



Ministère de la Santé et des Services sociaux

# Mammographie numérique :

## guide d'évaluation pour les médecins

Complément – Tomosynthèse

Février 2024

**ÉDITION :**

La Direction des communications du ministère de la Santé et des Services sociaux

Le présent document s'adresse spécifiquement aux intervenants du réseau québécois de la santé et des services sociaux et n'est accessible qu'en version électronique à l'adresse :

**[www.msss.gouv.qc.ca](http://www.msss.gouv.qc.ca)**, section **Publications**

Le genre masculin est utilisé sans aucune discrimination et dans le seul but d'alléger le texte.

Le contenu pourrait ne pas satisfaire aux exigences du Standard sur l'accessibilité des sites Web.

Dépôt légal – 2023

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN : 978-2-550-96749-1 (version PDF)

Tous droits réservés pour tous pays. La reproduction, par quelque procédé que ce soit, la traduction ou la diffusion de ce document, même partielles, sont interdites sans l'autorisation préalable des Publications du Québec. Cependant, la reproduction de ce document ou son utilisation à des fins personnelles, d'étude privée ou de recherche scientifique, mais non commerciales, sont permises à condition d'en mentionner la source.

© Gouvernement du Québec, 2023

## AUTEURS

M. Raymond Carrier, M. Sc., MBA, FCCPM  
Physicien consultant  
Laboratoire de santé publique du Québec  
Institut national de santé publique du Québec

M. Alain Gauvin, M. Sc., MBA, FCCPM, DABR, DABMP, CIIP  
Physicien consultant  
Laboratoire de santé publique du Québec  
Institut national de santé publique du Québec

## AVANT-PROPOS

### Caractéristiques générales de la tomosynthèse

Le système de mammographie requis pour supporter la tomosynthèse est semblable à celui d'un appareil DR (radiographie numérique à captation directe : « détecteur-récepteur » [direct radiography]) utilisé en mammographie par projection standard. Il possède en plus la capacité de positionner dynamiquement le tube de part et d'autre de la normale par rapport au détecteur, tout en capturant plusieurs images radiographiques à différents angles. Après l'acquisition de ces multiples images ou projections, le système reconstruit des coupes du sein, d'une épaisseur de 0,5 à 1 mm chacune. Elles sont parallèles au support du sein et sont localisées à diverses hauteurs par rapport au détecteur, permettant ainsi de réduire considérablement les superpositions anatomiques et facilitant ainsi la caractérisation des lésions [9]<sup>1</sup>.

À la suite de recherches ayant démontré qu'environ 40 kilovolts (kV) étaient indiqués pour la tomosynthèse, les fabricants ont tous adopté des approches où les faisceaux sont plus énergétiques, soit avec un kV plus élevé et/ou une filtration plus importante. Les stratégies d'acquisition sont multiples et varient selon le fabricant : rotation continue du tube avec prise d'images en temps réel, rotation discontinue avec acquisition d'images à l'arrêt, nombre de projections variant de 9 à 25, temps d'acquisition de 7 à 25 secondes et des angles variant de 7 à 25 degrés de part et d'autre de l'axe central. Les stratégies de reconstruction diffèrent également selon le fabricant. Cette technique réduit la fonction de transfert de modulation (FTM), au profit d'un rapport signal-bruit augmenté. De plus, il est possible d'utiliser les données acquises en tomosynthèse pour reconstruire les projections standards à deux dimensions (2D) de référence, générant ainsi une image dite « 2D synthétique », et éliminant ainsi le besoin d'irradiation pour l'acquisition d'images 2D avec la technique conventionnelle.

