



7èmes Journées sur l'optimisation de la radioprotection
dans les domaines nucléaire, industriel et médical

Evaluation et optimisation de la pratique radiologique en suisse romande

Le point de vue du physicien médical

Nick Ryckx, Damien Racine, Anaïs Viry,
Alexandre Ba, Silvano Gnesin,
Francis R. Verdun



Contenu

- Contexte législatif
- Présentation de l'activité
 - Tomodensitométrie
 - Radioscopie
 - Médecine nucléaire
- Conclusion

Contenu

- Contexte législatif
- Présentation de l'activité
 - Tomodensitométrie
 - Radioscopie
 - Médecine nucléaire
- Conclusion

Contexte législatif

- Directive 97/43/Euratom (2013/59)
 - Article 6 :
 - « [...] Pour les autres pratiques radiologiques, il sera fait appel à un expert en physique médicale [...] »
 - Optimisation
 - Dosimétrie du patient
 - Assurance de qualité
 - Radioprotection médicale

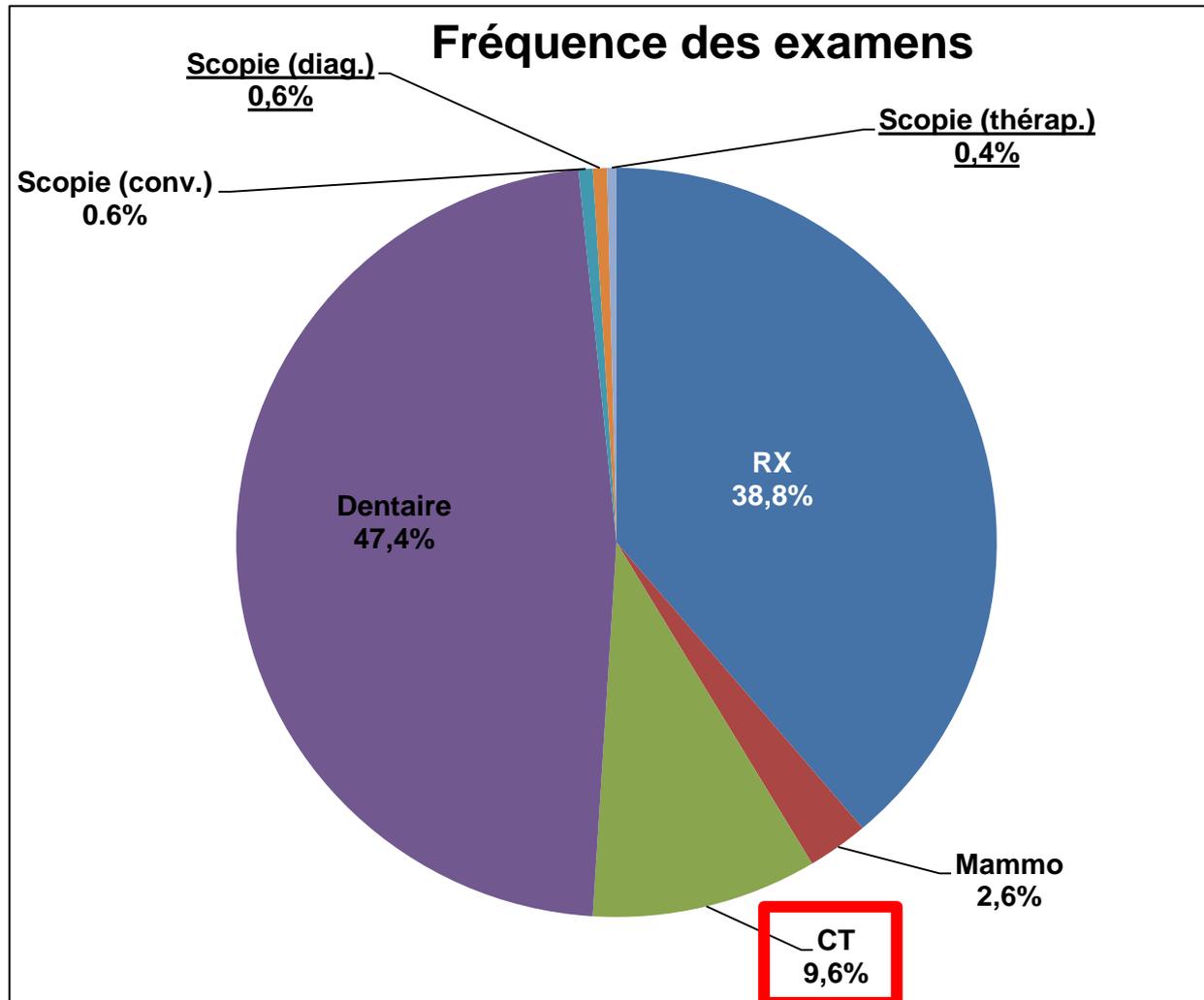
Contexte législatif

- ORaP, art. 74 al. 7 : radiodiagnostic
 - Entré en vigueur le 1^{er} janvier 2008
 - « Pour les applications en médecine nucléaire et en radiologie interventionnelle par radioscopie ainsi que pour la tomodensitométrie, le titulaire de l'autorisation doit faire appel périodiquement à un physicien médical selon l'al. 4. »
 - Période transitoire de 2 ans pour l'application

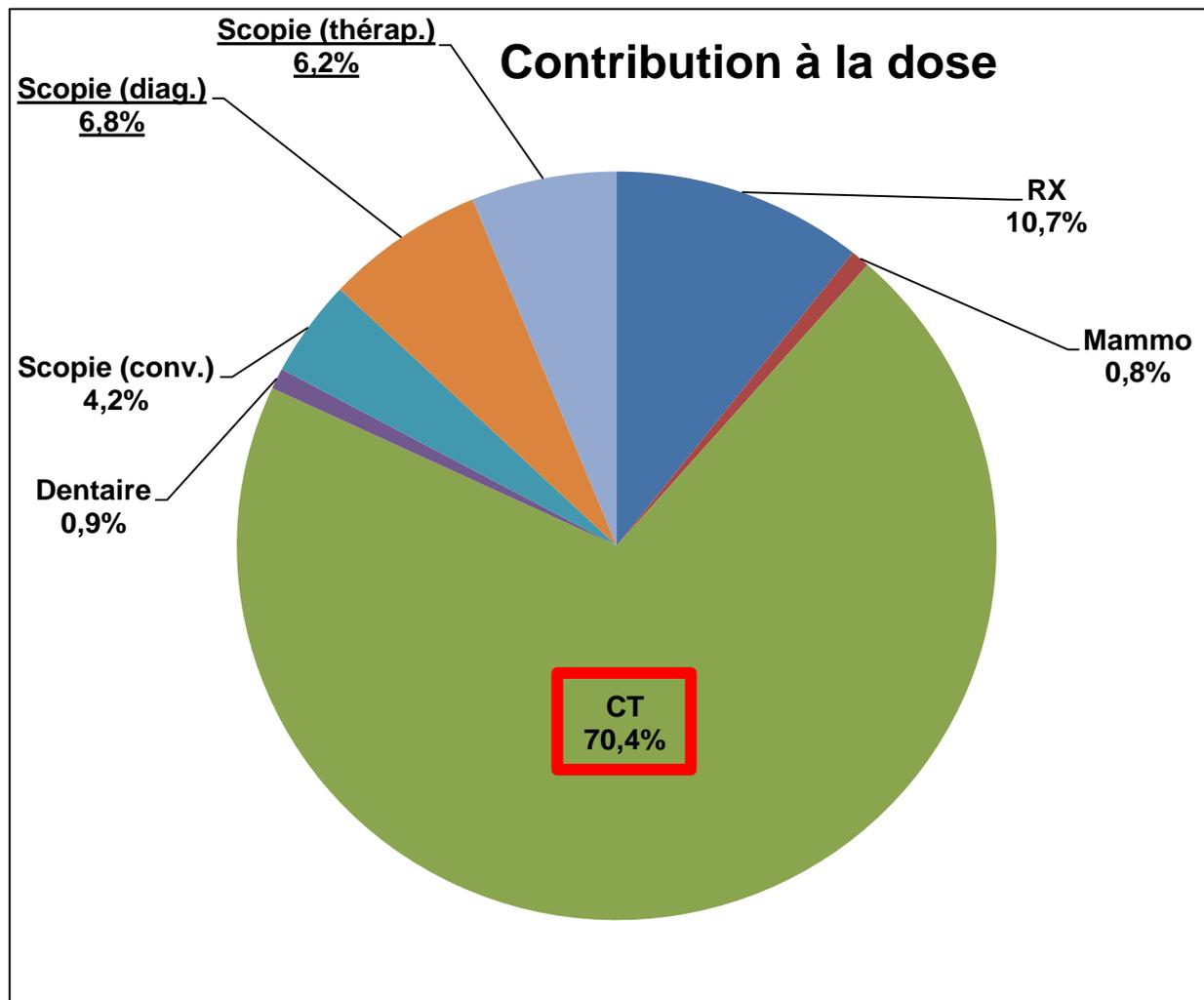
Contenu

- Contexte législatif
- **Présentation de l'activité**
 - Tomodensitométrie
 - Radioscopie
 - Médecine nucléaire
- Conclusion

Tomodensitométrie



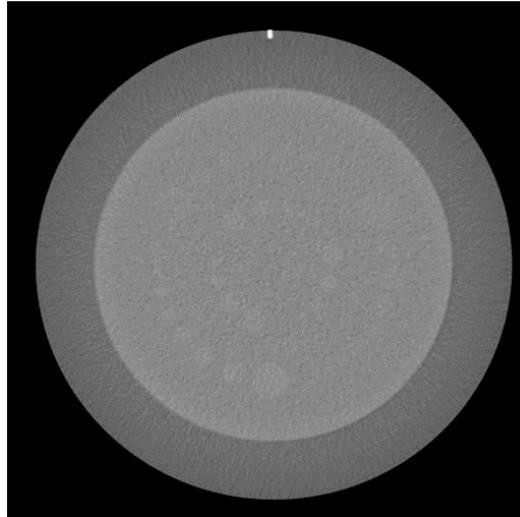
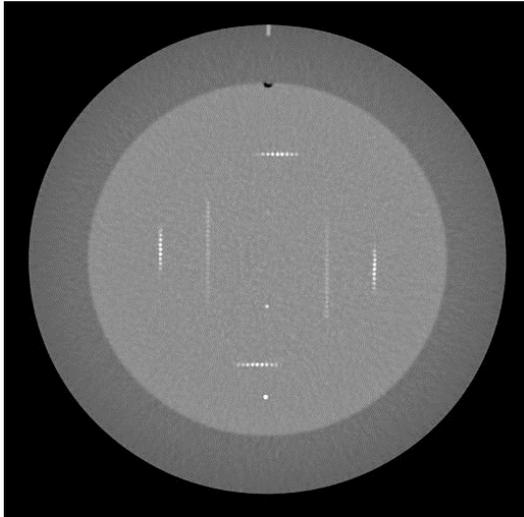
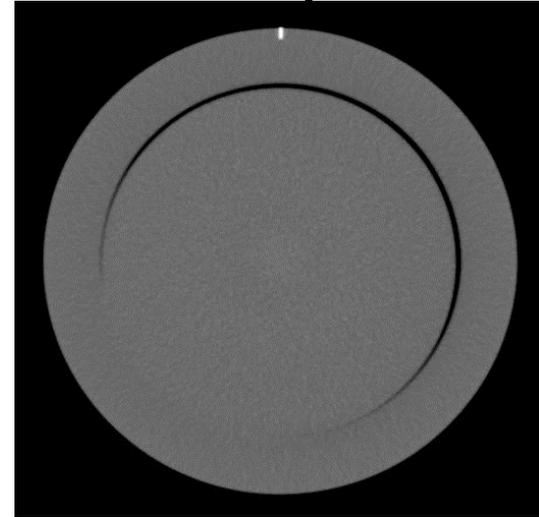
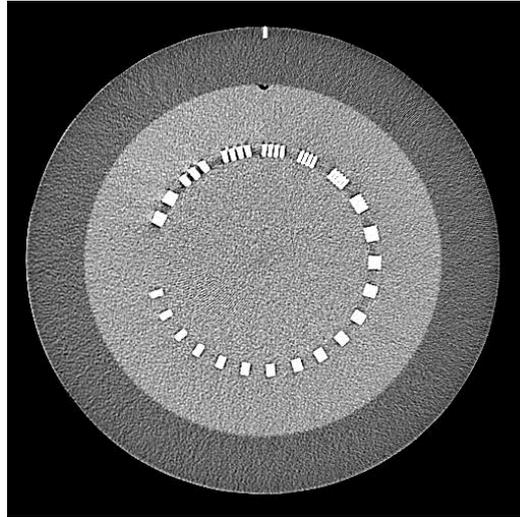
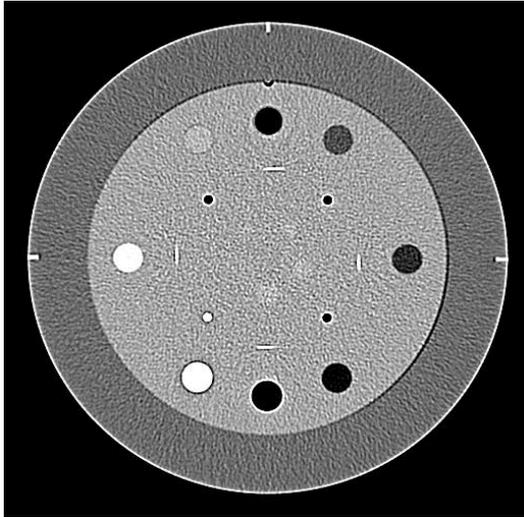
Tomodensitométrie



