

The logo for IRSN, consisting of the letters 'I', 'R', 'S', and 'N' in a bold, sans-serif font. The 'I' and 'R' are red, while the 'S' and 'N' are blue.

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

La tomosynthèse

Dose et Contrôle de Qualité Interne

Julie SAGE

IRSN - Fontenay aux Roses

Unité d'Expertise en Radioprotection Médicale

26 septembre 2017

Contexte

Tomosynthèse :

- Technique récente d'imagerie du sein « pseudo-3D »
- Réduction de la superposition des tissus
 - ⇒ Gain potentiel en sensibilité et en spécificité
 - ⇒ Grand intérêt de la part des professionnels
 - ⇒ déjà utilisée en France hors du dépistage organisé, en sus de la mammographie 2D
- L'introduction de cette technique dans le cadre du dépistage organisé semble envisagée dans les années à venir
- **Une meilleure connaissance des systèmes est nécessaire**

Contexte

- 2015 - **Etude bibliographique** : Conception, Dose, Qualité image, Contrôle de qualité, Aspects réglementaires

http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN-PRP-HOM-2015-00008_Tomosynthese.pdf

- 2016 - **Etude complémentaire - Campagne de mesures :**

■ Evaluation de différents systèmes de tomosynthèse

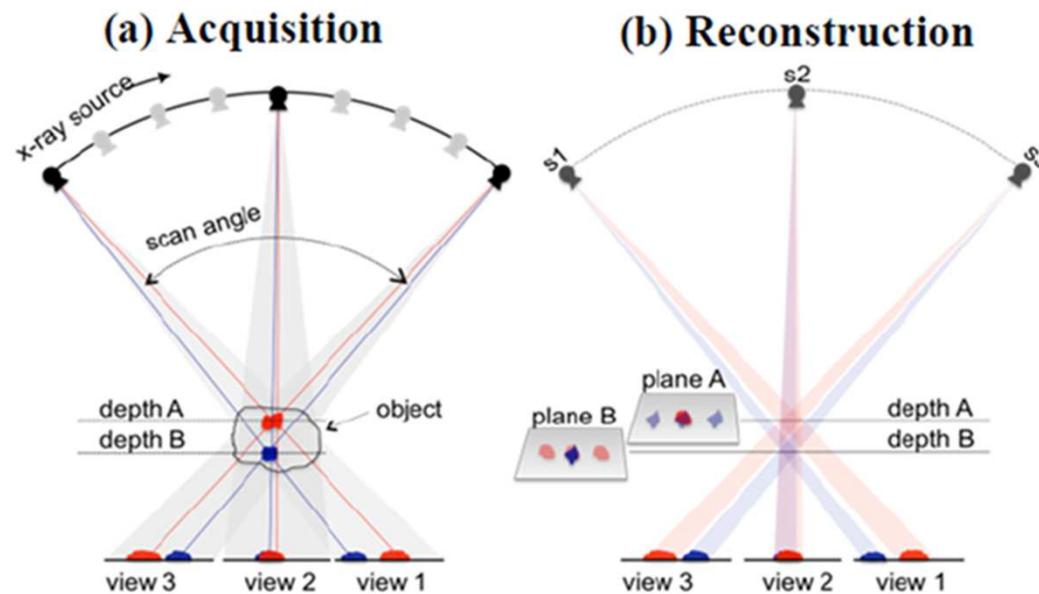
- Dose
- Qualité image

■ Evaluation de différents fantômes

- Contrôle de Qualité Interne

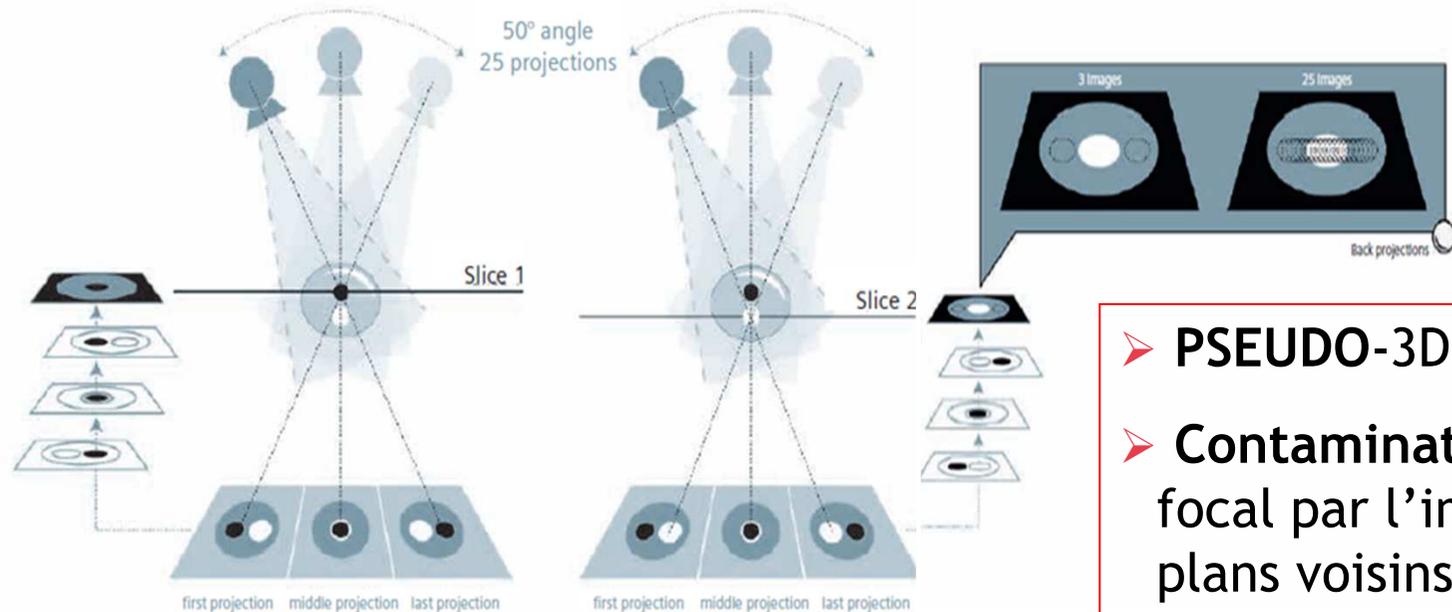