---

<sup>1</sup> La notation entre crochets indique le numéro de référence en bibliographie et donne aussi le ou les numéros de page dans la référence, lorsque cela est pertinent.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1 OBSERVATION GÉNÉRALE ET INTÉGRITÉ DE L'APPAREIL .....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Objectif.....	3
1.1.2 Matériel nécessaire.....	3
1.1.3 Procédure à suivre.....	3
1.1.4 Résultats et tolérances .....	3
1.1.5 Recommandations et mesures correctives.....	3
1.1.6 Remarque.....	3
<b>2 COUVERTURE DU FAISCEAU .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Objectifs.....	4
2.1.2 Matériel nécessaire.....	4
2.1.3 Procédure à suivre.....	4
2.1.4 Résultats et tolérances .....	4
2.1.5 Recommandations et mesures correctives.....	4
<b>3 FILTRATION ADDITIONNELLE : COUCHE DE DEMI-ATTÉNUATION (CDA) .....</b>	<b>5</b>
3.1.1 Objectif.....	5
3.1.2 Matériel nécessaire.....	5
3.1.3 Procédure à suivre.....	5
3.1.4 Résultats et tolérances .....	5
3.1.5 Recommandations et mesures correctives.....	5
<b>4 EXPOSEUR AUTOMATIQUE (SEA).....</b>	<b>6</b>
4.1.1 Objectif.....	6
4.1.2 Matériel nécessaire.....	6
4.1.3 Procédure à suivre.....	6
4.1.4 Résultats et tolérances .....	6
4.1.5 Recommandations et mesures correctives.....	6
<b>5 EXACTITUDE DE LA TENSION .....</b>	<b>7</b>
5.1.1 Objectif.....	7
5.1.2 Matériel nécessaire.....	7
5.1.3 Procédure à suivre.....	7
5.1.4 Résultats et tolérances .....	7
5.1.5 Recommandations et mesures correctives.....	7

<b>6</b>	<b>DOSE GLANDULAIRE MOYENNE (DGM).....</b>	<b>7</b>
6.1.1	Objectif.....	7
6.1.2	Matériel nécessaire.....	7
6.1.3	Procédure à suivre.....	8
6.1.4	Résultats et tolérances.....	8
6.1.5	Recommandations et mesures correctives.....	10
<b>7</b>	<b>ANALYSE DU FANTÔME SUR PLAN-IMAGE ET SUR 2D SYNTHÉTIQUE .....</b>	<b>11</b>
7.1.1	Objectifs.....	11
7.1.2	Matériel nécessaire.....	11
7.1.3	Procédure à suivre.....	11
7.1.4	Résultats et tolérances.....	11
7.1.5	Recommandations et mesures correctives.....	11
<b>8</b>	<b>ANALYSE D'ARTEFACTS .....</b>	<b>12</b>
8.1.1	Objectifs.....	12
8.1.2	Matériel nécessaire.....	12
8.1.3	Procédure à suivre.....	12
8.1.4	Résultats et tolérances.....	12
8.1.5	Recommandations et mesures correctives.....	12
<b>9</b>	<b>RÉSOLUTION.....</b>	<b>13</b>
9.1.1	Objectif.....	13
9.1.2	Matériel nécessaire.....	13
9.1.3	Procédure à suivre.....	13
9.1.4	Résultats et tolérances.....	13
9.1.5	Recommandations et mesures correctives.....	13
<b>10</b>	<b>CONSIDÉRATION RELATIVE AU BLINDAGE .....</b>	<b>14</b>
10.1.1	Objectifs.....	14
10.1.2	Matériel nécessaire.....	14
10.1.3	Procédure à suivre.....	14
10.1.4	Résultats et tolérances.....	14
10.1.5	Recommandations et mesures correctives.....	14
<b>11</b>	<b>CONDITIONS D’AFFICHAGE ET DE LECTURE .....</b>	<b>15</b>
11.1.1	Objectif.....	15
11.1.2	Procédure à suivre.....	15

11.1.3	Résultats et tolérances .....	15
11.1.4	Recommandations et mesures correctives.....	15
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	.....	<b>16</b>

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1	TEST COMPLÉMENTAIRE EN TOMOSYNTHÈSE .....	2
TABLEAU 2	FACTEUR F POUR DÉTERMINER LA VALEUR MAXIMALE DE LA CDA .....	5
TABLEAU 3	FACTEURS G POUR DES SEINS SIMULÉS PAR DU PMMA.....	9
TABLEAU 4	FACTEURS C POUR DES SEINS SIMULÉS PAR DU PMMA.....	9
TABLEAU 5	FACTEUR S POUR UNE FILTRATION DE 0,7 MM D'Al EN PRÉSENCE D'UNE ANODE DE W.....	10
TABLEAU 6	FACTEUR T MOYEN SELON L'ÉPAISSEUR DE PMMA ET L'ANGLE MAXIMAL D'ACQUISITION À PARTIR DE LA VERTICALE.....	10



## INTRODUCTION

La présence de mouvement, de filtration additionnelle, de kV plus élevés et d'un processus d'acquisition substantiellement différent de celui de la mammographie numérique 2D entraîne des considérations particulières qui doivent s'ajouter aux tests que le physicien réalise dans le cadre de l'évaluation en mammographie 2D. Il s'agit, dans plusieurs cas, de variantes de tests déjà décrits dans le document *Mammographie numérique : guide d'évaluation pour physiciens médicaux* (Guide), et, dans d'autres cas, de tests entièrement nouveaux.

