent pas des critères appropriés. Règle générale, le protocole doit d'abord viser un temps d'acquisition court, via un temps de rotation rapide (combiné à un pas > 1 si nécessaire), pour minimiser les risques de mouvement de la cage thoracique. Les coupes reconstruites (excluant celles de type MIP (« Maximum Intensity Projection »)) doivent être d'environ 1 mm.

Les recommandations de l'AAPM peuvent ainsi servir de base pour les recommandations.

Matériel requis

- Paramètres techniques et protocoles déclarés par le centre;
- Références AAPM pour divers fabricants et modèles d'appareils.

Méthode

Faites les comparaisons et observez la cohérence ou les écarts entre le protocole déclaré et les recommandations AAPM⁽³⁾.

Critère de conformité

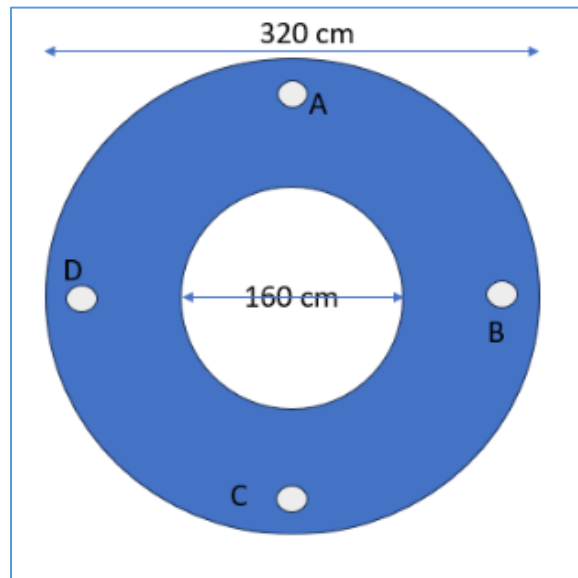
- Le jugement de physicien est requis pour évaluer les écarts entre les protocoles proposés et les protocoles AAPM et statuer sur l'impact de ces écarts sur la qualité de l'image;
- La limitation de dose doit aussi être prise en compte et les tests 9 et 10 doivent aussi être pris en considération.

2.2 Test 9 : Mesure de l'exposition en mode localisation

Objectif

Obtenir une valeur de référence pour la dose au patient lors de l'image de localisation préparatoire à la tomographie axiale.

Figure 3 Fantôme CTDI, section périphérique



Matériel requis

- Fantôme CTDI partie périphérique;
- Détecteur de radiation multifonctionnel.

Méthode

1. Faites une image de localisation avec un mA minimal et le protocole de dépistage TAFD utilisé sur le TDM contrôlé : longueur de l'image de 25 cm.
2. Avec le détecteur en position A (figure 3) dans le fantôme, notez la valeur obtenue.

Critère de conformité

- La valeur obtenue ne devrait pas différer d'une valeur de base établie lors d'une évaluation antérieure, par plus de 20 %.

2.3 Test 10 : Indice de dose

Objectif

Le dépistage devant être fait à faible dose, ce test établit une valeur de type CTDI en un point du fantôme CTDI (position A – voir figure 3), avec la partie périphérique seulement. Similaire à la méthodologie de la section précédente, cet indice de dose est toutefois mesuré en mode hélicoïdal.

Le fantôme étant le même pour toutes les installations, une valeur maximale ne devra pas être dépassée.

Matériel requis

- Fantôme CTDI partie périphérique;
- Détecteur de radiation multifonctionnel.

Méthode

1. Faites une image avec le protocole faible dose.
2. Avec le détecteur en position A dans le fantôme, notez la valeur obtenue.

Critère de conformité⁽¹¹⁾

- La valeur d'indice ne devra pas différer de plus de 10 % par rapport à la valeur de référence établie lors d'une évaluation antérieure;
- En aucune circonstance cette valeur ne devrait dépasser 3 mGy;
- Lorsqu'un centre utilise des filtres spécifiques (e.g. Étain, Argent), cette dose devrait être abaissé de plus de 50 %;
- Plusieurs TDM peuvent également réaliser des images adéquates à des doses de moins de 3 mGy. Le physicien favorisera l'approche de moindre dose lorsque c'est réalisable.