Principe Général - Acquisition :

- Appareil similaire à un mammographe classique (2D - « 3D » - « COMBO »)
- Angulation successive du tube à Rayons X - Arc de 15 à 50°
- Acquisition d'un nombre limité de projections - 9 à 25



Principe Général - Reconstruction :

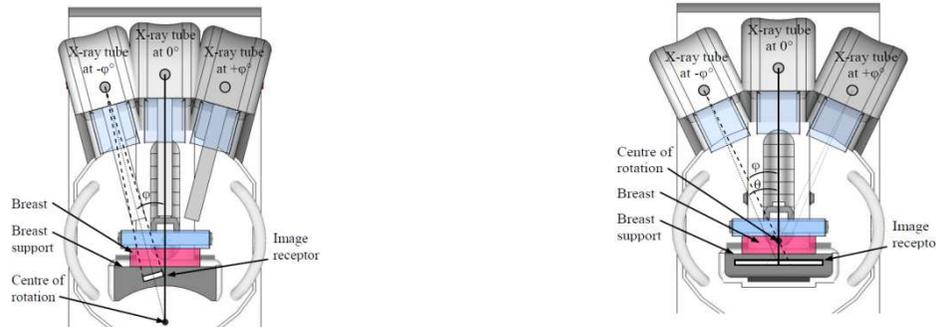
- Algorithmes de reconstruction inspirés de ceux de la scanographie
 - Sommation et décalage : à partir des mêmes images de projection il est possible de reconstruire les images de plans différents
- ⇒ ≈ rétroprojection **MAIS** :
- Plan focal (frontal) ≠ coupes transverses [profondeur de champ ≠ épaisseur coupe]
 - Angle limité ≠ rotation complète



- PSEUDO-3D
- Contamination du plan focal par l'image flou des plans voisins

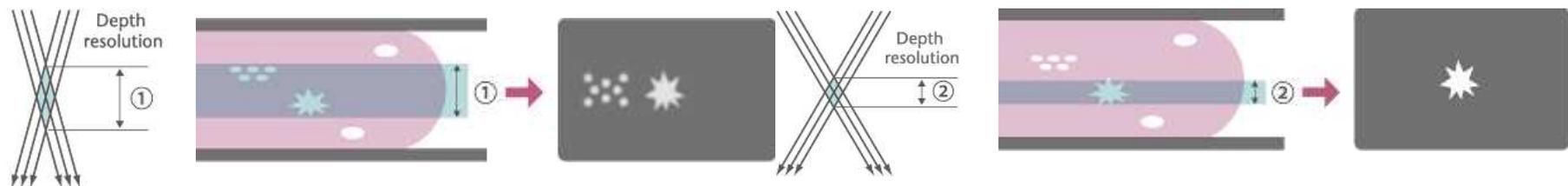
Conception – Considérations techniques

■ Géométrie : Système à détecteur fixe / Système à balayage



■ Mouvement du tube continu / Step and Shoot

■ Angle de balayage



■ Nombre de projections

■ Grille antidiffusante

Offre industrielle

- | Offre industrielle en plein essor : 7 modèles de marques différentes
- | Stratégies de design retenues par les fabricants hétérogènes et parfois même opposées : Type de détecteur, Mouvement du tube, Angulation (15 à 50°), Nombre de projections (9 à 25), Combinaison anode/filtration, Algorithme de reconstruction...