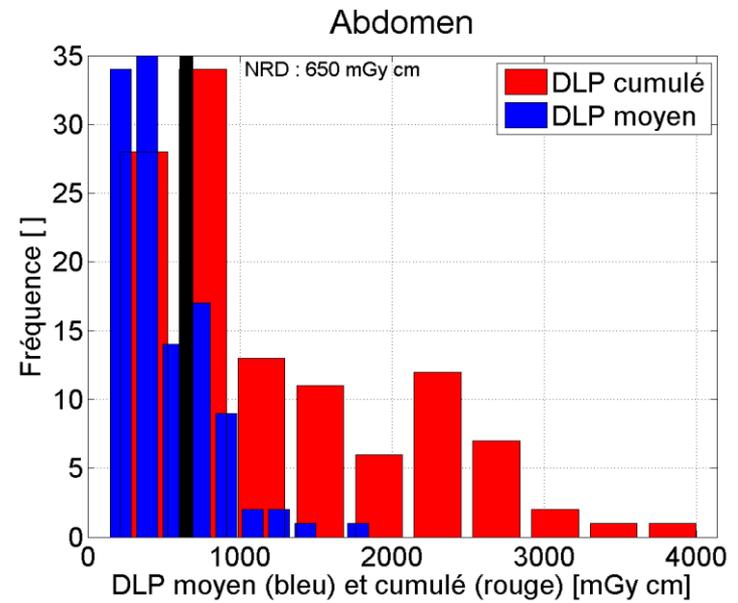
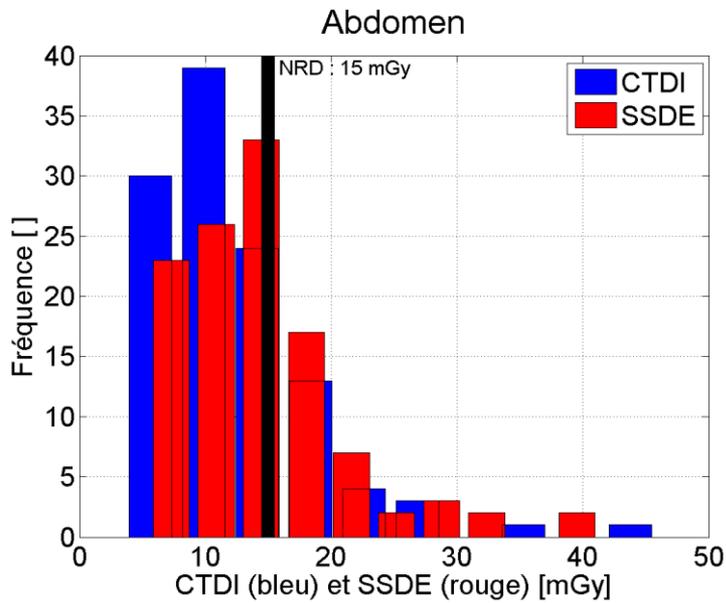
Activité : tomodesitométrie

- 2013 : 47 installations
 - 1^{ère} campagne de mesures
 - Evaluation de la machine → OK
 - Mesures dosimétriques/collimation
 - Evaluation de son utilisation
 - Fantôme QA (Catphan® 600)
 - Protocoles standards
 - Analyse d'images diagnostiques
 - Analyse de cas transmis par le centre

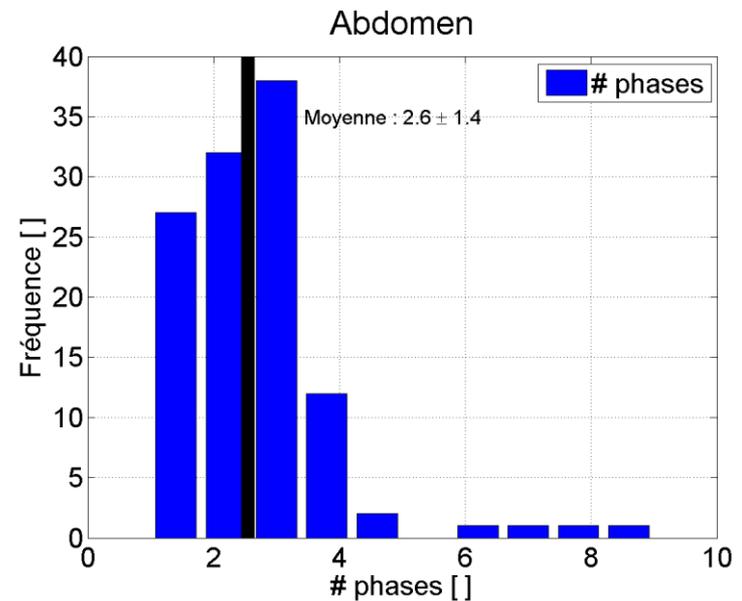
Evaluation de la machine (2013)



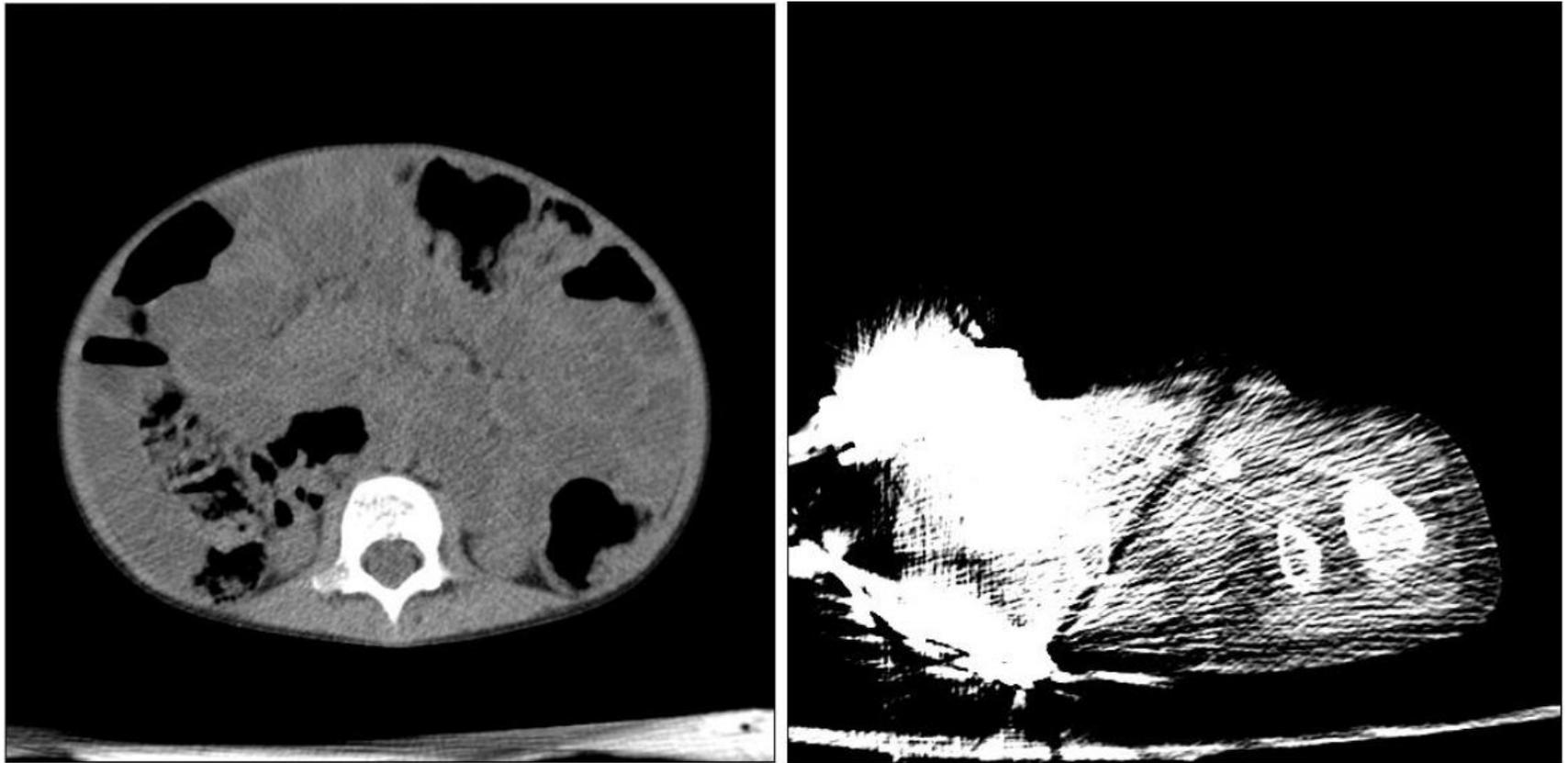
- Catphan® 600
 - 5 modules dédiés
 - Différents critères



- Analyse clinique
 - Echantillon d'examens
 - Crâne
 - Thorax
 - Abdomen
 - Extrémités
 - Pédiatrie



Premiers résultats



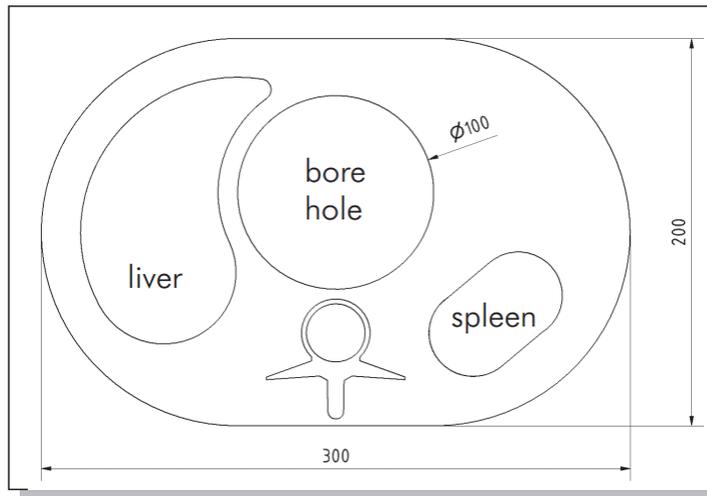
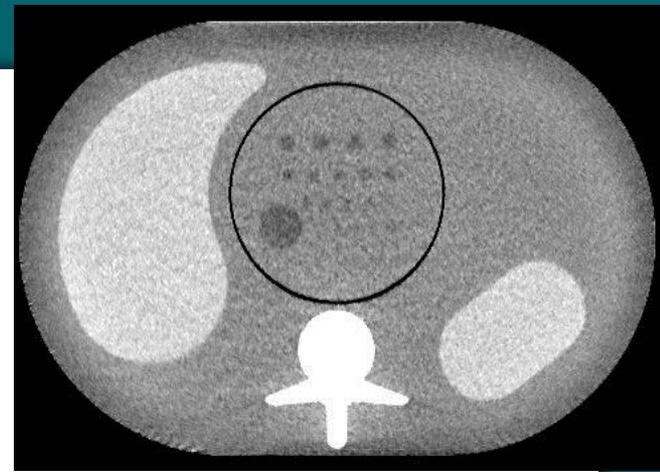
Exemple de coupe axiale sans tablier dans le champ primaire (gauche) et avec le tablier dans le champ primaire (droite).

Tomodensitométrie

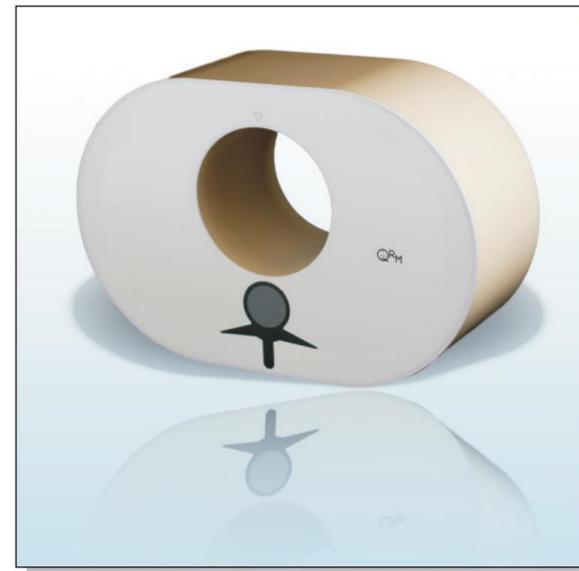
- Points forts
 - Premier tour du parc technique romand
 - Connaissances accrues
 - Mise en évidence de pratiques ‘exotiques’
- Problèmes
 - Qualité d’image : pas de pertinence clinique
 - Dosimétrie : comparaison d’indications \neq
- Dès 2014 : changement méthodologique

Modèles d'observateurs

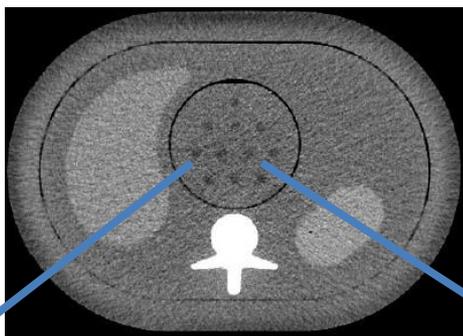
- Fantôme anthropomorphe
 - Sphères à bas contraste
 - Pression des autorités pour réduire la dose
 - Faux diagnostic : risque plus élevé que risque radiologique



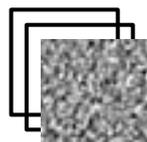
Sketch of the complete anthropomorphic QRM-Abdomen (height 100 mm).