2.4 Test 11 : Nombre CT et bruit selon éloignement du centre

Objectif

Évaluer la précision des nombres CT et le niveau de bruit, autant dans l'air que dans la section de PMMA, en fonction de l'éloignement du centre du fantôme.

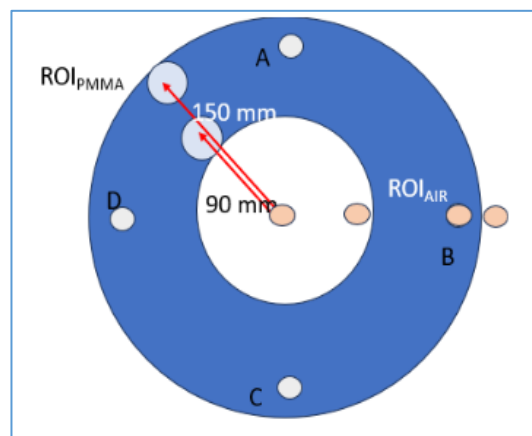
Matériel requis

- Fantôme CTDI partie périphérique;
- Outil d'analyse des nombres CT dans une région d'intérêt et des écarts-types.

Méthode

1. Faites une exposition avec le fantôme CTDI, en utilisant le protocole de la TAFD du centre, et en utilisant un champ de 35 cm (« scan field of view » SFOV).
2. Définissez une région d'intérêt (circulaire de 20 mm de diamètre) sur la couronne interne du fantôme et une autre sur la partie externe de la couronne de PMMA (voir schéma). Les centres de ces deux ROI doivent être à environ 150 mm et 90 mm du centre, respectivement.
3. Mesurez la valeur des nombres CT ainsi que le bruit (l'écart-type).
4. Définissez également des régions d'intérêt (circulaire de 1 cm de diamètre) dans l'air : au centre, à la jonction de la couronne du détecteur, dans l'ouverture prévue pour une insertion et en périphérie externe. (voir figure 4).

Figure 4 Uniformité selon l'éloignement du centre dans le fantôme CTDI, partie périphérique



Critère de conformité

- L'écart entre les valeurs CT dans le PMMA à 90 mm et 150 mm du centre du fantôme devrait être inférieur à 50 UH⁽¹¹⁾;
- L'écart entre les valeurs dans l'air en périphéries (75 mm et 165 mm) et au centre du fantôme devrait être inférieur à 50 UH. La mesure dans une des ouvertures pourrait être contaminée par la proximité du PMMA et la faible dimension d'une ROI;
- Variation des écarts-type par rapport aux valeurs établies : $\leq 15\%$ UH⁽¹¹⁾.

2.5 Test 12 : Résolution spatiale selon éloignement du centre

Objectif

Évaluer la résolution spatiale et la stabilité de la résolution spatiale avec l'éloignement du centre du fantôme.

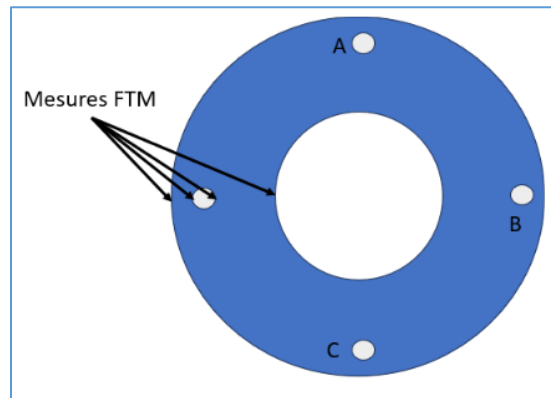
Matériel requis

- Fantôme CTDI partie périphérique;
- Application pour déterminer à partir d'une bordure abrupte la fonction d'étalement et convertir cette fonction en fonction de transfert de modulation.