➤ Il n'existe pas une technique de tomosynthèse mais **des techniques de tomosynthèse**

- | En 2015, de l'ordre de 150 systèmes



➤ Dans certains centres, **utilisation** de la tomosynthèse parfois de manière **systematique**, sur 2 incidences, **en addition** à la **mammographie 2D**

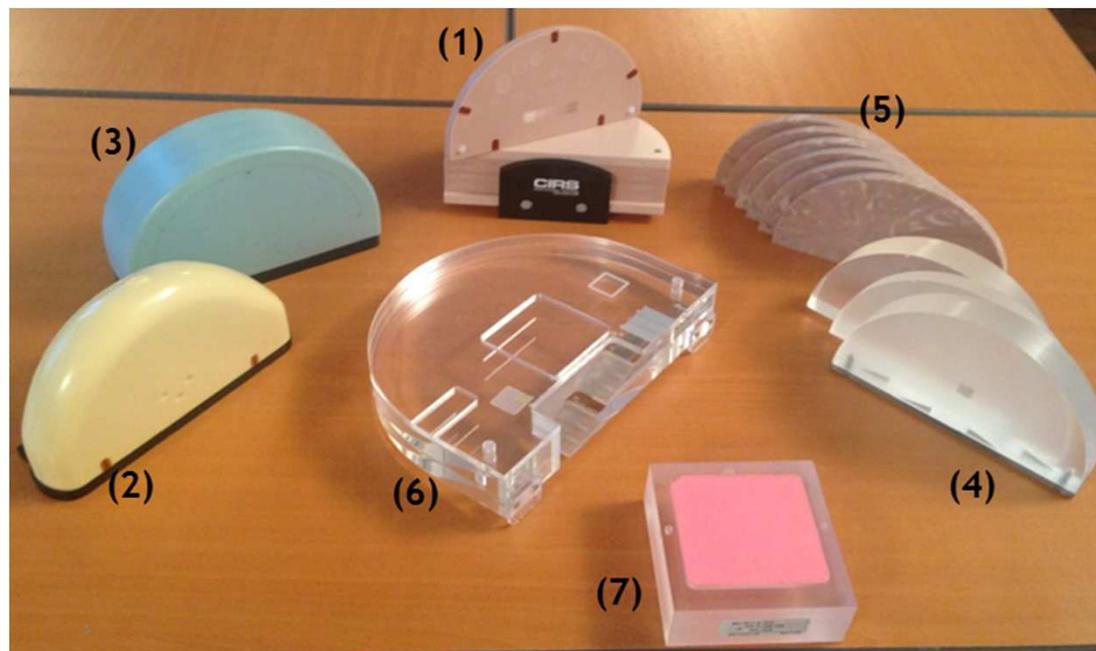
Etude IRSN - Matériels et Méthodes

3 modèles - 5 systèmes :

Manufacturer	Number of projection images	Angular range (°)	Reconstruction Algorithm	Tube motion
GEHC Senoclaire (2)	9	25	Iterative	Step and shoot
HOLOGIC Selenia Dimension (2)	15	15	Filtered Backprojection	Continuous
SIEMENS Mammomat Inspiration (1)	25	50	Filtered Backprojection	Continuous

7 fantômes :