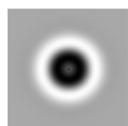
QRM-Abdomen



Bruit seul

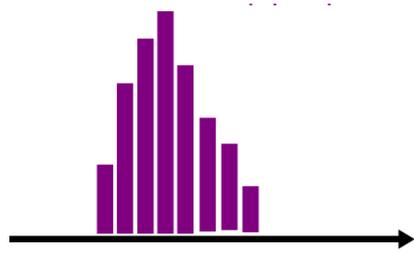


x

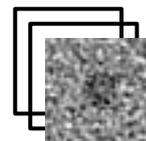


=

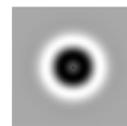
Réponse λ_n



Signal

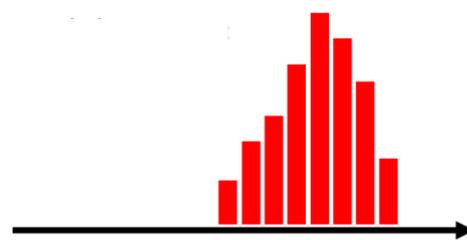


x



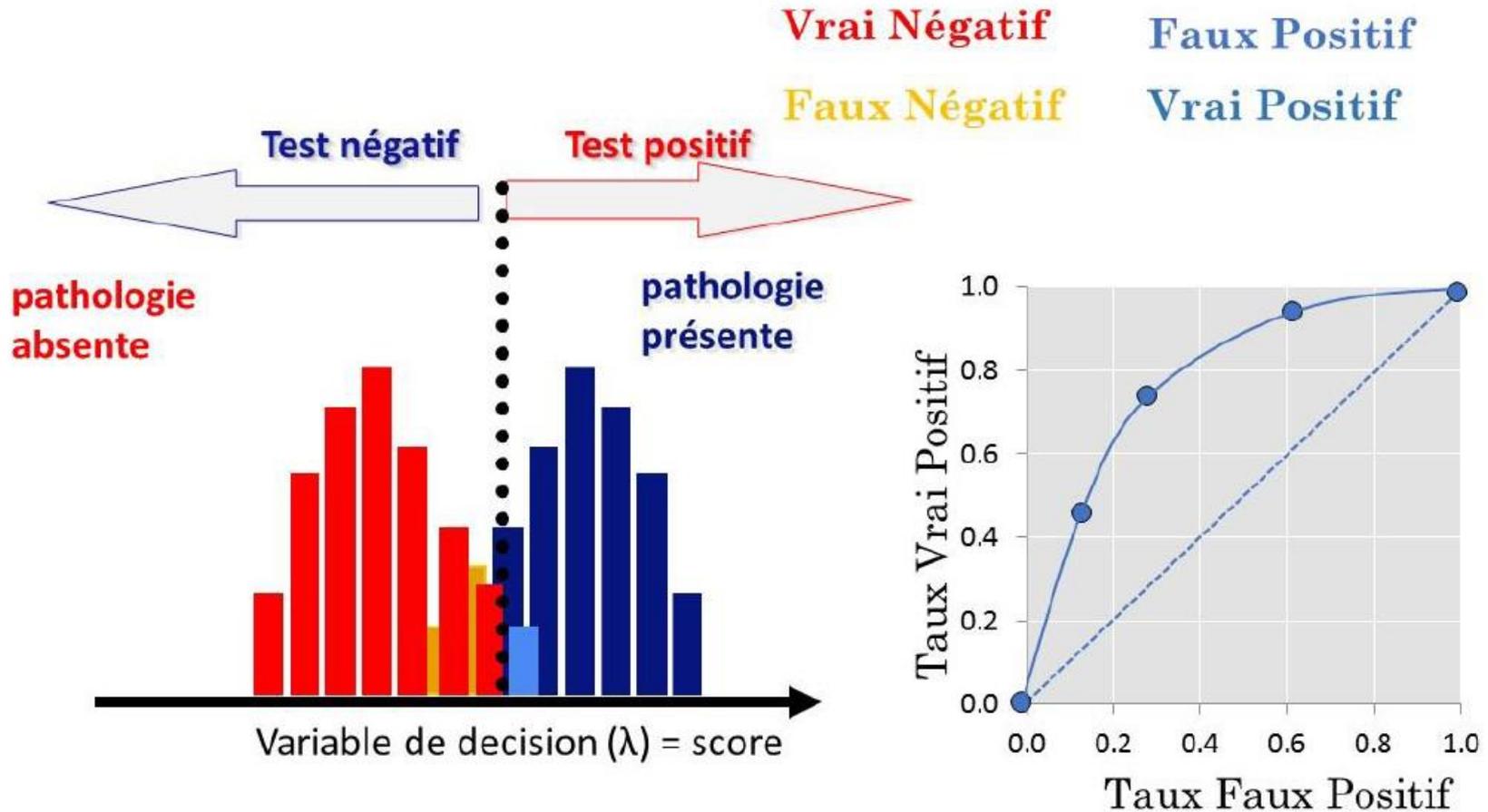
=

Réponse λ_s

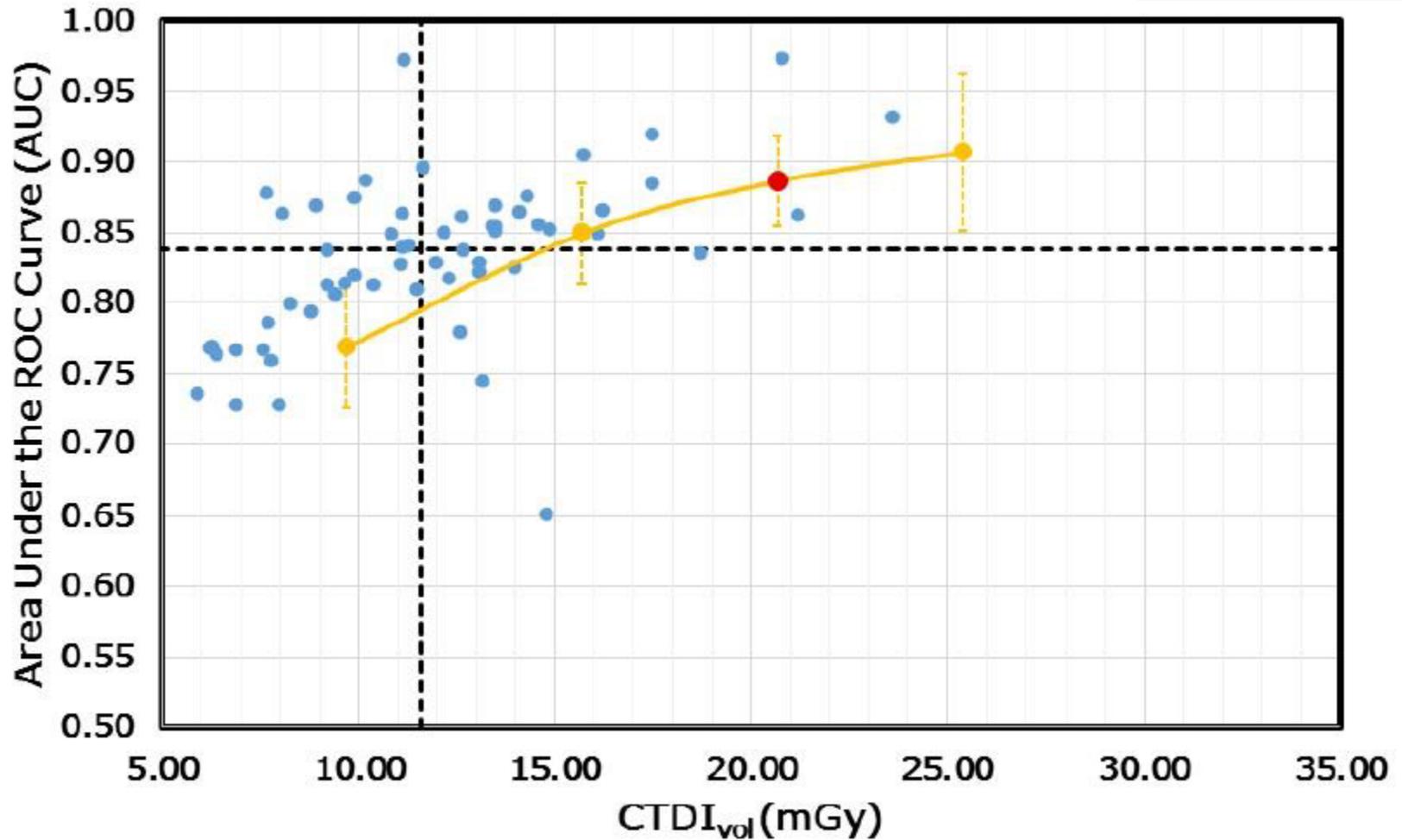
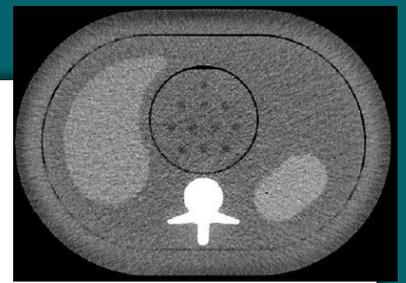


$$\lambda = \mathbf{w}^T \mathbf{g}$$

Variable décision \rightarrow courbe ROC



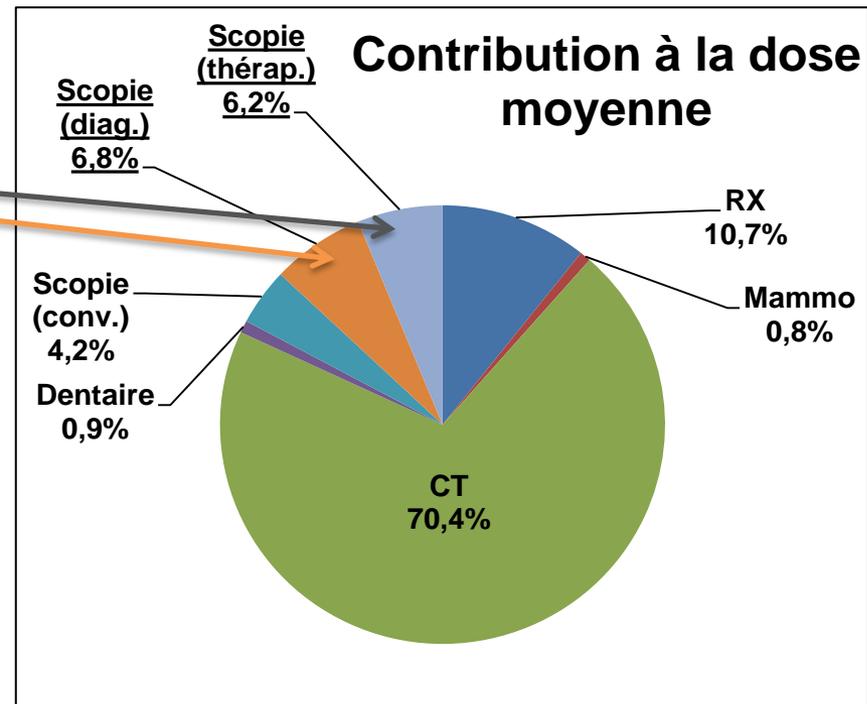
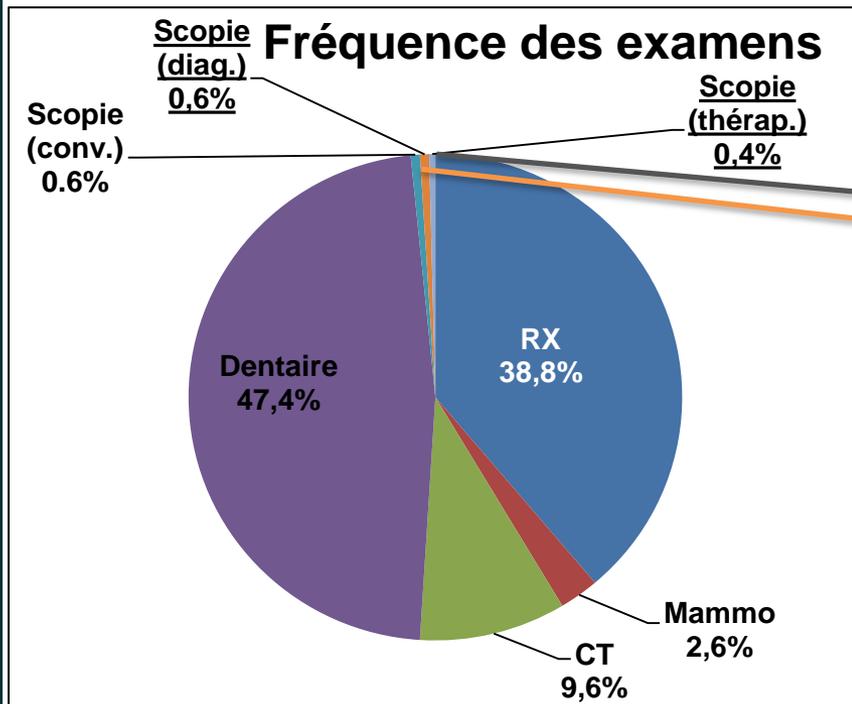
Résultats (2017)



Contenu

- Contexte législatif
- **Présentation de l'activité**
 - Tomodensitométrie
 - Radioscopie
 - Médecine nucléaire
- Conclusion

Radioscopie



Interventionnel diagnostique

– 0.6 %

Interventionnel thérapeutique

– 0.4 %

• **1 % des examens** → **13 % de la dose**

Doses potentiellement très élevés → risque d'effets tissulaires (peau)

Interventionnel diagnostique

6.8 %

Interventionnel thérapeutique

6.2 %

Activité : radioscopie

- Mesures en intervention
 - Dosimétrie du personnel
 - Sur tablier plombé
- Caractérisation d'installation
 - Potentiel d'optimisation des protocoles
- Formation continue
 - Mettre tout le monde au même niveau