Méthode

1. Le protocole utilisé par le centre pour les examens de la TAFD chez un patient de taille moyenne sera celui utilisé pour ce test. On maintiendra un champ d'observation à 35 cm.
2. La même exposition ayant servi dans le test précédent à établir les nombres CT et le bruit peut être analysée sur une mince épaisseur de coupe.
3. Bien centrez perpendiculairement sur le rebord des frontières entre air et PMMA la prise de mesure dans l'axe x. (le même principe pourrait être appliqué pour l'axe y).
4. Obtenez les valeurs pour tracer la fonction d'étalement des rebords (voir figure 5).
5. La dérivée de cette fonction conduit à la fonction d'étalement d'une ligne (LSF).
6. Extraire la largeur à la mi-hauteur de cette fonction.

Figure 5 FTM selon l'éloignement du centre dans le fantôme CTDI, partie périphérique



Note : Une sélection des ROI, un calcul du bruit et des LSF a été développé. L'interface utilisateur est présentée à la figure 6. Pour obtenir un calcul automatique de la résolution spatiale (LSF), de la précision des nombres UH et du bruit, autant au centre qu'en périphérie de l'image, l'utilisateur n'a qu'à cliquer sur l'onglet « Sélectionner l'image DICOM à analyser ». Et ensuite sur les menus de gauche pour voir apparaître (dans les cases de droite) le résultat de l'analyse. Des indicateurs de conformité précisent ensuite si celui-ci est conforme (vert) ou non (rouge) à la plage de valeurs attendues.

Figure 6 Analyse de la résolution, de la précision des nombres UH et du bruit d'image dans le fantôme CTDI, partie périphérique

Note : L'outil développé pour les calculs apparaissant à la figure 6 sera disponible sur demande auprès des instances habilitées à gérer la supervision du programme d'assurance de qualité de la TAFD

Critère de conformité

- La résolution est corrélée à la largeur mesurée de la fonction LSF. Cette largeur ne devrait pas être supérieure à 3 mm pour les mesures réalisées à 8 cm et 16 cm du centre.

3 FRÉQUENCE DES VÉRIFICATIONS

La vérification d'une unité de tomodensitométrie par le physicien doit être effectuée à la fréquence déterminée par le programme de dépistage relevant de la Direction des dépistages en cancérologie du Programme québécois de cancérologie et de la Direction générale de la santé publique du ministère de la Santé et des Services Sociaux (MSSS). Bon nombre de programmes de contrôle de la qualité impliquent les évaluations par les physiciens sur une base annuelle. Ainsi les tests suggérés dans ce guide sont proposés pour des réalisations annuelles.

Toutefois, si un changement survient, susceptible de modifier les performances de l'unité ou les conditions du contrôle de la qualité, une nouvelle évaluation, dite « ad hoc », devra être faite par le physicien. Chacun des tests décrits précédemment comporte une vérification annuelle.

Les changements majeurs susceptibles de nécessiter une nouvelle évaluation sont :

- Changement de version de logiciel;
- Changement de tube radiogène;
- Changement des détecteurs;
- Changement du « gantry »;
- Relocalisation du TDM;
- Rehaussement des composantes principales.

Un changement de console d'interprétation fera l'objet d'une validation du maintien des performances, mais n'engendre pas l'évaluation complète du TDM.

Un changement significatif de la charge de travail ou de l'occupation des locaux adjacents nécessitera une réévaluation du blindage.

4 RAPPORT

Toutes les données relatives au centre (nom, adresse, etc.), la date des vérifications effectuées par le physicien ainsi que les coordonnées des personnes responsables et du destinataire du rapport doivent être inscrites sur le formulaire conçu à cet effet. À moins d'indication contraire, le rapport sera transmis au radiologiste responsable.

Le physicien doit remplir le formulaire relatif à l'équipement d'imagerie. Il doit indiquer toutes les informations servant à identifier le tomodensitomètre (marque, modèle, numéro de série, année de fabrication si disponible), et le moniteur principal servant à la lecture des images résultantes. Il conviendra d'ajouter à la liste tout autre appareil utilisé dans le cadre de la tomodensitométrie, soit par exemple les logiciels d'aide à la décision.