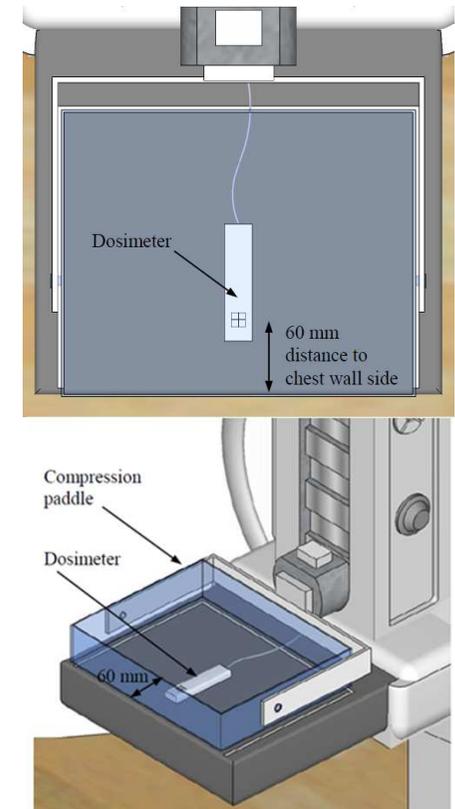
- QC prototype - CIRS (1),
- MTM100 - Meditest (2),
- TOMOMAM - ORION (3),
- TOMOPHAN - Phantom Laboratory (4),
- BR3D - CIRS (5),
- Mam/Digi EPQC - QUART (6)
- ACR015 - CIRS (7)



Matériels et Méthodes : Evaluation des systèmes

■ Dose Glandulaire Moyenne pour différentes épaisseurs de PMMA

- Dosimètre Raysafe X2
- Protocole EUREF (version 1.01)
- 20 à 70 mm de PMMA + « spacers »
- $D_T = K_T g c s T$
 - K_T : kerma incident dans l'air ramené à la surface du sein tube à 0° (mode stationnaire)
 - g, c, s et T : facteurs de conversion
(Dance et al 2000, 2009 et 2011)
- Comparaison avec la dose en mammographie 2D
- Comparaison avec la dose affichée par le système

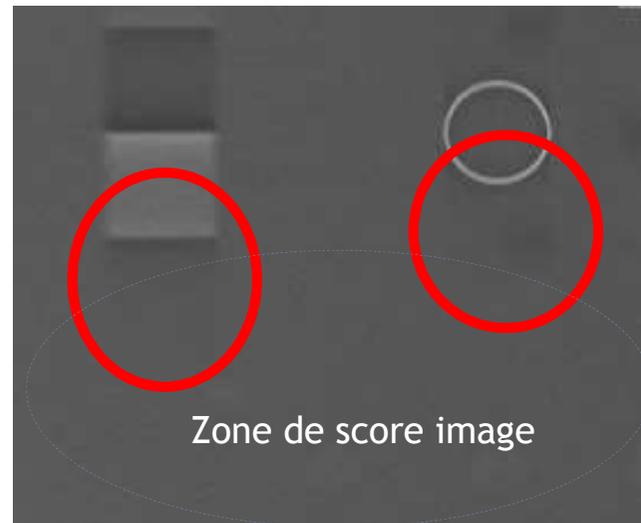


Position du dosimètre (EUREF)
- une plaque de plomb a été ajoutée au montage

Matériels et Méthodes : Evaluation des fantômes

■ Pré-sélection des fantômes :

- Exclusion en cas d'artefact gênant visible sur la zone de score image



■ Analyse du score image sur les fantômes retenus :

- 3 acquisitions en Mode Automatique sur chaque système
- Analyse sur les images reconstruites
- Dans les conditions de lecture habituelles

Matériels et Méthodes : Evaluation des fantômes

résolution en z : TOMOMAM et TOMOPHAN

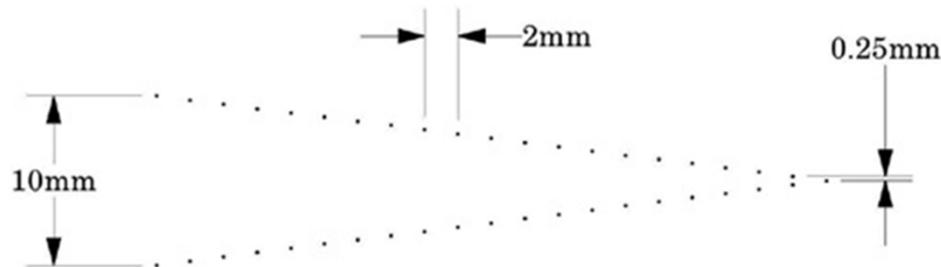
- TOMOMAM : bille d'acier $\varnothing = 0,4$ mm

$$\text{Largeur mi-hauteur de SSP}(z) = \frac{Is(z) - IBG(z)}{Is(z_0) - IBG(z_0)}$$