Mesures en intervention

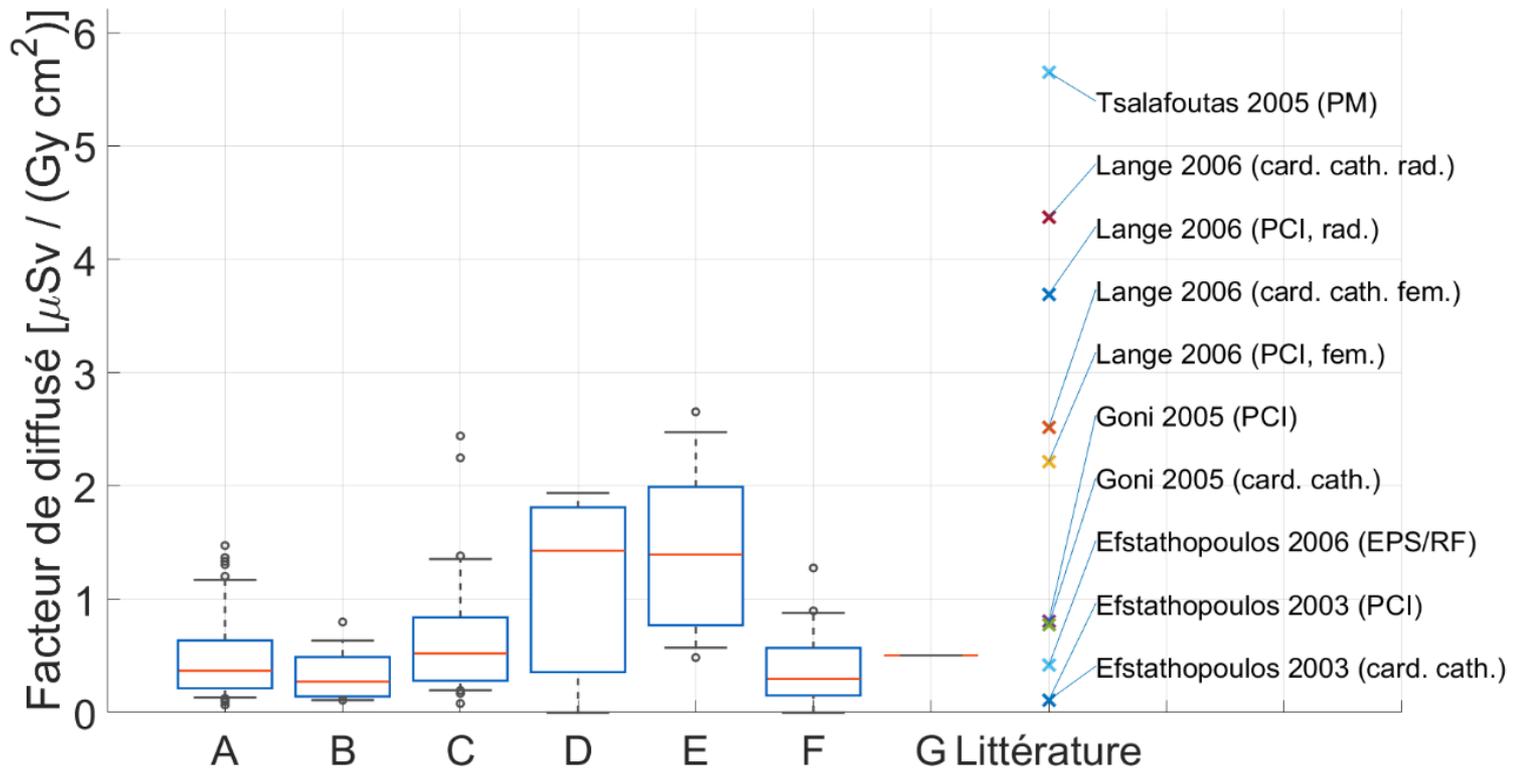
- Dosimètre électronique à alarme
 - DMC 3000
 - Mirion Technologies
 - Hp(10)
 - Sur tablier
 - Evaluation des habitudes en salle



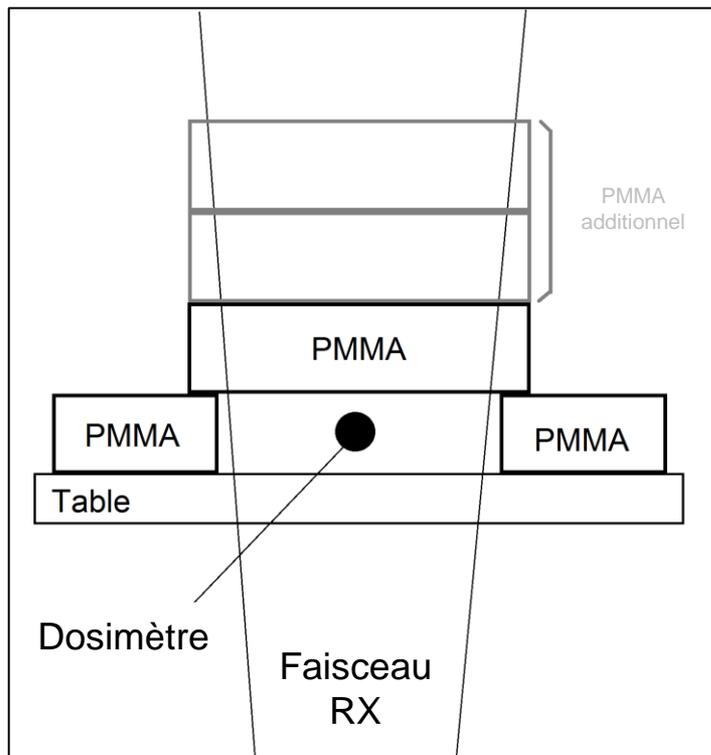
Source: Mirion Technologies

Mesures en intervention

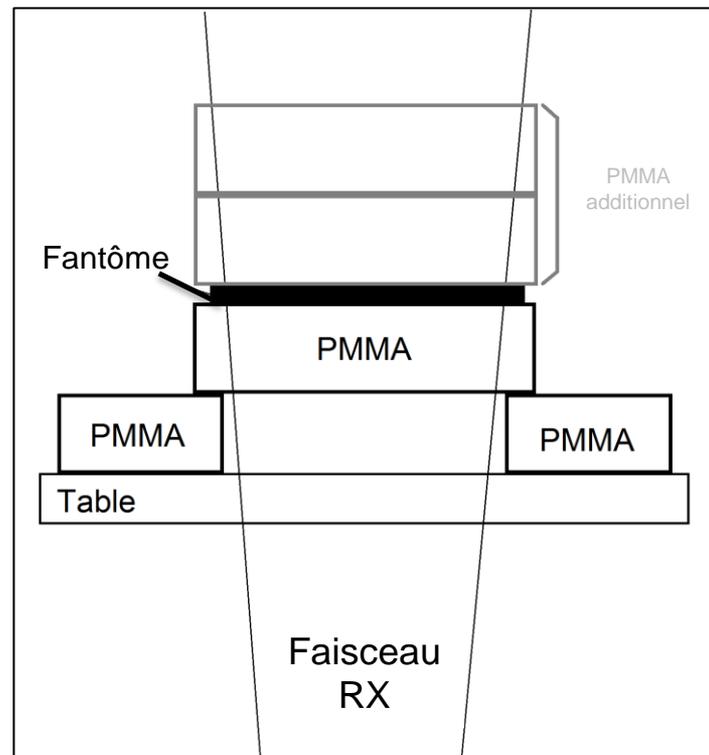
$$\text{Facteur de diffusé} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{Gy cm}^2} \right] = \frac{D [\mu\text{Sv}](\text{cumulé sur le tablier})}{P_{KA} [\text{Gy cm}^2](\text{installation})}$$