Des tests sont brièvement décrits, dans ce complément du Guide, en se référant aux procédures du Guide. Des critères spécifiques sont proposés en harmonie avec les critères existants dans les grandes associations ou autorités de référence (American Association of Physicists in Medicine, EUREF [*European Reference Frame*], National Health Service, American College of Radiology). Lorsqu'un test particulier représente un ajout ou une modification à un test existant pour le 2D, la description fournie se limite à la modification et/ou à l'ajout par rapport à la version 2D du test. Enfin, les formulaires d'évaluation proposés dans le Guide sont modifiés et spécialement adaptés. Au besoin, des formulaires additionnels sont proposés.

Le **tableau 1** ci-dessous présente les tests du Guide, auxquels s'ajoutent des tests complémentaires propres à la tomosynthèse.

Tableau 1 Test complémentaire en tomosynthèse<sup>2</sup>

Catégorie	#	Test du Guide	Complément Tomosynthèse
Le mammographe	1	<i>Évaluation générale de l'unité</i>	Évaluation relative au mouvement et bouclier facial
Compression	2	<i>Force de compression et précision des indicateurs (force et épaisseur)</i>	
Système d'Exposeur automatique (SEA)	3	<i>Évaluation du SEA</i>	Analyse de la réponse de l'exposeur automatique aux paramètres utilisés en tomosynthèse. Obtention des mAs pour DGM. Stabilité des mAs dans le temps.
Le détecteur	4	<i>Réponse du détecteur et bruit associé</i>	
	5	<i>Linéarité spatiale et distorsion géométrique</i>	
	6	<i>Images résiduelles et fantômes</i>	
	7	<i>Uniformité du détecteur, évaluation des artefacts et homogénéité des récepteurs</i>	Analyse des artefacts sur les plans-images et 2D synthétique
Résolution	8	<i>Fonction de transfert de modulation</i>	Mire résolution à 45°
Caractéristiques de l'équipement de rayons-X	9	<i>Précision des kV, stabilité et débits</i>	Précision des kV à valeurs plus élevées et en mode pulsé selon fabricant
	10	<i>Couche de demi-atténuation (CDA)</i>	En présence de kV différent et filtration différente, tels qu'utilisés en tomosynthèse
	11	<i>Kerma incident dans l'air à l'entrée</i>	
Dosimétrie	12	<i>Dose glandulaire moyenne</i>	Mesure du Kerma dans l'air en mode stationnaire avec les paramètres kV, anode, filtre de tomosynthèse et mAs obtenus en SEA.
Collimation	13	<i>Congruence/Alignement/tissu manquant</i>	Évaluation aux extrémités de la course et de la couverture du faisceau en profondeur
Affichage des images	14	<i>Luminance des moniteurs et conditions environnantes de lecture</i>	Considérations sur la rémanence à l'acceptation.
Qualité d'image	15	<i>Observation d'un fantôme ayant des objets représentatifs insérés</i>	Observation sur le plan-image des objets insérés et observation sur l'image synthétique 2D
Blindage	16	<i>Analyse de la protection architecturale</i>	Complément compte tenu d'utilisation de kV plus élevé. Validation de la nouvelle charge en mA.min/sem.

<sup>2</sup> **Plan-image** : À la suite de l'acquisition des projections, le système reconstruit des coupes parallèles au support du sein et localisées à diverses hauteurs par rapport au détecteur. Le plan-image est l'une de ces coupes choisies par l'observateur.

## TESTS SPÉCIFIQUES

### 1 OBSERVATION GÉNÉRALE ET INTÉGRITÉ DE L'APPAREIL

#### 1.1.1 Objectif :

Assurer la sécurité des patientes et du matériel. Aucun élément visuel pouvant représenter un risque de collision ou de blessure ne doit être détecté lors du mouvement automatique du tube radiogène.

#### 1.1.2 Matériel nécessaire : Aucun.

#### 1.1.3 Procédure à suivre :

- 1) Vérifiez que le bouclier du visage est intact et solidement fixé en place;
- 2) Effectuez un balayage avec une technique généralement utilisée en mammographie de tomosynthèse, en prenant soin de protéger le détecteur contre une surexposition;
- 3) Observez visuellement qu'il n'y a pas de risque apparent de collision mécanique ou de défaut physique.