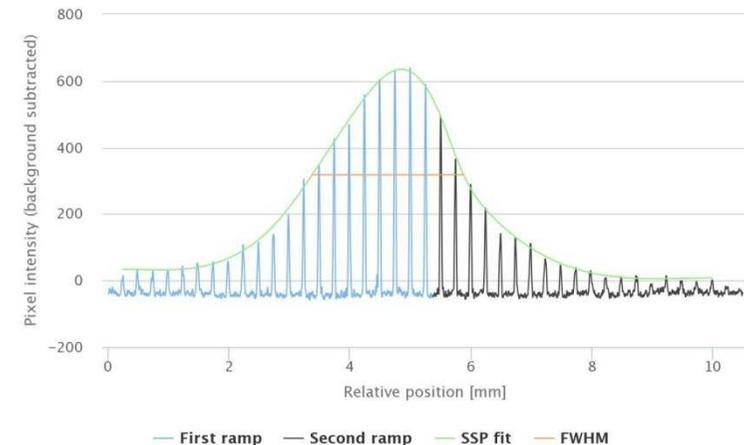
“z0” plan focal ;
“Is” valeur des pixels au niveau de la bille ;
“IBG” valeur des pixels du fond

+ ImageJ Plugin NCCPM “geometry Distortion

- TOMOPHAN : rampes de billes inclinées carbure de tungstène $\varnothing = 0,18$ mm



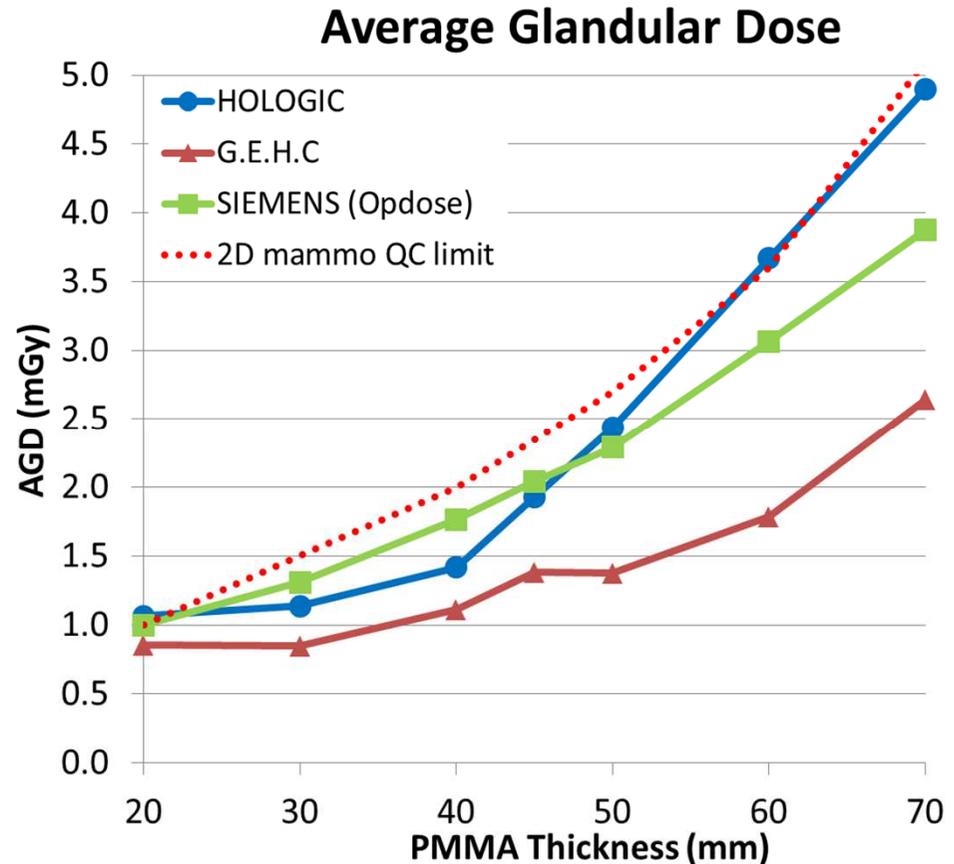
- Projection trigonométrique de l'axe z sur le plan x-y
- logiciel Tomo QA (Image Owl In.)