Caractérisation d'installation

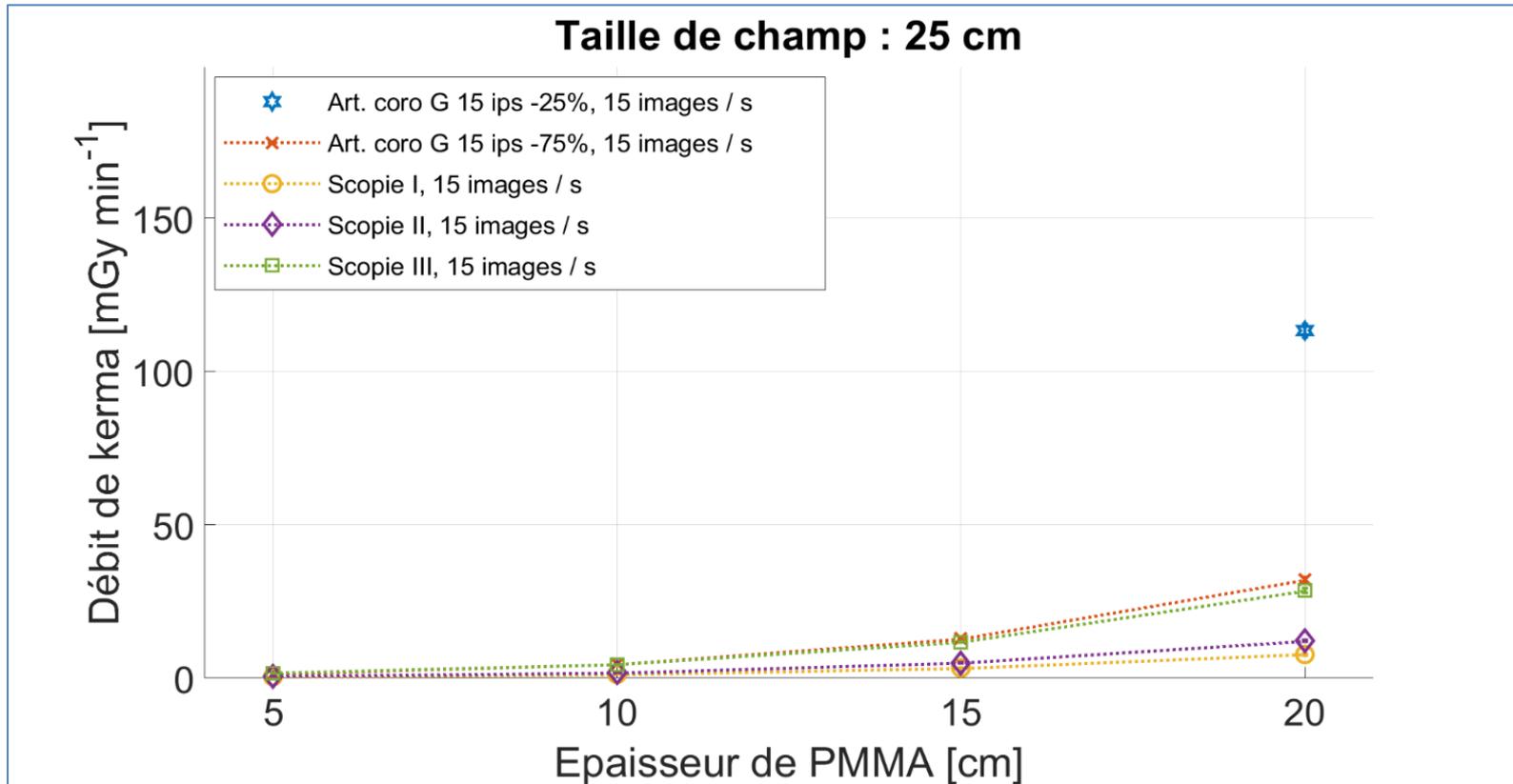


Dosimétrie patient



Qualité d'image

Caractérisation d'installation



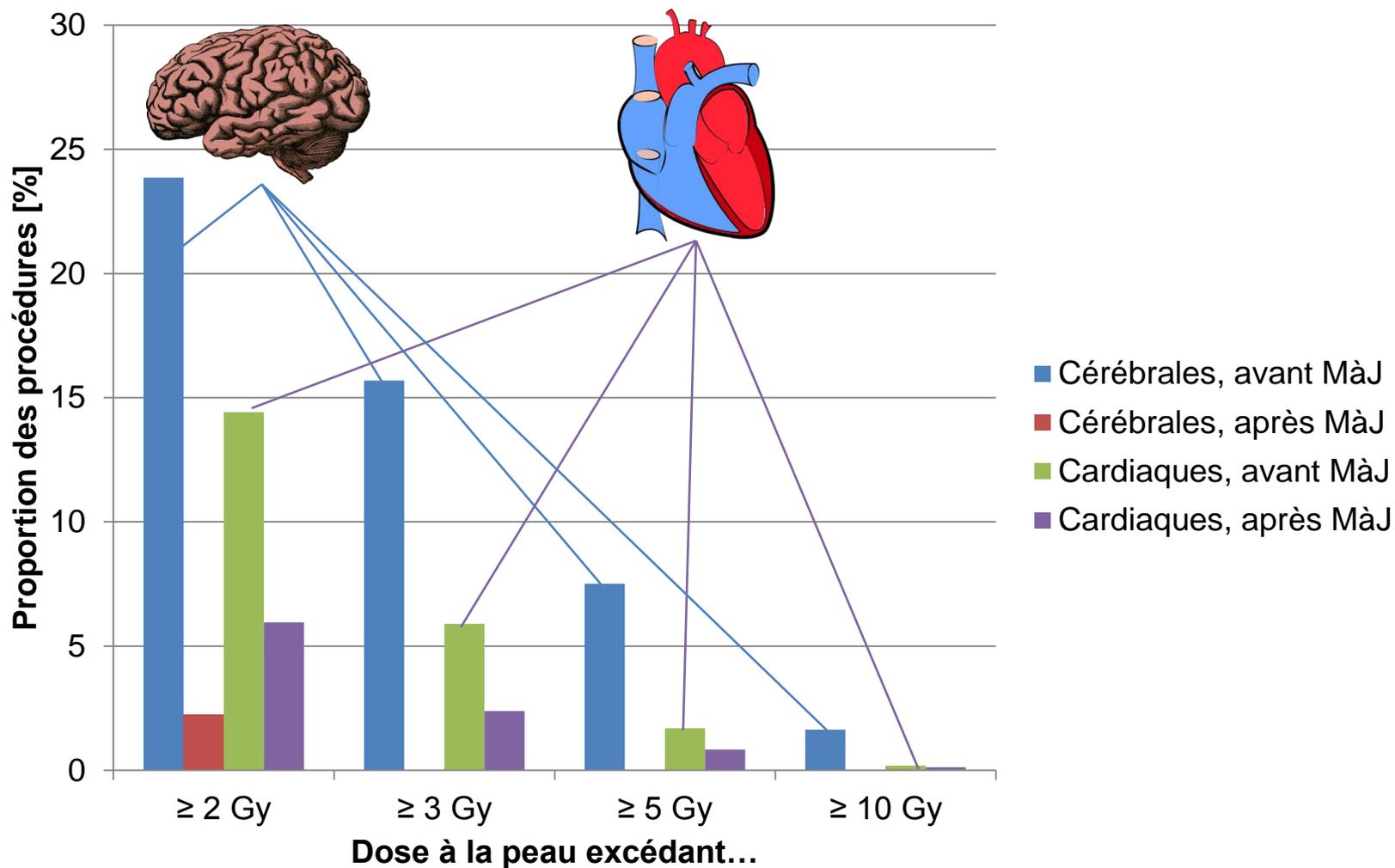
Caractérisation d'installation

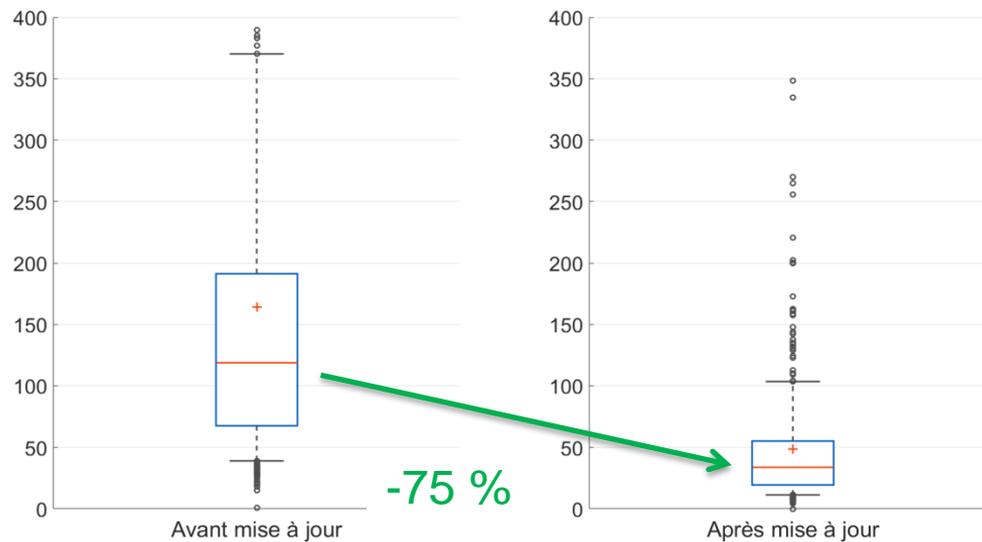
| | Centre | FOV [cm] | Fréquence d'acquisition [fps] | Débit de dose moyen [mGy min ⁻¹] | Temps pour atteindre 2 Gy à la peau [h] |
|---------------|--------|----------|-------------------------------|--|---|
| Cardiologie | A | 25 | 15 | 12.2 ± 0.2 | 02:45 |
| | B | 25 | 15 | 27.2 ± 0.5 | 01:15 |
| | C | 25 | 10 | 9.4 ± 0.0 | 03:30 |
| | E | 25 | 10 | 10.2 ± 0.0 | 03:15 |
| | F | 25 | 15 | 26.0 ± 0.0 | 01:15 |
| EEP | D | 48 | 7.5 | 1.3 ± 0.0 | 26:00 |
| | I | 25 | 3.75 | 5.0 ± 0.0 | 06:40 |
| Angio-graphie | G | 48 | 15 | 9.1 ± 0.0 | 03:40 |
| | H | 48 | 7.5 | 2.2 ± 0.1 | 15:00 |

Radioscopie

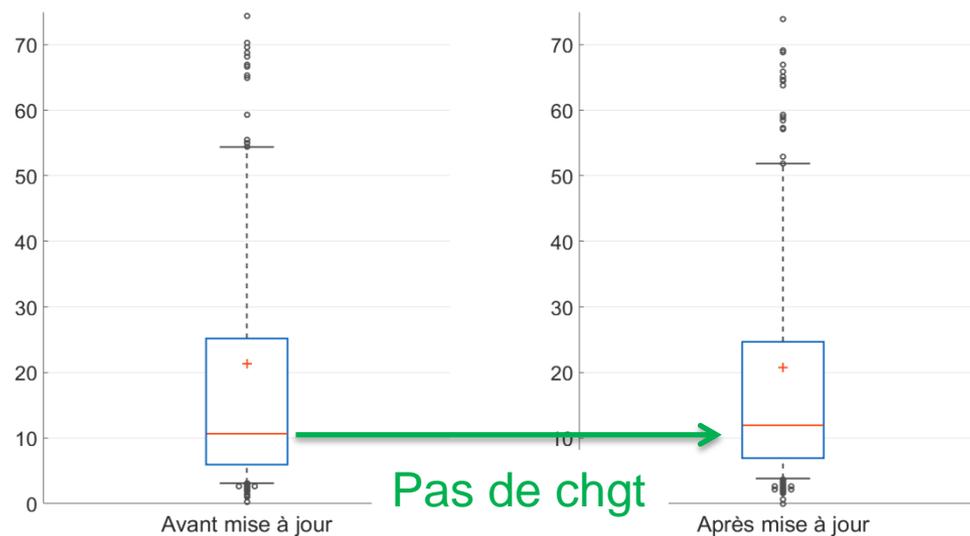
- Points forts
 - Premier tour du parc technique romand
 - Connaissances accrues
 - Formation continue d'équipes médicales
- Problèmes
 - Qualité d'image
 - Besoin de solutions pour pertinence clinique

Exposition du patient : risque de brûlures

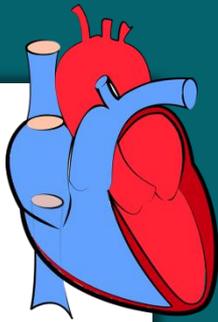




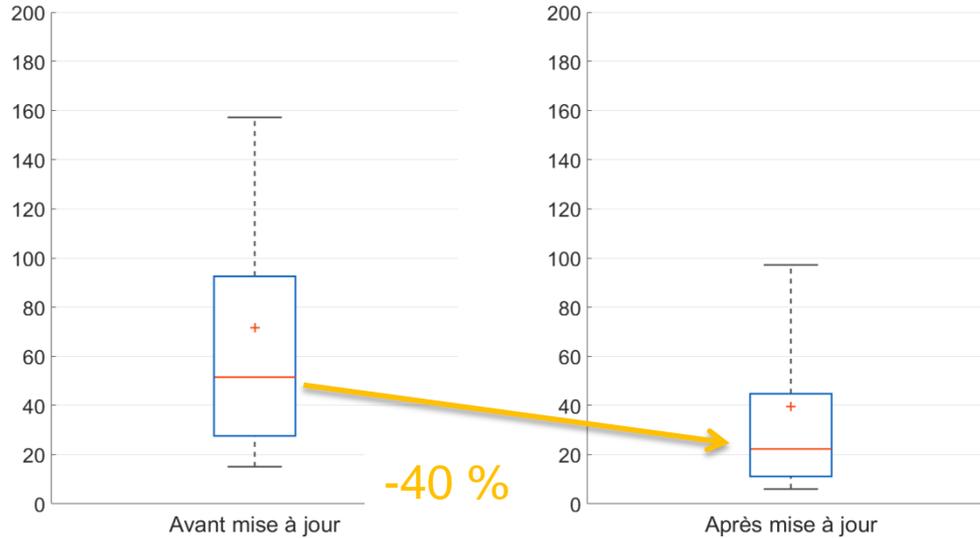
Dose patient
 P_{KA} [Gy cm²]



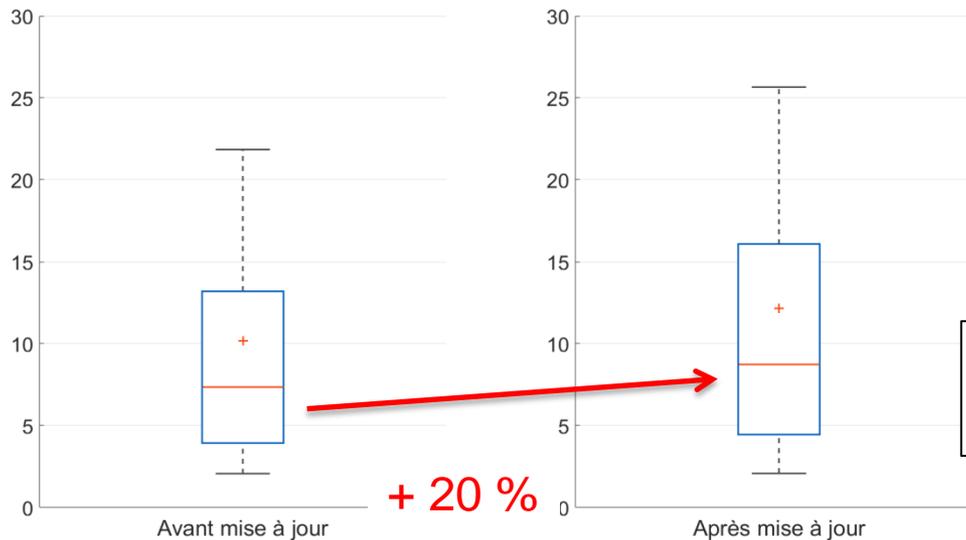
Temps de scopie



Dose patient P_{KA} [Gy cm²]



Temps de scopie



Quelque chose affecte
les habitudes des médecins

Tâche clinique évaluée

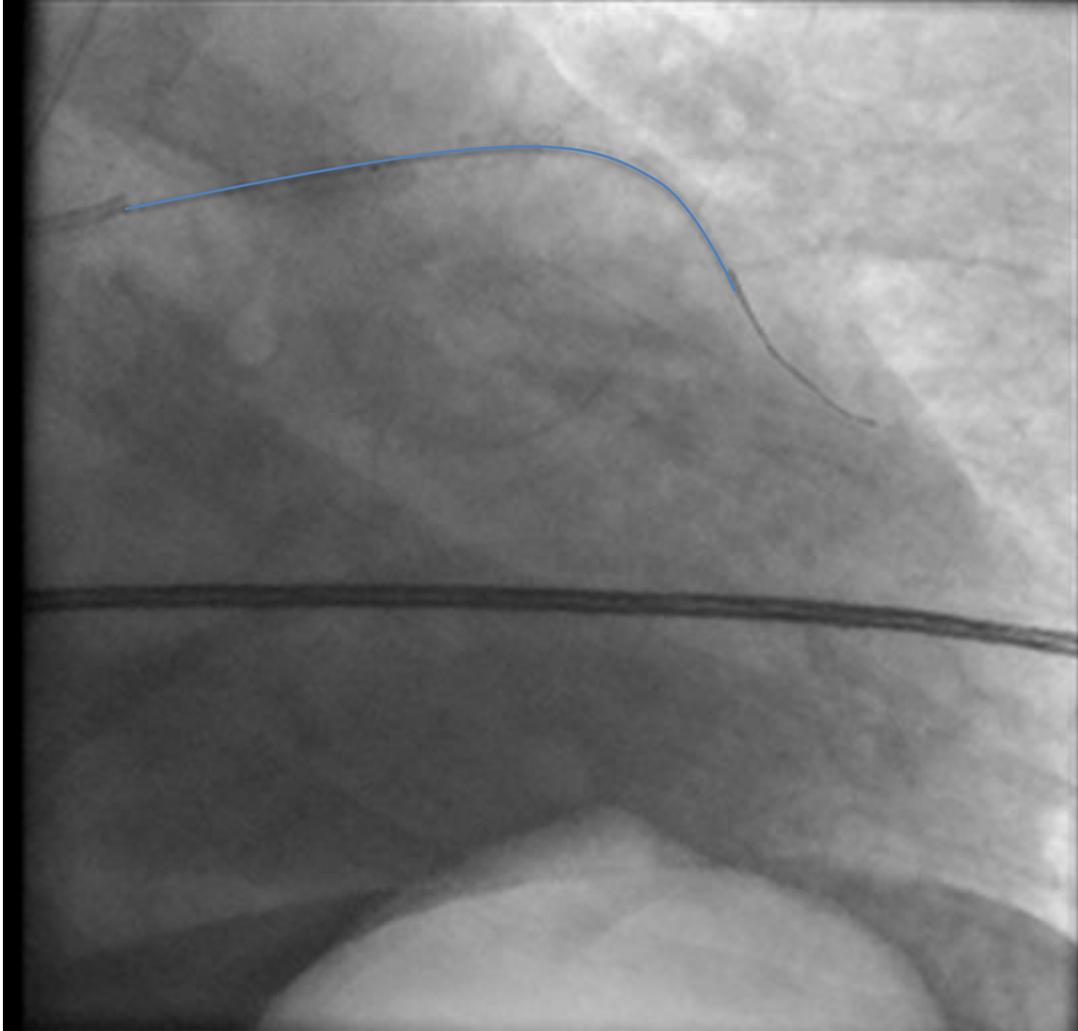


Image en mouvement
→ Implémentation d'un
MO

Tâche de détection

Guide coronarien

Petit câble métallique
Ø 0.014" (0.36 mm)