#### 1.1.4 Résultats et tolérances :

- Le jugement du physicien est utilisé pour évaluer les résultats.

#### 1.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- En cas de risque de collision ou de blessure, des corrections doivent être apportées immédiatement. Le physicien évaluera les conséquences possibles de ce risque pour décider, le cas échéant, d'exiger des corrections.

#### 1.1.6 Remarque :

- Puisque l'appareil est déjà évalué pour le risque de collision lors du test de base pour le risque pendant la rotation manuelle du statif, l'accent de ce test est mis sur la protection de la patiente dans le contexte de rotation automatique du tube à proximité d'elle.

## 2 COUVERTURE DU FAISCEAU

### 2.1.1 Objectifs :

S'assurer que la couverture du faisceau de rayons X et l'alignement de la plaque de compression par rapport au détecteur sont adéquats, et que la largeur de tissu exclu durant la rotation du côté thoracique reste à l'intérieur des mêmes limites que pour le test de base. S'assurer que les plans-images couvrent tout le volume de haut en bas. Valider les trois éléments :

- 1) Couverture du détecteur;
- 2) Alignement de la plaque de compression utilisée en tomosynthèse;
- 3) Imagerie de tout le volume verticalement.

**2.1.2 Matériel nécessaire :** Idem à test 2.13 du Guide.

**2.1.3 Procédure à suivre :** Idem à test 2.13 du Guide.

- 1) La procédure est la même que celle décrite dans le Guide, mais en effectuant l'exposition complète en mode dynamique avec les paramètres de tomosynthèse.

L'analyse de la collimation, de la couverture du détecteur et du tissu manquant doit être complétée en prenant en compte le concept de couverture verticale.

- 2) Pour s'assurer que toute la profondeur du sein est imagée, placez une pièce carrée d'aluminium (Al) mince, à un angle de 45° sous une épaisseur de PMMA (polyméthacrylate de méthyle) de 70 mm en laissant dépasser un coin, et une pièce semblable à 20 mm au-dessus du fantôme, soit sur la pièce intercalaire, du côté de la paroi thoracique en laissant également dépasser un coin. Réalisez une exposition complète en mode dynamique avec les paramètres de tomosynthèse.

**2.1.4 Résultats et tolérances :** Idem à 2.13 du Guide.

Les tolérances sont les mêmes que dans le Guide pour la première partie. Les images des pièces minces placées sur et sous le fantôme doivent apparaître bien définies sur les coupes inférieure et supérieure respectivement.

**2.1.5 Recommandations et mesures correctives :** Idem au Guide.

### 3 FILTRATION ADDITIONNELLE : COUCHE DE DEMI-ATTÉNUATION (CDA)

#### 3.1.1 Objectif :

Mesurer les CDA obtenues avec les combinaisons anode/filtre utilisées en tomosynthèse, aux kVs employés pour ce mode d'acquisition, tels que déterminés par les autres tests. Cela n'est applicable que si l'appareil utilise des kV et/ou une combinaison anode/filtre différents en tomosynthèse.

3.1.2 **Matériel nécessaire** : Idem à 2.10 du Guide.

3.1.3 **Procédure à suivre** : Idem à 2.10 du Guide.

3.1.4 **Résultats et tolérances** :

- Acceptable :  $kV/100 + 0,03 \leq CDA \leq kV/100 + F$ .

Tableau 2 Facteur F pour déterminer la valeur maximale de la CDA

Anode/filtre	Facteur F [3]
Mo/Mo	0,12
Mo/Rh	0,19
Rh/Ag	0,23
Rh/Rh	0,22
W/Ag	0,32
W/Rh	0,30
W/Al (0,5 mm)	0,25
W/Al (0,7 mm)	0,34 (ajusté par les auteurs)

3.1.5 **Recommandations et mesures correctives** :

- Une filtration trop faible ou trop élevée doit faire l'objet d'une correction immédiate.

## 4 EXPOSEUR AUTOMATIQUE (SEA)

### 4.1.1 Objectif :

Obtenir les valeurs de mAs (milliampère-seconde) qui serviront à l'obtention de la dose glandulaire moyenne et en vérifier la stabilité.

### 4.1.2 Matériel nécessaire :

- Feuilles de PMMA nécessaires pour obtenir les épaisseurs suivantes : 20 mm, 45 mm et 70 mm;
- Deux pièces intercalaires de styromousse de 8 et 20 mm d'épaisseur.