Résultats : Evaluation des systèmes

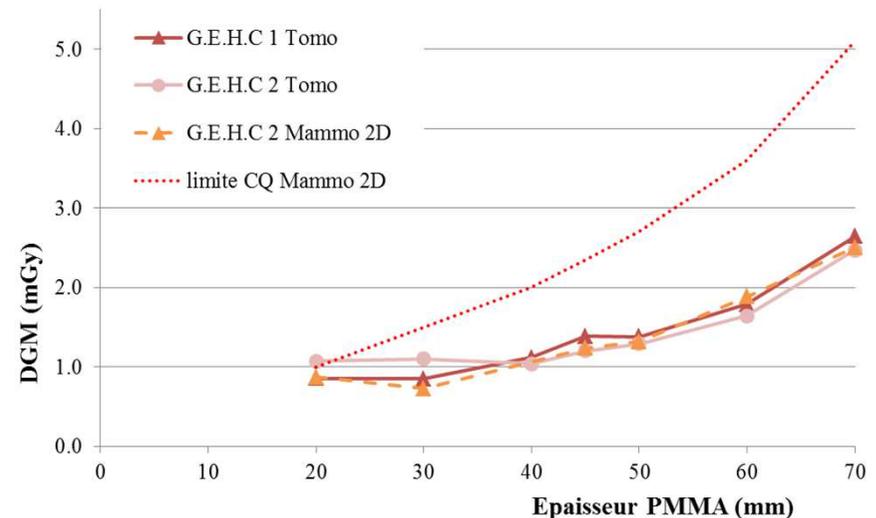
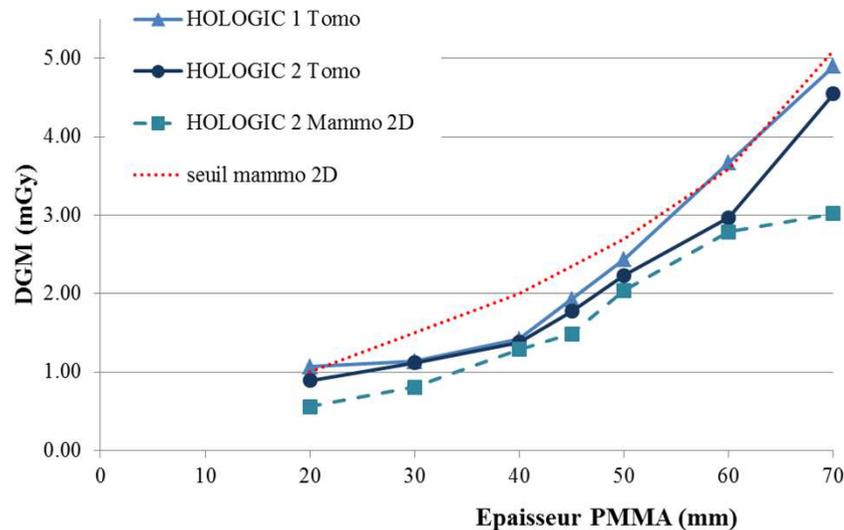
Dose Glandulaire Moyenne (DGM)

- Tous les systèmes délivrent des doses en dessous des critères d'acceptabilité fixés pour la mammographie 2D en France
- Augmentation de la dose avec l'épaisseur variable selon contraintes techniques des systèmes et stratégies des fabricants :
 - Angle de balayage et nombre de projections,
 - Bruit et résolution temporelle du détecteur,
 - Mouvement du tube...



Résultats : Evaluation des systèmes

Comparaison pour 2 systèmes d'un même modèle et Comparaison avec la dose en 2D

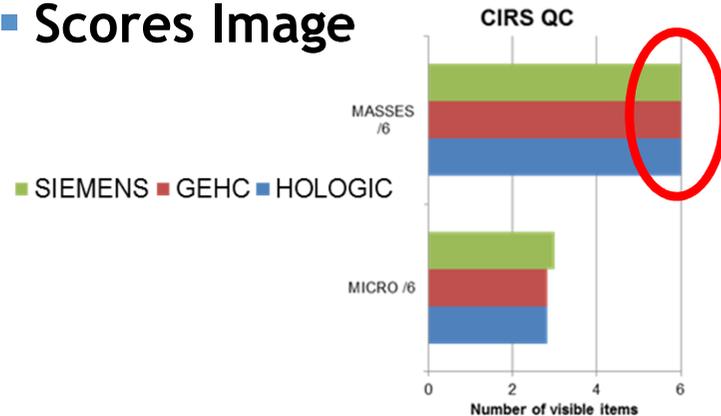


- Sur certains systèmes, pour certaines épaisseurs, augmentation de la DGM de l'ordre de 50 % en tomosynthèse par rapport à la mammographie 2D
- Des variations en dose peuvent être constatées pour 2 systèmes d'un même modèle
- La DGM doit **IMPERATIVEMENT** être évaluée et contrôlée périodiquement