Sert de "rail" pour monter
du matériel

Cathéters

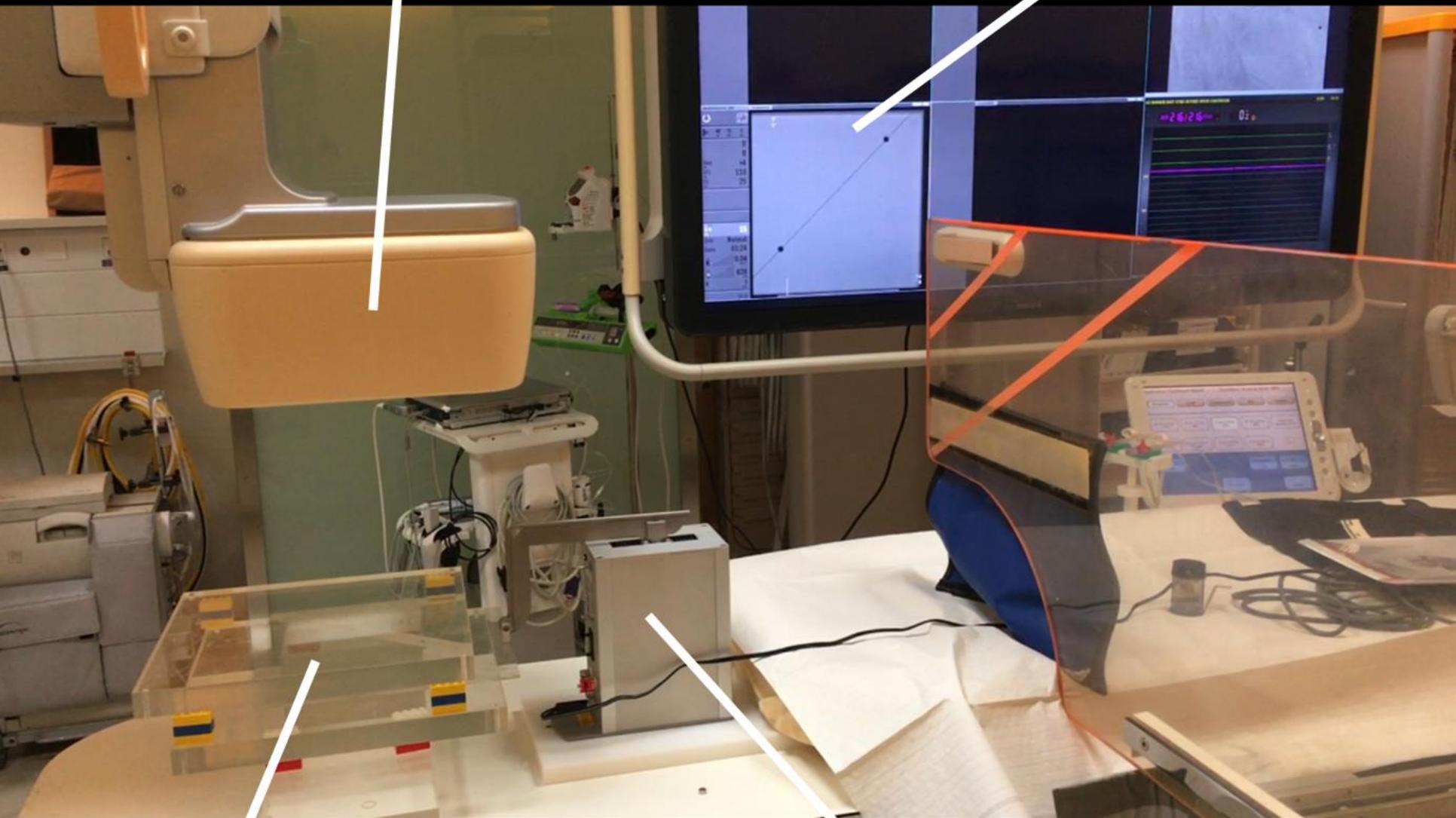
Ballons

Stents

...

Détecteur RX

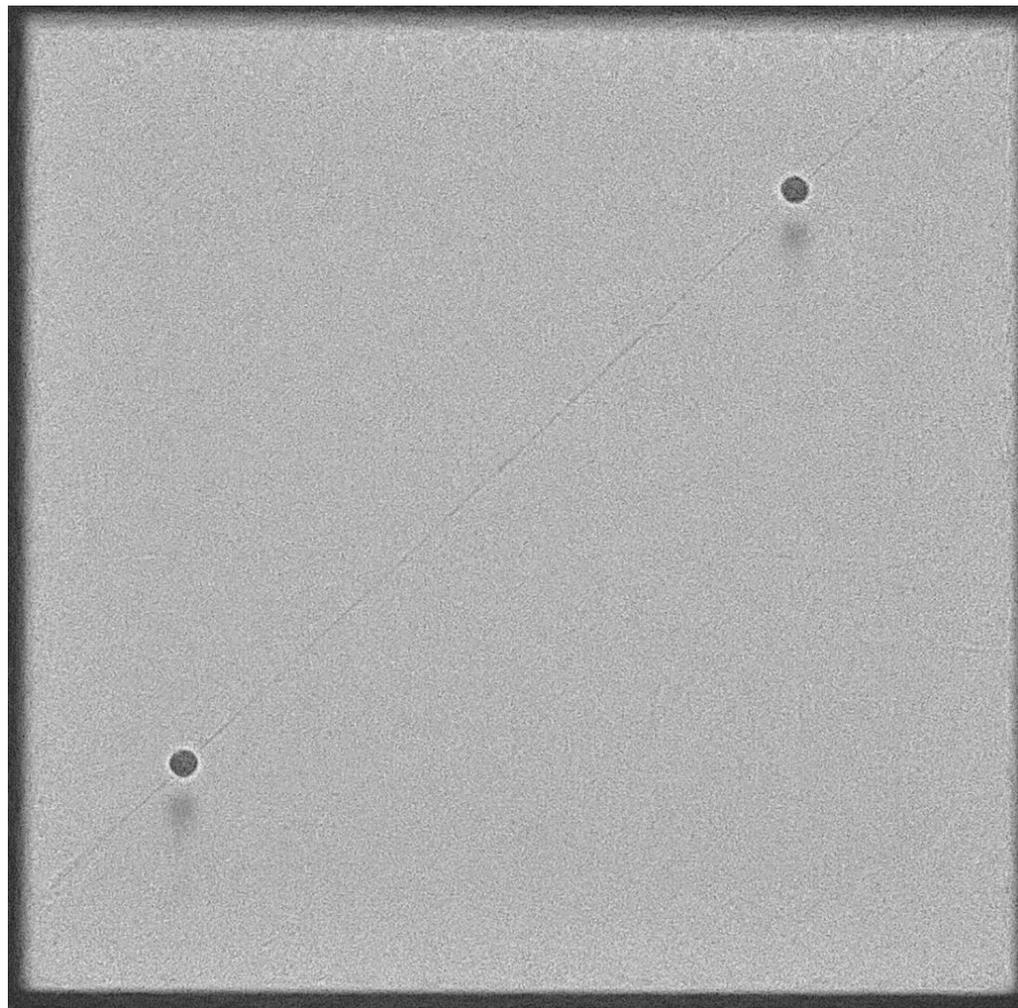
Ecran du médecin



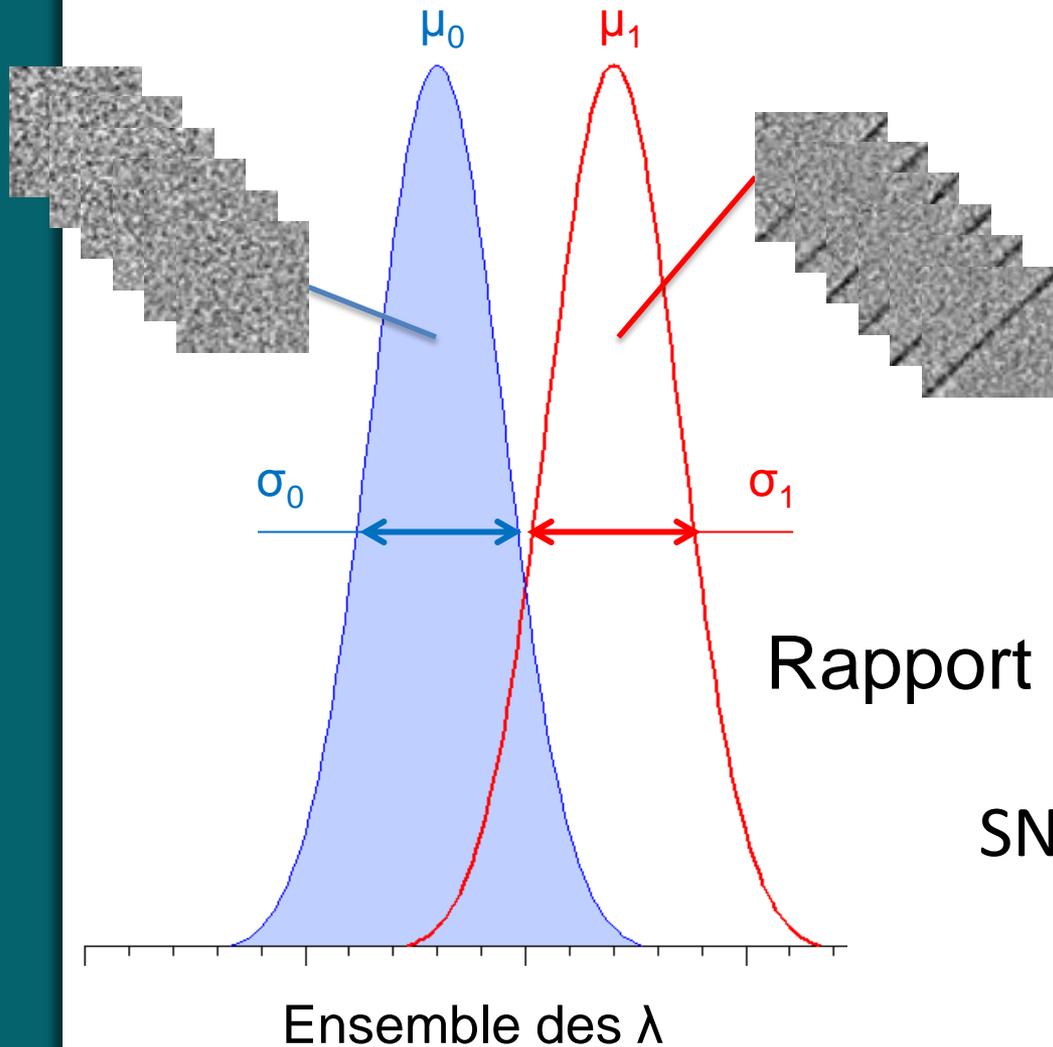
Plaques de PMMA avec le support entre deux

Moteur de simulation QRM-Sim2D

Images obtenues



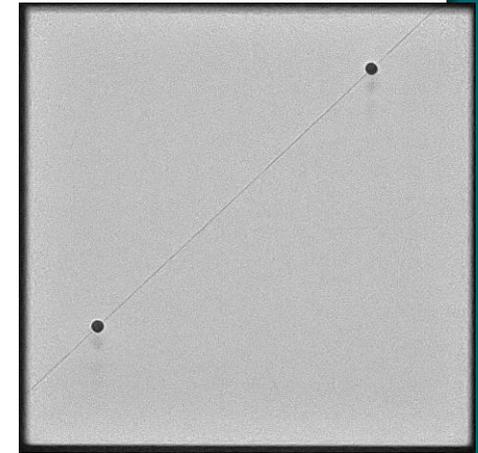
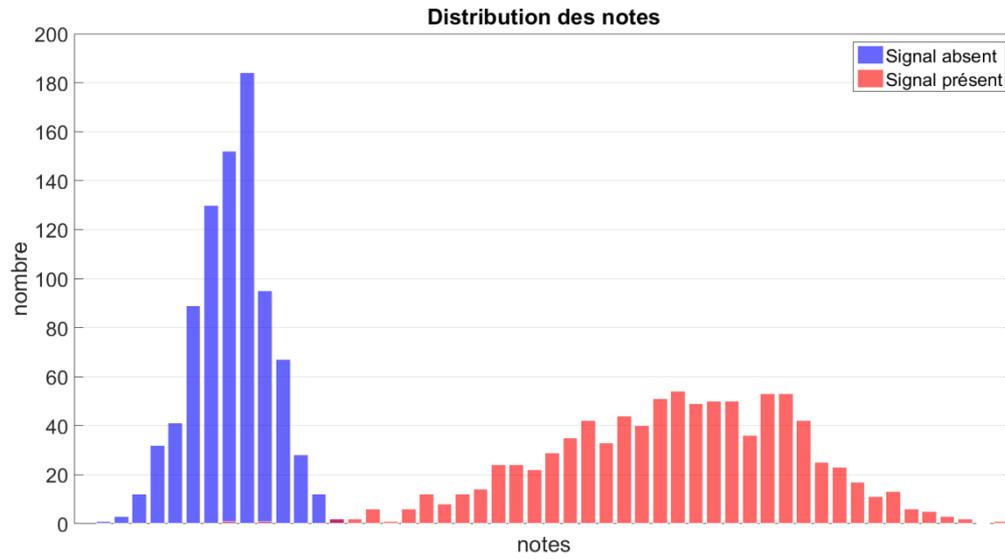
Modèle d'observateur (id. CT)



Rapport signal sur bruit (SNR)

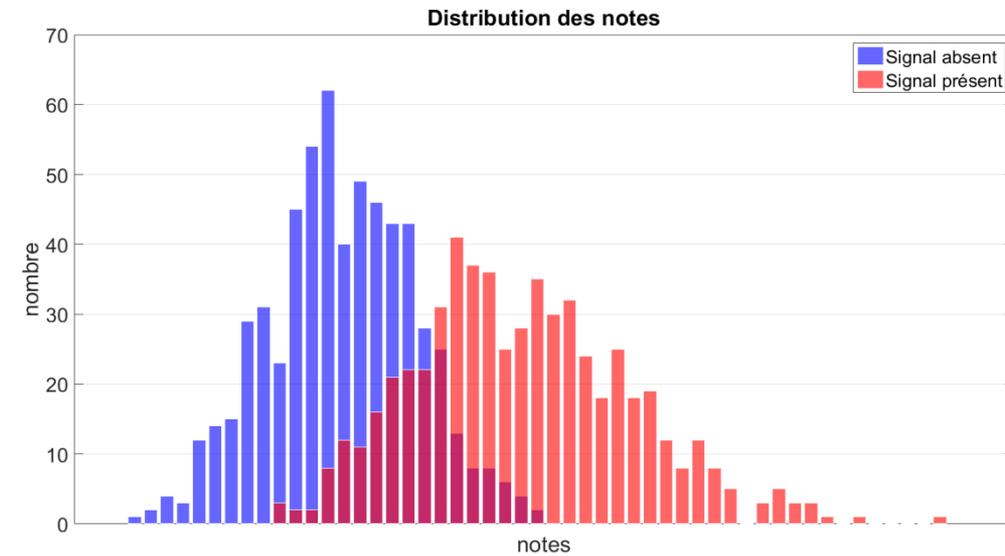
$$\text{SNR} = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{\sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_0^2 + \sigma_1^2)}}$$

Installation A



SNR = 4.9

Installation B



SNR = 2.0

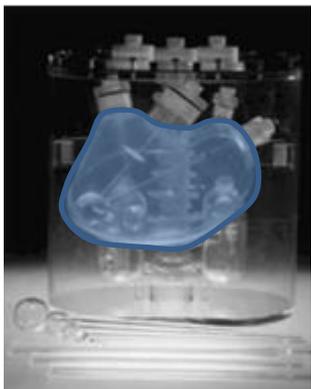
Contenu

- Contexte législatif
- **Présentation de l'activité**
 - Tomodensitométrie
 - Radioscopie
 - **Médecine nucléaire**
- Conclusion