### 4.1.3 Procédure à suivre :

- 1) Obtenez les valeurs de mAs pour 3 épaisseurs de PMMA (20 mm, 45 mm, 70 mm) avec sélection de facteurs techniques utilisés en tomosynthèse. Ces valeurs serviront plus tard au calcul de la dose glandulaire;
- 2) Suivez la même procédure que pour le test en 2D, mais en sélectionnant le mode tomosynthèse. Étant donné que le SDNR (rapport de la différence du signal sur le bruit [*signal difference to noise ratio*]) ne sera pas mesuré, faute de norme, vous pouvez omettre de placer la pièce d'aluminium de 20 x 20 mm.

### 4.1.4 Résultats et tolérances :

- Les paramètres (mAs) seront requis pour le calcul de la dose glandulaire;
- Le mAs fait l'objet d'une analyse évolutive avec le critère suivant :

$$\text{mAs} = \text{mAs de base} \pm 10 \% [3, \text{p. 25}].$$

Cependant, en cas de nouvelles calibrations ou d'autres événements susceptibles de modifier ce paramètre (changement de tube, changement de détecteur, rehaussement du logiciel de l'appareil), la nouvelle mesure devient la « base » pour une prochaine évaluation.

### 4.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Si une anomalie est observée, un appel de service est requis.

## 5 EXACTITUDE DE LA TENSION

### 5.1.1 Objectif :

Vérifier l'exactitude des kV utilisés en tomosynthèse avec la combinaison anode/filtre pour cette technique.

**Note :** *Le kV-mètre doit être étalonné pour la combinaison anode/filtre de tomosynthèse et jusqu'au maximum des kV utilisés en tomosynthèse.*

### 5.1.2 Matériel nécessaire : Idem au test 2.9 du Guide.

### 5.1.3 Procédure à suivre : Idem au test 2.9 du Guide.

- 1) Utilisez le mode stationnaire du tube, mais en sélectionnant le même mode d'exposition qui est utilisé en tomosynthèse;
- 2) Ajoutez les valeurs de débit au tableau correspondant pour les techniques de tomosynthèse.

### 5.1.4 Résultats et tolérances :

- Reproductibilité (coefficient de variation) :  $\leq 0,02$ ;
- Exactitude :  $\leq \pm 5 \%$ .

### 5.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Les corrections devront être apportées dans les 30 jours suivant le test, ou plus rapidement, voire immédiatement si le physicien médical le juge pertinent considérant l'écart.

## 6 DOSE GLANDULAIRE MOYENNE (DGM)

### 6.1.1 Objectif :

Obtenir les doses glandulaires moyennes en tomosynthèse avec la combinaison anode/filtre utilisée en tomosynthèse pour les épaisseurs 20 mm, 45 mm et 70 mm de PMMA.

### 6.1.2 Matériel nécessaire :

- Détecteur de radiation.

### 6.1.3 Procédure à suivre :

Suivez la même procédure qu'en 2D en sélectionnant les paramètres techniques (mAs) obtenus au test n° 4 SEA, avec kV, filtre et anode de la tomosynthèse.

**Note :** *La mesure de kerma à l'entrée prise ici est faite en absence de rétrodiffusion, donc sans fantôme, mais avec la surface sensible du détecteur à la hauteur correspondante (comme pour la DGM en 2D).*

### 6.1.4 Résultats et tolérances :

$$D_{\text{tomo}} = K_{\text{total}} g c s T$$

- Les tableaux 8 et 9 du Guide permettent des calculs pour des CDA jusqu'à 0,6 mm d'Al. Les facteurs g, c et s pour une filtration différente dont les CDA dépassent 0,6 mm sont disponibles dans les références [1, 2] et sont reproduits dans les tableaux 3, 4 et 5 suivants;
- La valeur T est fournie dans le **tableau 6**. Il faut connaître l'angle maximal d'acquisition (½ de l'angle total du balayage d'une extrémité à l'autre) utilisé par l'appareil en observation. Les angles utilisés par les différents fabricants sont les suivants [10] :

Fabricant	Angle
Fuji	7,5
GE	12,5
Giotto	15
Hologic	7,5
Planmed	15
Siemens	25

De là, on fabrique les facteurs T du **tableau 6**. Ces facteurs sont obtenus par régression linéaire à partir des données de l'EUREF à l'appendice I, tableau 11a [1];