Résultats : Evaluation des fantômes

- **Pré-sélection** : artefacts sur : MTM 100, BR3D et Mam/Digi EPQC - QUART

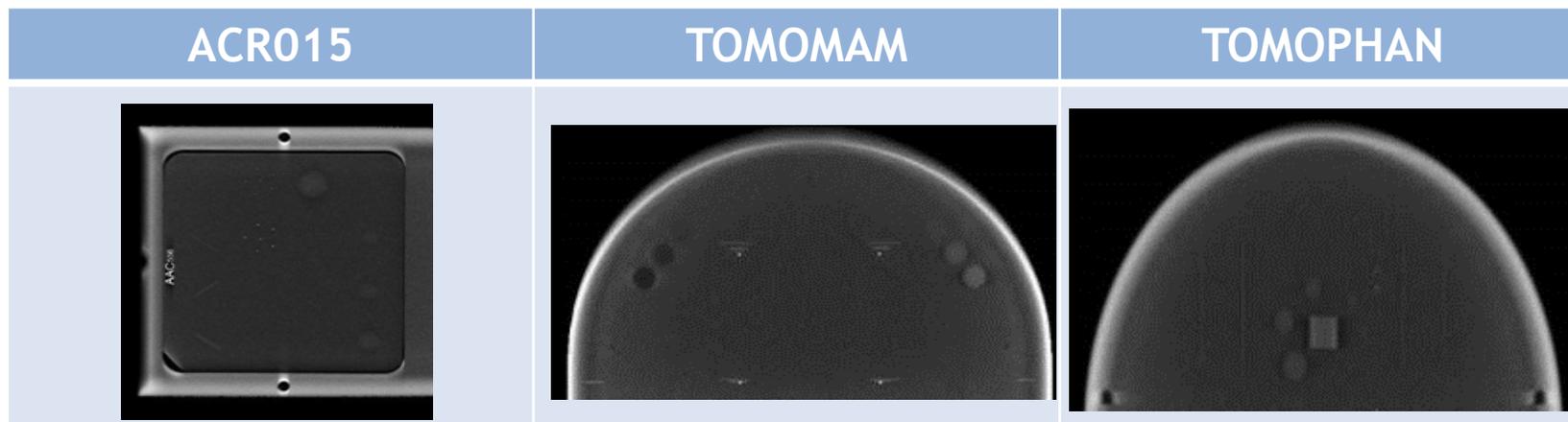
- **Scores Image**



⇒ Totalité des masses visibles sur tous les systèmes et en toutes circonstances

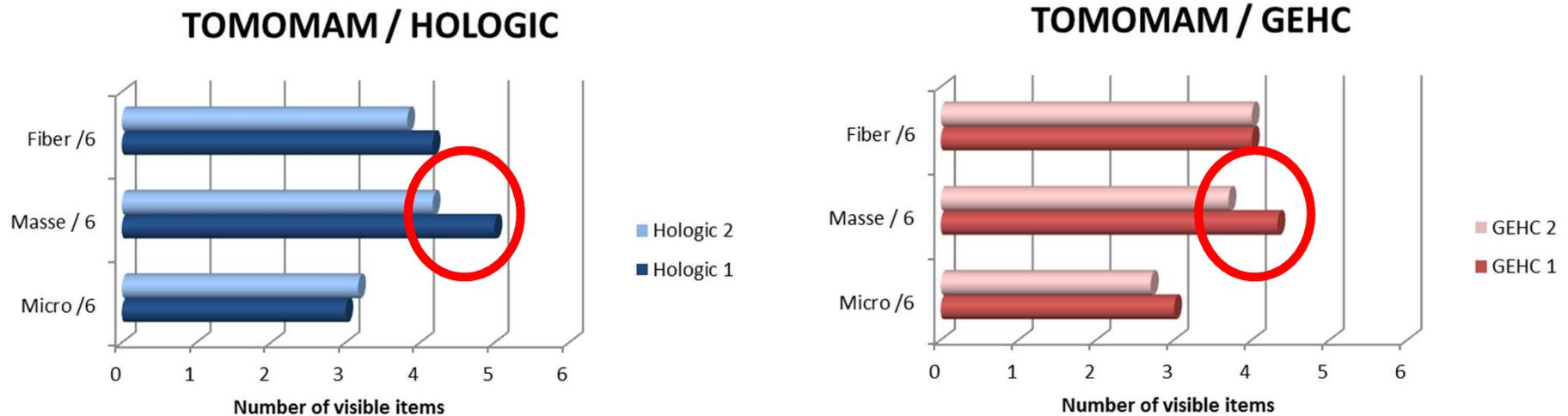
⇒ Prototype CIRS QC non discriminant, non recommandé