Le rapport du physicien médical se compose des formulaires relatifs aux différentes vérifications effectuées pour assurer le contrôle de la qualité (voir section suivante). Dûment remplis, ces formulaires contiennent dans les premières pages tous les renseignements permettant d'identifier les personnes responsables et les équipements ainsi que le sommaire des corrections et les recommandations. Le physicien s'y identifie clairement et y appose sa signature. Le rapport doit aussi contenir en annexe la liste des instruments de mesure que le physicien a utilisés pour les vérifications et les dates des plus récents étalonnages. Ce rapport est remis au centre dans les cinq jours ouvrables⁽¹⁷⁾ suivant la séance d'évaluation. Il exprime les résultats des tests ainsi que les observations du physicien et ses recommandations. En cas de déficience importante, le responsable du centre doit en être informé sur le champ et prendre les actions conséquentes immédiatement.

Il convient de produire les rapports en format électronique (PDF) pour faciliter leur acheminement aux instances de certification et de contrôle : Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ) et MSSS.

5 FORMULAIRES

Les formulaires sont disponibles en format Excel au LSPQ, sur demande (im_lspq@inspq.qc.ca) ou au 514 457-2072. Ces formulaires contiennent des commandes automatiques de sorte que l'insertion de lignes ou de colonnes peut invalider les calculs automatiques. Le physicien doit s'assurer que les calculs effectués sont exacts.

Les tests et leurs résultats sont documentés et rapportés sous les onglets ayant pour numéro la section correspondante.

Toutes les pages sont formatées pour une impression sans les parties de la page réservée pour informations ou instructions et pouvant contenir des calculs.

Les formulaires Excel ont été construits sous Microsoft 365. Ils n'ont pas été testés sous toutes les versions et pourraient donc ne pas fonctionner sous d'anciennes versions du logiciel. L'impression en version PDF fonctionne correctement, mais n'a pas été testée sur une large gamme d'imprimantes.

6 CONSERVATION DES DOCUMENTS

Le centre participant au programme de dépistage du cancer du poumon par la TAFD doit conserver les rapports pendant toute la durée de vie de l'appareil. Les méthodes et calculs qui n'apparaissent pas explicitement dans le rapport doivent demeurer disponibles et conservés par le physicien pendant trois (3) années, afin de valider les résultats en cas de litige. Les images numériques produites à l'occasion de l'évaluation complète ou au moment d'une vérification particulière doivent aussi être conservées par le physicien pendant trois ans. Les rapports transmis au LSPQ à des fins de certification ou agrément seront conservés par le LSPQ pendant 6 ans.

CONCLUSION

En conclusion, ce guide a présenté une série de tests de TDM pour la TAFD, en s'adressant aux médecins.

Ce guide a permis de :

- Définir les tests de TDM nécessaires pour contribuer à atteindre les objectifs du dépistage;
- Détailler les procédures de chaque test, y compris les paramètres d'acquisition, les outils d'analyse et les critères d'acceptation;
- Réaffirmer l'engagement des médecins à fournir des services de haute qualité en matière de la TAFD et de dosimétrie.

Outre ces efforts, la conclusion veut s'ouvrir sur quelques idées importantes dans le contexte d'un dépistage du cancer du poumon par la TAFD, idées qui n'ont pas été développées dans ce Guide:

- Souligner l'importance de la collaboration entre les médecins, les radiologistes et les autres professionnels de la santé pour garantir la qualité et la sécurité de la TAFD;
- Encourager la recherche et le développement de nouvelles techniques de la TAFD et de tests de TDM pour améliorer encore la précision et l'efficacité du dépistage.