- La valeur obtenue ne doit pas dépasser de plus de 20 % la dose limite établie pour la mammographie 2D. Les doses limites sont donc : 1,2 mGy à 20 mm de PMMA, 2,4 mGy à 45 mm et 6,1 mGy à 70 mm;
- Comparez avec la dose glandulaire moyenne estimée ou affichée sur l'appareil ou présente dans l'en-tête DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). L'écart ne devrait pas dépasser 25 %;
- Considérez que si la tomosynthèse est accompagnée d'une séquence mammographique 2D standard ayant deux incidences, alors la dose cumulée d'une incidence et d'une acquisition en tomosynthèse ne doit pas excéder 3 mGy pour un sein moyen de 45 mm de PMMA équivalent. Ainsi, la somme des deux doses limites pourrait atteindre 5,5 mGy.



**Note :** Le facteur  $s$  pour une filtration de 0,7 mm d'Al peut être nécessaire. Le Guide donne un tableau pour 0,5 mm de filtration d'Al. Le tableau 3 est une extension des travaux de Dance et collaborateurs (2000, 2009, 2011), comme cela est rapporté dans le protocole européen en 2016 [1].

Tableau 3 Facteurs  $g$  pour des seins simulés par du PMMA

PMMA thickness (mm)	Equiv. breast thickness (mm)	Gland. of equiv. breast (%)	g-factors (mGy/mGy)										
			HVL (mm Al)										
			0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
20	21	97	0.378	0.421	0.460	0.496	0.529	0.559	0.585	0.609	0.631	0.650	0.669
30	32	67	0.261	0.294	0.326	0.357	0.388	0.419	0.448	0.473	0.495	0.516	0.536
40	45	41	0.183	0.208	0.232	0.258	0.285	0.311	0.339	0.366	0.387	0.406	0.425
45	53	29	0.155	0.177	0.198	0.220	0.245	0.272	0.295	0.317	0.336	0.354	0.372
50	60	20	0.135	0.154	0.172	0.192	0.214	0.236	0.261	0.282	0.300	0.317	0.333
60	75	9	0.106	0.121	0.136	0.152	0.166	0.189	0.210	0.228	0.243	0.257	0.272
70	90	4	0.086	0.098	0.111	0.123	0.136	0.154	0.172	0.188	0.202	0.214	0.227
80	103	3	0.074	0.085	0.096	0.106	0.117	0.133	0.149	0.163	0.176	0.187	0.199

Tableau 4 Facteurs  $c$  pour des seins simulés par du PMMA

PMMA thickness (mm)	Equiv. breast thickness (mm)	Gland. of equiv. breast (%)	c-factors										
			HVL (mm Al)										
			0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
20	21	97	0.889	0.895	0.903	0.908	0.912	0.917	0.921	0.924	0.928	0.933	0.937
30	32	67	0.940	0.943	0.945	0.946	0.949	0.952	0.953	0.956	0.959	0.961	0.964
40	45	41	1.043	1.041	1.040	1.039	1.037	1.035	1.034	1.032	1.030	1.028	1.026
45	53	29	1.109	1.105	1.102	1.099	1.096	1.091	1.088	1.082	1.078	1.073	1.068
50	60	20	1.164	1.160	1.151	1.150	1.144	1.139	1.134	1.124	1.117	1.111	1.103
60	75	9	1.254	1.245	1.235	1.231	1.225	1.217	1.207	1.196	1.186	1.175	1.164
70	90	4	1.299	1.292	1.282	1.275	1.270	1.260	1.249	1.236	1.225	1.213	1.200
80	103	3	1.307	1.299	1.292	1.287	1.283	1.273	1.262	1.249	1.238	1.226	1.213

Tableau 5 Facteur s pour une filtration de 0,7 mm d'Al en présence d'une anode de W

Épaisseur de PMMA (mm)	Épaisseur sein équivalent (mm)	Facteur s
20	21	1,052
30	32	1,064
40	45	1,082
45	53	1,094
50	60	1,105
60	75	1,123
70	90	1,136
80	103	1,142

D'autres facteurs, pour d'autres filtrations, sont aussi disponibles dans les références [1, appendice I].