⇒ Résultats satisfaisants sur **ACR**, **TOMOMAM** et **TOMOPHAN**



Résultats : Evaluation des fantômes

■ Scores image pour 2 systèmes d'un même modèle

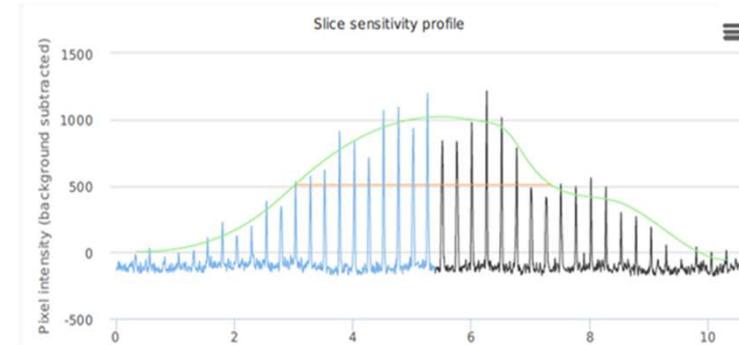


- Variabilité sur le score de 2 systèmes d'un même modèle
- Contrôles de qualité internes périodiques indispensables

Résultats : Evaluation des fantômes

Résolution en z : TOMOPHAN

Manufacturer	Angular range (°)	FWHM (mm)
SIEMENS Mammomat Inspiration	50	4,2
GEHC Senoclaire	25	1,9
HOLOGIC Selenia Dimension	15	2,5

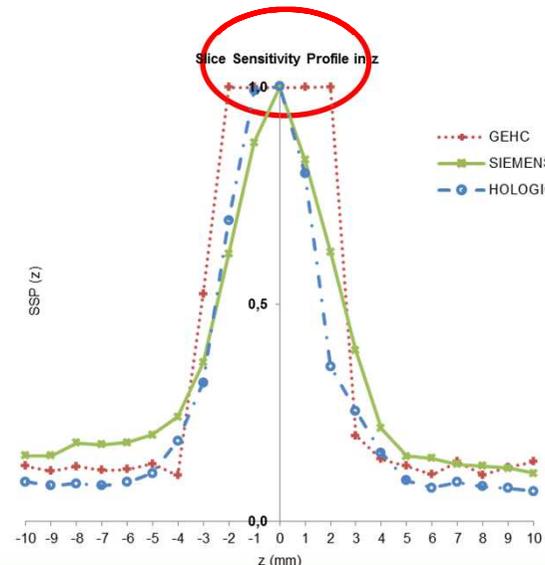


⇒ Incohérence sur SIEMENS

⇒ Méthode non universelle

Résolution en z : TOMOMAM / bille d'acier

Manufacturer	Angular range (°)	FWHM (mm)
SIEMENS Mammomat Inspiration	50	5,8
GEHC Senoclaire	25	6,6
HOLOGIC Selenia Dimension	15	4,8



⇒ Saturation sur la bille d'acier

⇒ Résolution en z erronée

Etude IRSN - Conclusion:

- Variété dans la conception des systèmes => variabilité en terme de dose et de qualité image - Ne pas extrapoler les résultats d'un système sur un autre
- Contrôle de qualité en tomosynthèse indispensable
- Pas de fantôme idéal et « universel » - TOMOMAM et TOMOPHAN présentent un intérêt pour les CQI
- Validation indispensable sur TOUS les systèmes et dans le temps
- Publication à venir
- http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/Actualites_Agenda/Actualites/Documents/Poster-tomo_JFR_2016.pdf

Contrôle de qualité – Travaux et Perspectives

- | Décret 2001-1154 : obligation de maintenance et de CQ
- | Contrôle de qualité réglementaire : préalable indispensable à l'introduction dans la campagne de dépistage mais complexe :
 - | Diversité des techniques et géométries d'acquisition
 - | Retour d'expérience encore insuffisant pour établir des critères d'acceptabilité incontestables
 - | Pas de fantôme parfaitement adapté à la tomosynthèse

| GT SFPM

- | Dédié au CQ interne
- | Lancement début avril 2017
- | Expérimentations Septembre à Novembre 2017



| Sous-Comité CQ ANSM :

- | Révision CQ mammographie numérique
- | Introduction de certains tests pour la tomosynthèse (EUREF)
- | Lancement fin avril 2017
- | Expérimentations durant l'été 2017
- | Soumis au comité plénier début 2018



- | mise en place attendue en 2018