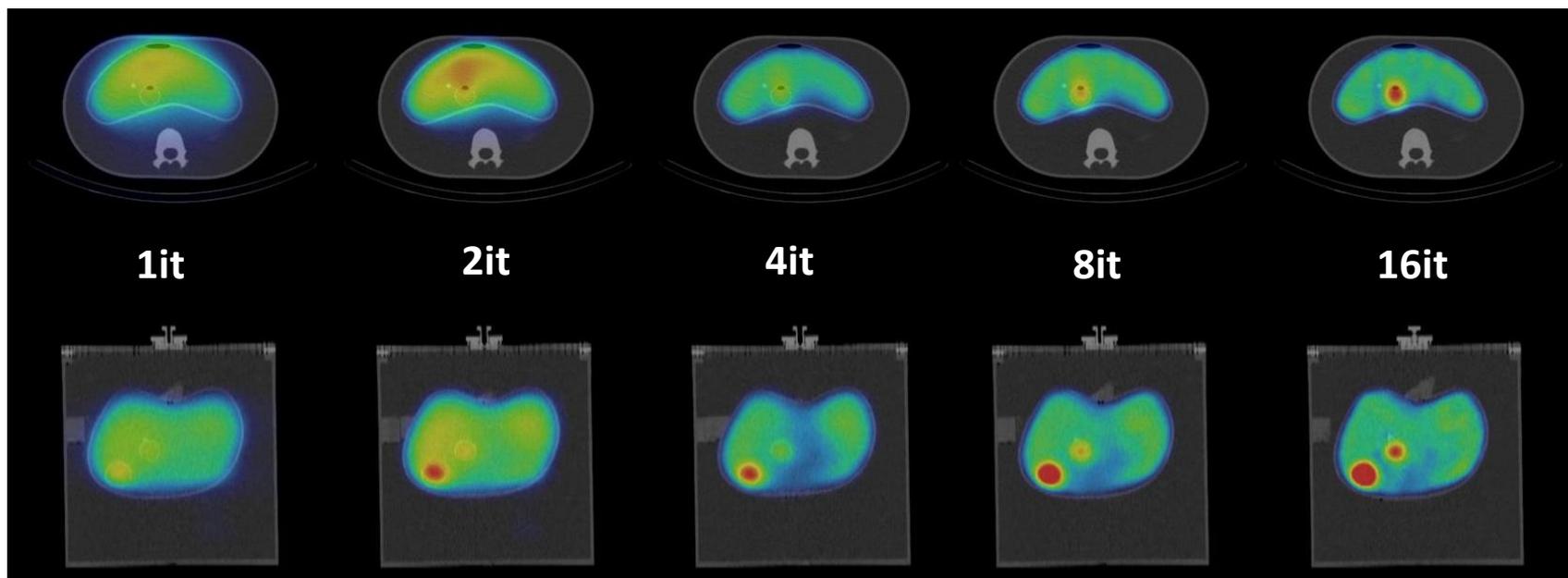
Médecine nucléaire

- Fantômes standard
 - SPECT
 - Jaszczak (sphères froides)
 - NEMA (sphères chaudes)
 - Foie anthropomorphe (abdominal)
 - PET
 - NEMA (sphères chaudes)
 - Foie anthropomorphe (abdominal)
- Protocoles
 - Inter-comparaison
 - Clinique standard

Ex-1 Imagerie quantitative pour dosimétrie patient (Lu-177)
Validation SPECT quantitatif, fantôme anthropomorphe (abdominal/foie)

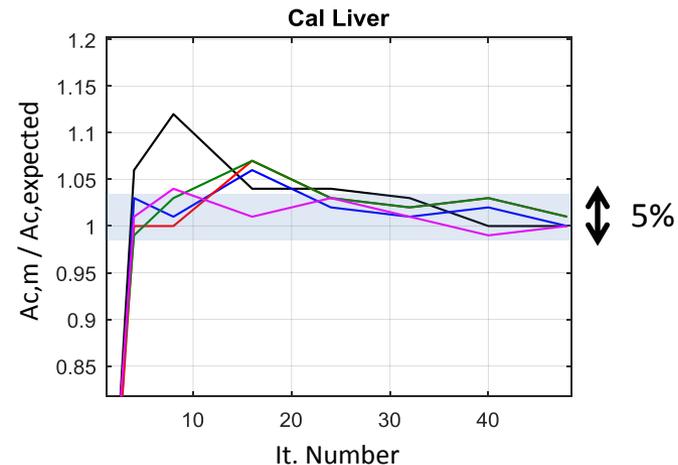
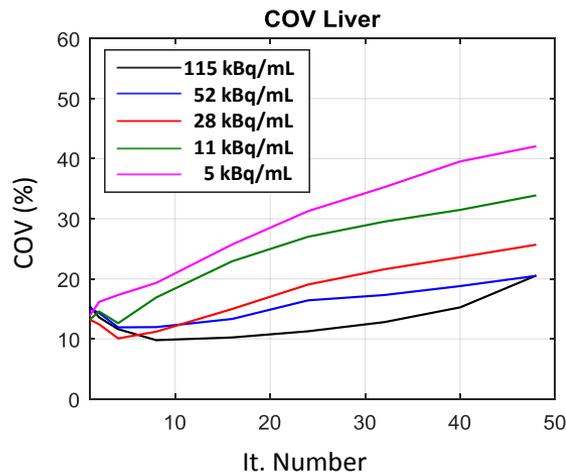
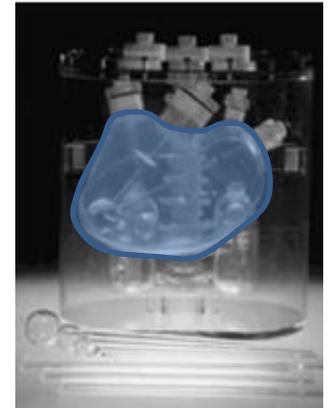


Recouvrement de l'activité dans l'insert foie
Evaluation visuelle

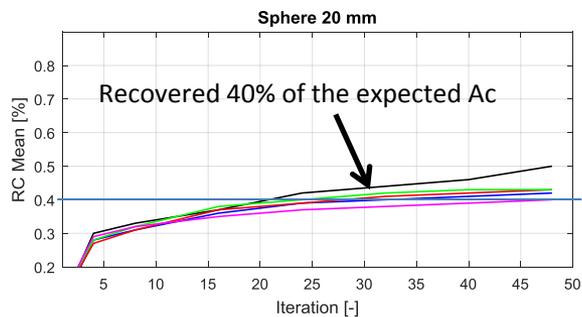
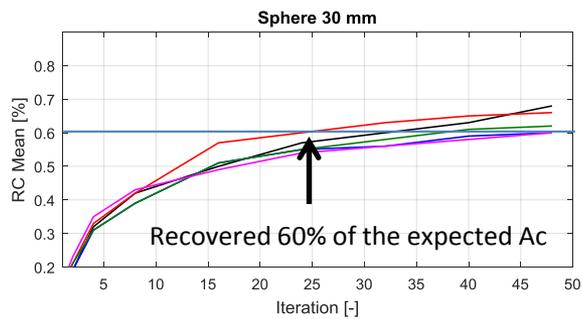
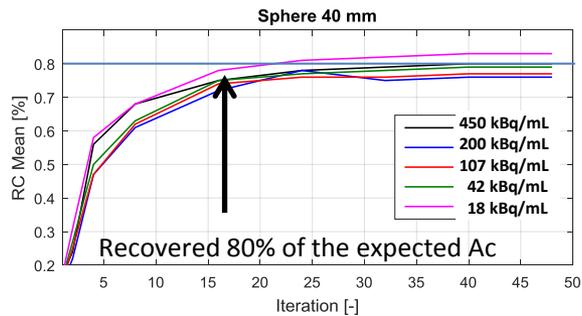


Récupération de la concentration d'activité moyenne (A_c) et du bruit (COV) dans l'insert foie

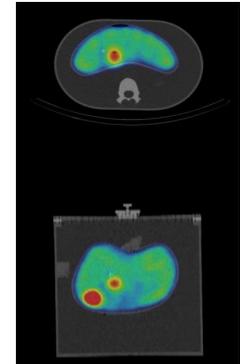
- Nombre d'itérations croissant (1→48)
- A_c décroissante, bg foie (115→5 kBq/mL)



- 5% variation de la valeur attendue si # itérations >20
- 5% exactitude pour toutes concentrations dans bg foie (115 → 5kBq/mL)



Recouvrement de la concentration d'activité moyenne (Ac) Recouvrement dans des sphères (lésions)



- Augmentation du # d'itérations (1→48)
- Ac décroissante (450→20 kBq/mL)

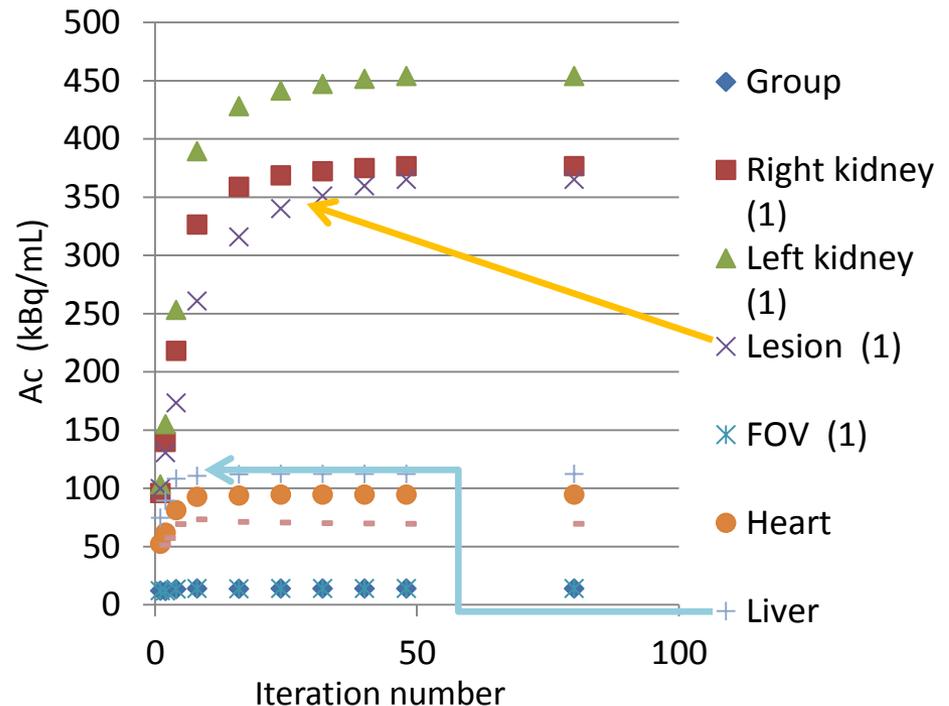
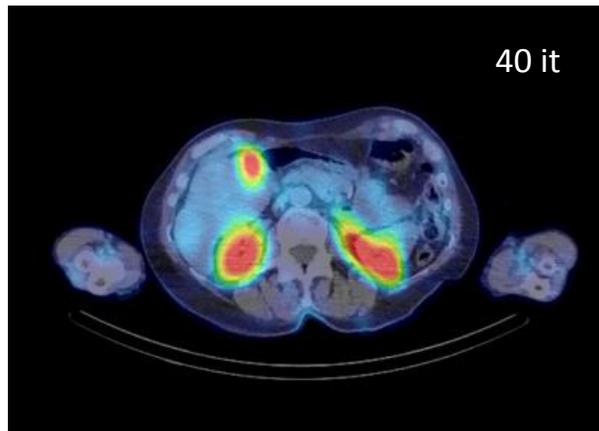
- Recouvrement du signal dépend de la taille des lésions
- De plus petites sphères convergent à un nombre d'itérations plus élevé
- Un recouvrement incomplet doit être pris en compte pour éviter les biais dans les petites lésions
- Recouvrement du système stable (<10% variabilité après convergence) avec concentrations d'activité testées dans les lésions

(450→20 kBq/ml)

Imagerie quantitative pour dosimétrie patient (Lu-177)