Tableau 6 Facteur T moyen selon l'épaisseur de PMMA et l'angle maximal d'acquisition à partir de la verticale

PMMAmm/angle	7,5°	12,5°	15°	20°	24°	Philips
20	0,997	0,993	0,991	0,985	0,979	0,980
45	0,995	0,989	0,986	0,976	0,968	0,900
70	0,993	0,985	0,981	0,971	0,962	0,806

### 6.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Une dose supérieure à la norme entraînera une recommandation pour sélectionner des facteurs techniques à la baisse. Le physicien effectuera les calculs des mesures requises et transmettra les recommandations qui s'imposent;
- Si la dose affichée est disponible et qu'elle diffère par  $\pm 25\%$  de la dose calculée à partir des mesures [3, p. 20; 5, p. 175], une recommandation d'investigation plus approfondie devrait être émise et un correctif appliqué.

## 7 ANALYSE DU FANTÔME SUR PLAN-IMAGE ET SUR 2D SYNTHÉTIQUE

### 7.1.1 Objectifs :

Observer la qualité générale de l'image du fantôme et déceler, s'il y a lieu, l'apparition de nouveaux artefacts sur l'image fantôme.

Observer la qualité de l'image 2D synthétique générée à partir des diverses projections.

### 7.1.2 Matériel nécessaire :

- Fantôme RMI-156 ou NA 18-220 ou CIRS 015;
- Référence au test de fantôme du Guide pour la méthode de lecture des objets.

### 7.1.3 Procédure à suivre :

- 1) Effectuez, en tomosynthèse, une image du fantôme;
- 2) Recherchez, pour l'observation, l'image qui intersecte le mieux le plan des objets insérés;
- 3) Reconstituez une image 2D synthétique à partir des multiples projections de tomosynthèse;
- 4) L'observation de l'image se fait avec un agrandissement tel qu'un pixel d'acquisition correspond à un pixel d'affichage.

### 7.1.4 Résultats et tolérances :

- L'image, au plan-image des insertions, devrait être capable de mettre en évidence au moins 4 fibres, 3 groupes de microcalcifications, 3 masses pour tout fabricant;
- L'image reconstruite en 2D, dite synthétique, est typiquement de qualité moindre qu'une image 2D standard. Toutefois, les avantages associés à l'élimination des superpositions permettent de libérer les critères de performance pour l'image de fantôme à des scores de 4 fibres, 3 groupes de microcalcifications et 3 masses [5, p. 155]. Ces critères sont encore en vigueur pour l'imagerie 2D dans le Programme d'agrément canadien (PAM);
- Des artefacts confondant avec les structures recherchées ne doivent pas apparaître sur l'image.

### 7.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Le défaut d'observer une image de qualité avec les objets insérés au fantôme, visible adéquatement, sera soumis à un technicien qualifié pour le service, et des corrections devront être trouvées.

**Note :** *Si l'image 2D synthétique n'est pas produite par l'appareil, ce test ne peut être requis par le physicien évaluateur. Toutefois, si la fonctionnalité existe, mais que le centre ne s'en prévaut pas, l'absence de son utilisation ne libère pas le physicien de l'obligation de vérifier cette caractéristique qui peut être mise en œuvre à tout moment.*

## 8 ANALYSE D'ARTEFACTS

### 8.1.1 Objectifs :

Observer l'uniformité ou l'apparition de nouveaux artefacts lors de l'utilisation de la tomosynthèse. Si l'appareil utilise une grille linéaire en tomosynthèse, vérifier si celle-ci génère des artefacts.

### 8.1.2 Matériel nécessaire :

- Bloc de PMMA uniforme de 45 mm d'épaisseur;
- Ou bloc fourni par le fabricant (notez l'épaisseur).

### 8.1.3 Procédure à suivre :

- 1) Placez le bloc de PMMA;
- 2) Appliquez la plaque de compression;
- 3) Effectuez une exposition en mode tomosynthèse avec les paramètres techniques obtenus précédemment pour le test du SEA.

### 8.1.4 Résultats et tolérances :

- Les images reconstruites des différents plans doivent être uniformes et ne présenter aucun artefact.

### 8.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Si des artefacts apparaissent, la cause doit être analysée et corrigée.

## 9 RÉSOLUTION

### 9.1.1 Objectif :

S'assurer que l'image contient une résolution minimale lorsqu'une mire de résolution à haut contraste est dans le plan-image.

### 9.1.2 Matériel nécessaire :

Mire de résolution capable de démontrer une résolution de 1 à 7 paires de lignes par millimètre (pl/mm).

### 9.1.3 Procédure à suivre :

- 1) Placez la mire à 45° sur des feuilles de PMMA totalisant 45 mm d'épaisseur;
- 2) Appliquez la plaque de compression pour éviter des vibrations pendant le mouvement du tube;
- 3) Effectuez une acquisition complète de tomosynthèse;
- 4) Sélectionnez l'image qui intersecte le mieux le plan où la mire est située.