RÉFÉRENCES

1. Pertinence du dépistage du cancer du poumon par la tomographie axiale à faible dose, une production de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS), ISSN 1915-3104 INESSS (PDF) ISBN 978-2-550-83814-2 (PDF)
https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/Rapports/Oncologie/INESSS_Depistage_cancer_poumon.pdf
2. AAPM TG233, Report No. 233 - Performance Evaluation of Computed Tomography Systems - The Report of AAPM Task Group 233 (April 2019), https://issuu.com/aapmdocs/docs/tg-233_final_8ec461f2715a5e?mode=embed&viewMode=singlePage&backgroundColor=eeeeee
3. AAPM, Lung Cancer Screening CT Protocols Version 6.0 November 2023
<https://www.aapm.org/pubs/ctprotocols/documents/lungcancerscreeningct.pdf>
4. IAEA International Atomic Energy Agency, «Status of Computed Tomography Dosimetry for Wide Cone Beam Scanners», Vienna 2011.
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1528_web.pdf
5. IEC 60601-2-44, COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE, ISBN 978-2-8322-0346-0, 2012
https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60601-2-44%7Bed3.1%7Db.pdf
6. Module de contrôle de qualité de radioprotection en tomodensitométrie, Guide Québécois de contrôle de qualité et de radioprotection en imagerie médicale. CENTRE D'EXPERTISE CLINIQUE EN RADIOPROTECTION (CECR), ISBN 978-2-9812570-3-1
<https://www.santeestrie.qc.ca/clients/SanteEstrie/Professionnels/CECR/Publications-documents/CECR-CHUS-module-controle-radioprotection-tomo.pdf>
7. Santé Canada, Radioprotection en radiologie—Grands établissements, Procédures de sécurité pour l'installation, l'utilisation et le contrôle des appareils à rayons X dans les grands établissements radiologiques médicaux, Code de sécurité 35, 2008, ISBN : 978-0-662-04526-7
https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/radiation/safety-code_35-securite/safety-code_35-securite-fra.pdf
8. Implementation of Lung Cancer Screening: Proceedings of a Workshop (2017), THE NATIONAL ACADEMIES PRESS 500 Fifth Street, NW Washington, DC 20001, 2017
9. Applying three different methods of measuring CTDI free air to the extended CTDI formalism for wide-beam scanners (IEC 60601–2–44): A comparative study, Robert Bujila, Love Kull, Mats Danielsson, Jonas Andersson, J Appl Clin Med Phys 2018; 19:4:281–289
10. Radiology Quality Assurance Program Manual, Ontario Lung Screening Program, Ontario Health, Cancer Care Ontario, October 2019
11. Dépistage du cancer du poumon par TDM à faible dose, projet pilote du MSSS, guide pour les centres participants, Jean Arsenault, mai 2021

12. CAR Lung Screening Accreditation Program (LSAP), Program Standards, L'Association Canadienne des radiologistes, draft version 0,0
13. NORWECK, James T., et autres. « ACR–AAPM–SIIM Technical Standard for Electronic Practice of Medical Imaging », *Journal of Digital Imaging*, vol. 26, n° 1, February 2013, p. 38-52.
<https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/elec-practice-medimag.pdf>
14. MSSS, Ministère de la Santé et des Services sociaux, « Mammographie numérique : guide d'évaluation pour les physiciens médicaux », 2021. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-001921/>
15. IAEA, International Atomic Energy Agency « 19 Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications », Vienna 2012. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1557_web.pdf
16. Food and Drug administration, CFR - Code of Federal Regulations Title 21,
<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?FR=1020.30>
17. Éditeur officiel du Québec, Règlement d'application de la Loi sur les laboratoires médicaux et sur la conservation des organes et des tissus, RLRQ c L-0.2, r 1, article 150
<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/L-0.2,%20r.%201%20/>
18. BC Gov News, BC Cancer launches lung-screening program,
<https://news.gov.bc.ca/releases/2022HLTH0145-000816>
19. CATPHAN® 700, User Manual.
<https://static1.squarespace.com/static/5367b059e4b05a1adcd295c2/t/58b5c5ff2994ca89008893d9/1488307742189/Catphan700Manual.pdf>, page 28
20. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging facilities, Report no. 147, National Council on Radiation Protection and Measurements, 2004.
<https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-147-structural-shielding-design-for-medical-x-ray-imaging-facilities-2004/>

Centre de référence et d'expertise
en santé publique depuis 1998



www.inspq.qc.ca

*Institut national
de santé publique*

Québec