### 9.1.4 Résultats et tolérances :

- Il doit être possible de distinguer 2 pl/mm sur l'image au plan-image de la mire en tomosynthèse [ACR, p. 163].

### 9.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Si le critère de résolution n'est pas atteint, une intervention corrective doit être effectuée par un technicien qualifié en mammographie et en tomosynthèse.

## 10 CONSIDÉRATION RELATIVE AU BLINDAGE

### 10.1.1 Objectifs :

Vérifier si les examens de tomosynthèse, potentiellement effectués à des kV plus élevés, s'ajoutent ou se substituent aux examens 2D et vérifier si cela constitue une charge de travail additionnelle et compatible avec le blindage existant.

### 10.1.2 Matériel nécessaire :

- Charge de travail avec les paramètres techniques kV, mAs;
- Documentation NCRP 147;
- Référence à la section de blindage du Guide pour les informations générales.

### 10.1.3 Procédure à suivre :

- Appliquez la méthode décrite dans NCRP 147 pour les calculs.

### 10.1.4 Résultats et tolérances :

- Idem au Guide.

### 10.1.5 Recommandations et mesures correctives :

- Spécifiez si un ajout de blindage est requis pour assurer une protection adéquate dans les aires adjacentes.

## 11 CONDITIONS D’AFFICHAGE ET DE LECTURE

- Idem à la section 2.14 du Guide.
- Pour la tomosynthèse, les mêmes caractéristiques de moniteurs s’appliquent, auxquelles s’ajoute une considération additionnelle de « rémanence ». En effet, le déroulement rapide des plans-images de tomosynthèse en présence de moniteurs qui ont une rémanence forte provoque un affaiblissement de la visibilité des structures recherchées.

### 11.1.1 Objectif [4] :

Vérifier que le rafraîchissement rapide des images sur le moniteur ne crée pas des superpositions susceptibles de dégrader la qualité générale de la lecture.

### 11.1.2 Procédure à suivre :

- Observez visuellement la mire TG270-TR, qui montre une image en évolution.

### 11.1.3 Résultats et tolérances :

- Le jugement du physicien sera appliqué pour valider l’importance de la rémanence et, le cas échéant, la nécessité d’une correction.

### 11.1.4 Recommandations et mesures correctives :

- Un moniteur ayant un temps de rémanence trop long sera déclaré inapte à la lecture en mode tomosynthèse. Cette caractéristique étant inhérente à la fabrication, le remplacement paraît la seule possibilité.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] EUREF. *Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems*, version 1.03, March 2018 (Facteurs g, c, s, Appendix I. Tables for dosimetry calculation in digital breast tomosynthesis).
- [2] National Health Service. *Routine quality control tests for breast tomosynthesis (physicists): NHS Breast Screening Programme Equipment Report 1407*, December 2015 (Annexe 2 pour les facteurs g, c, s).
- [3] Heggie, JCP et autres. *ACPSEM Position Paper: Recommendations for a digital Mammography quality assurance program V4.0*, Australie, juillet 2017.
- [4] American Association of Physicists in Medicine. *Display Quality Assurance: The Report of AAPM Task Group 270*. [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_270.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_270.pdf) (Display Temporal Performance, p. 41-44).
- [5] American College of Radiology. *2018 Digital Mammography Quality Control Manual: 2D and Digital Breast Tomosynthesis*, 2<sup>e</sup> édition révisée, mai 2020.
- [6] Hologic. *Selenia Dimensions & 3Dimensions: Quality Control Manual for Selenia Dimensions and 3Dimensions Systems*, Révision 011, novembre 2021.
- [7] GE Healthcare. *Senographe Pristina : manuel de contrôle qualité pour les applications 2D, DBT, CESM et Mobile*, Révision 2, 2020.
- [8] Siemens. *MAMMOMAT Revelation: Operator Manual – Quality Control Manual, VC20*, révision septembre 2021 et *Operator Manual – Tomosynthesis Quality Control, Manual, VC20*, révision septembre 2021.
- [9] Sechopoulos, Ioannis. « A review of breast tomosynthesis. Part I. The image acquisition process », *Medical Physics*, vol. 40, n° 1, janvier 2013.
- [10] Marshall, Nicholas W., et Hilde Bosmans. « Performance evaluation of digital breast tomosynthesis systems: Physical methods and experimental data », *Physics in Medicine & Biology*, 2022.