Validation sur patient

Récupération du signal testée en fonction du nombre d'itérations

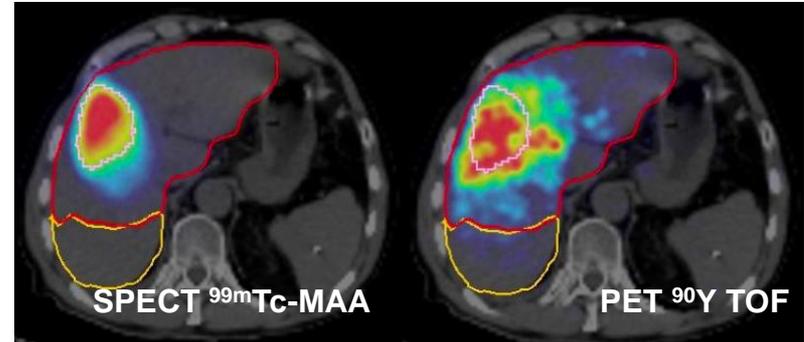


Récupération (et convergence) dépendent de la taille

L'optimisation des protocoles a un impact direct sur l'évaluation dosimétrique

Ex-2: Optimisation acquisition/reconstruction d'image ^{90}Y PET post SIRT

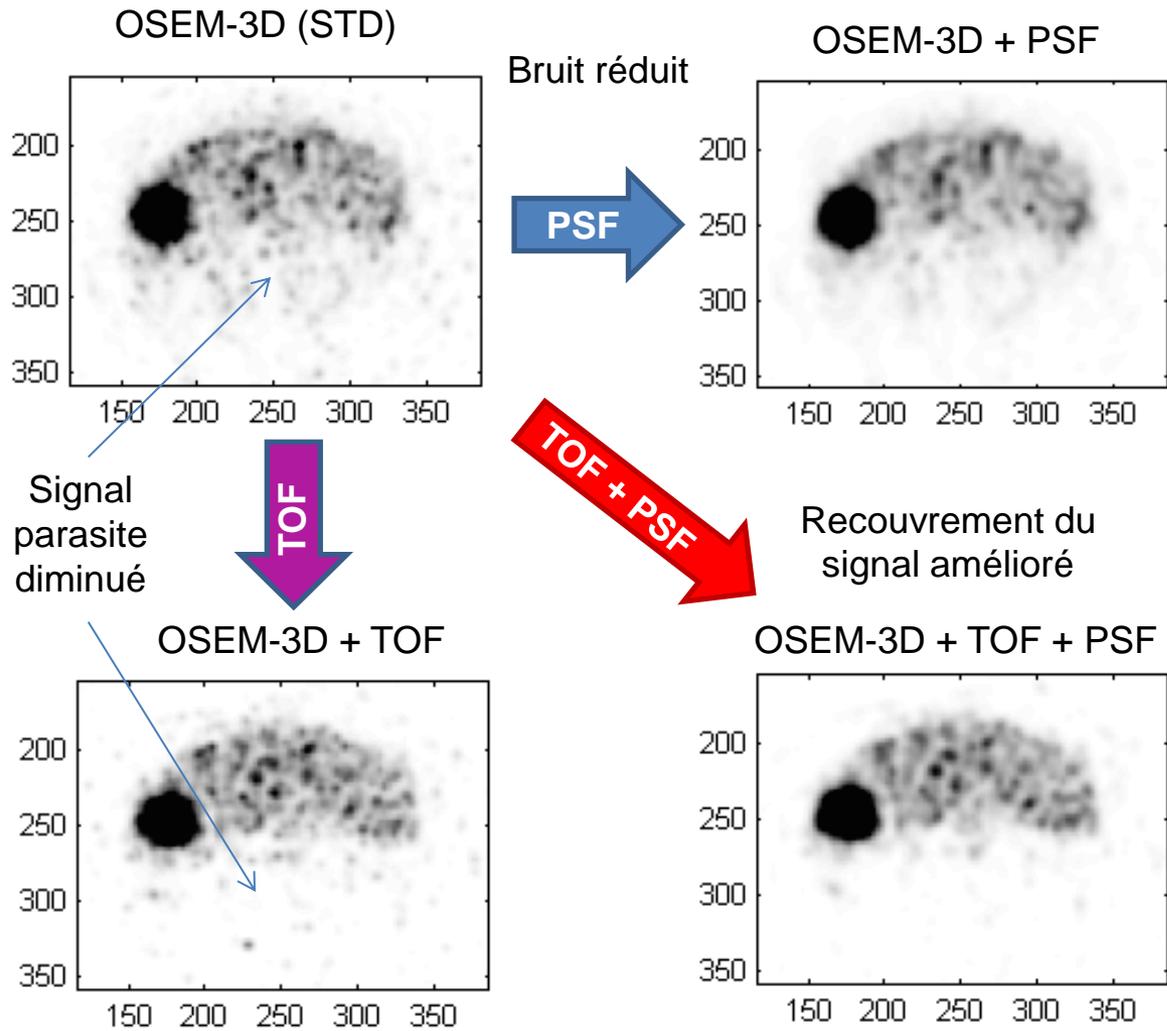
Possibilité d'imagerie
quantitative
 ^{90}Y PET post-traitement



Déposition locale et dosimétrie pour :

- Valider la dosimétrie prédictive basée sur $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA SPECT/CT
- Quantifier d'éventuels shunts extra-hépatiques
- Fournir des données pour d'éventuelles études de réponse en dose

**Point-clé : optimisation des paramètres d'acquisition et de reconstruction
 ^{90}Y PET**

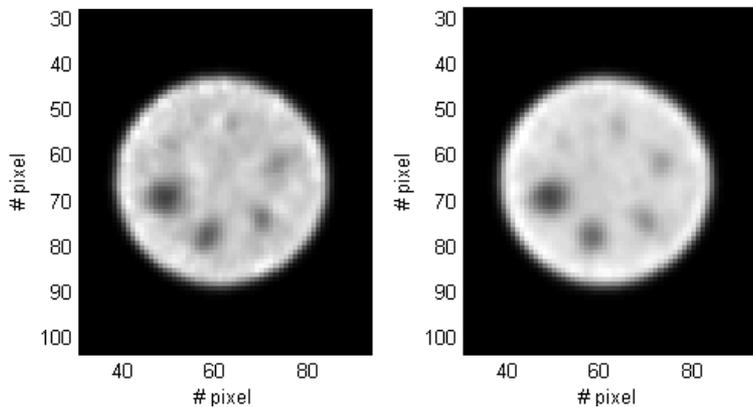


Optimum pour acquisition / reconstruction :
 2 itérations x 16 ss, 30 min TOF + PSF

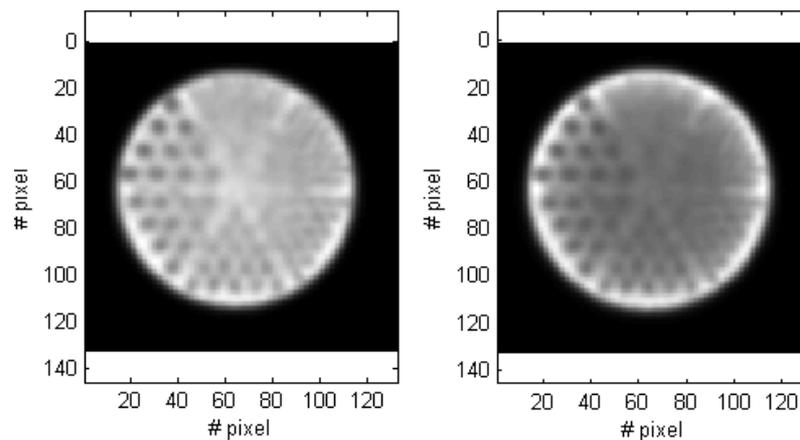
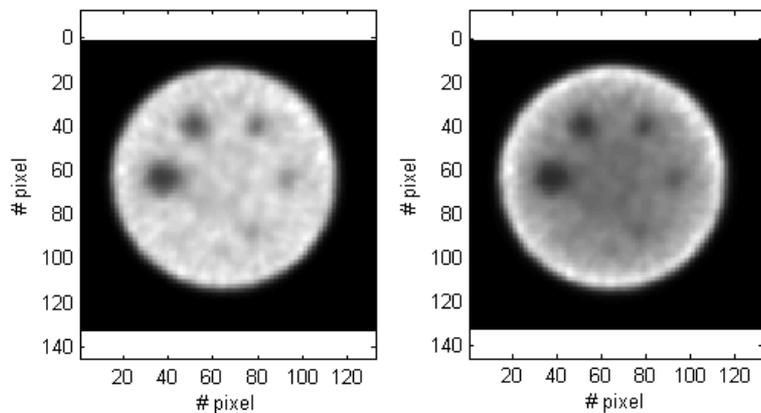
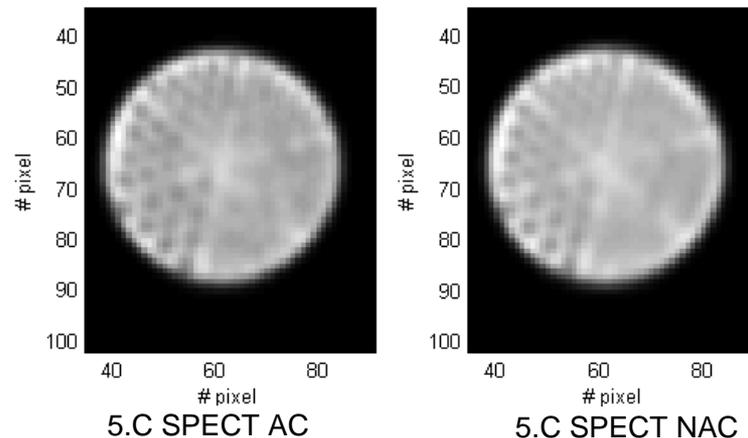
Evaluation de la qualité d'image SPECT/CT

Prestation de service – centres SPECT de Suisse romande

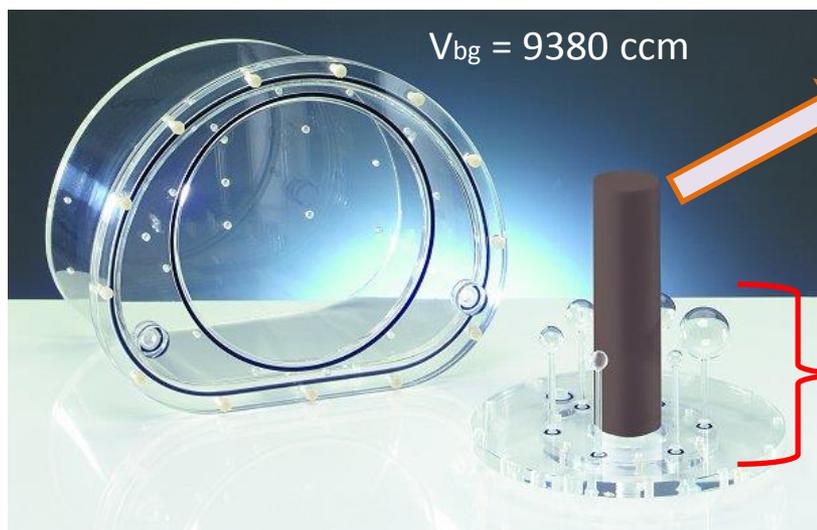
5.A SPECT AC 10s 128 proj. 5.B SPECT AC 40s 128 proj.



5.A SPECT AC 10s 128 proj. 5.B SPECT AC 40s 128 proj.



Nema NU2 18F-FDG : optimisation du protocole clinique



Insert poumon :
5cm diam., 16 cm long.
Densité : 0.3 g/mL

| # Sphère | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Diamètre (mm) | 10 | 13 | 17 | 22 | 28 | 37 |
| Volume (mL) | 0.52 | 1.15 | 2.57 | 5.57 | 11.49 | 26.52 |

3 préparations différentes :

- Ratio 2:1 (s:10 kBq/mL)
- Ratio 5:1 (s:25 kBq/mL)
- Ratio 10:1 (s:50 kBq/mL)

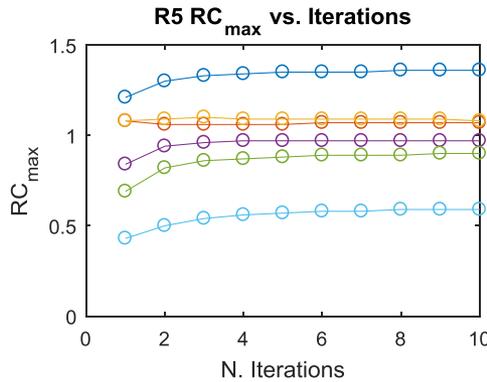
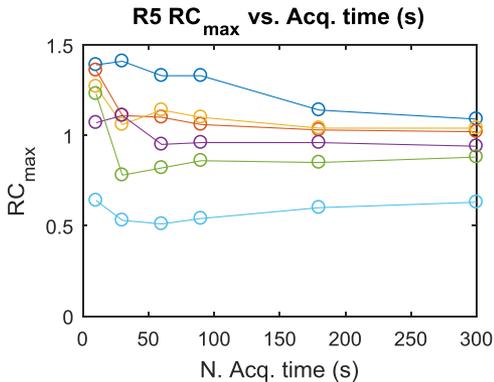
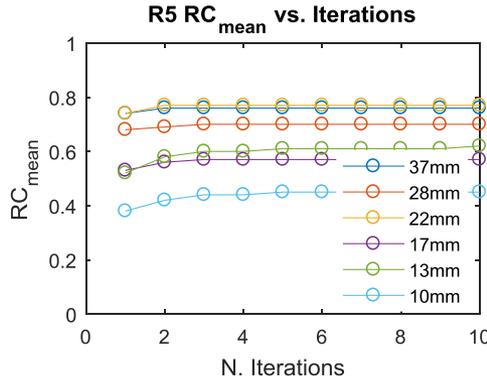
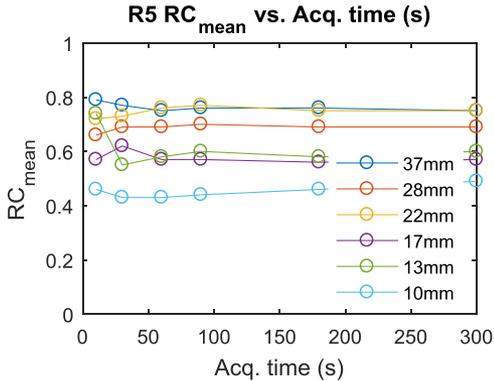
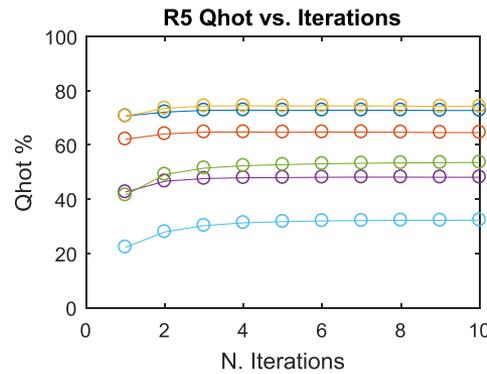
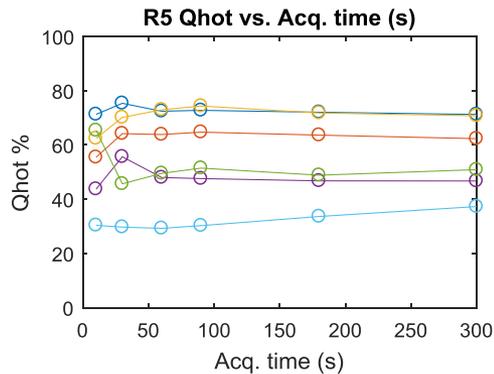


Bas contraste

Contraste favorable

Background toujours à 5 kBq/mL en F-18 FDG

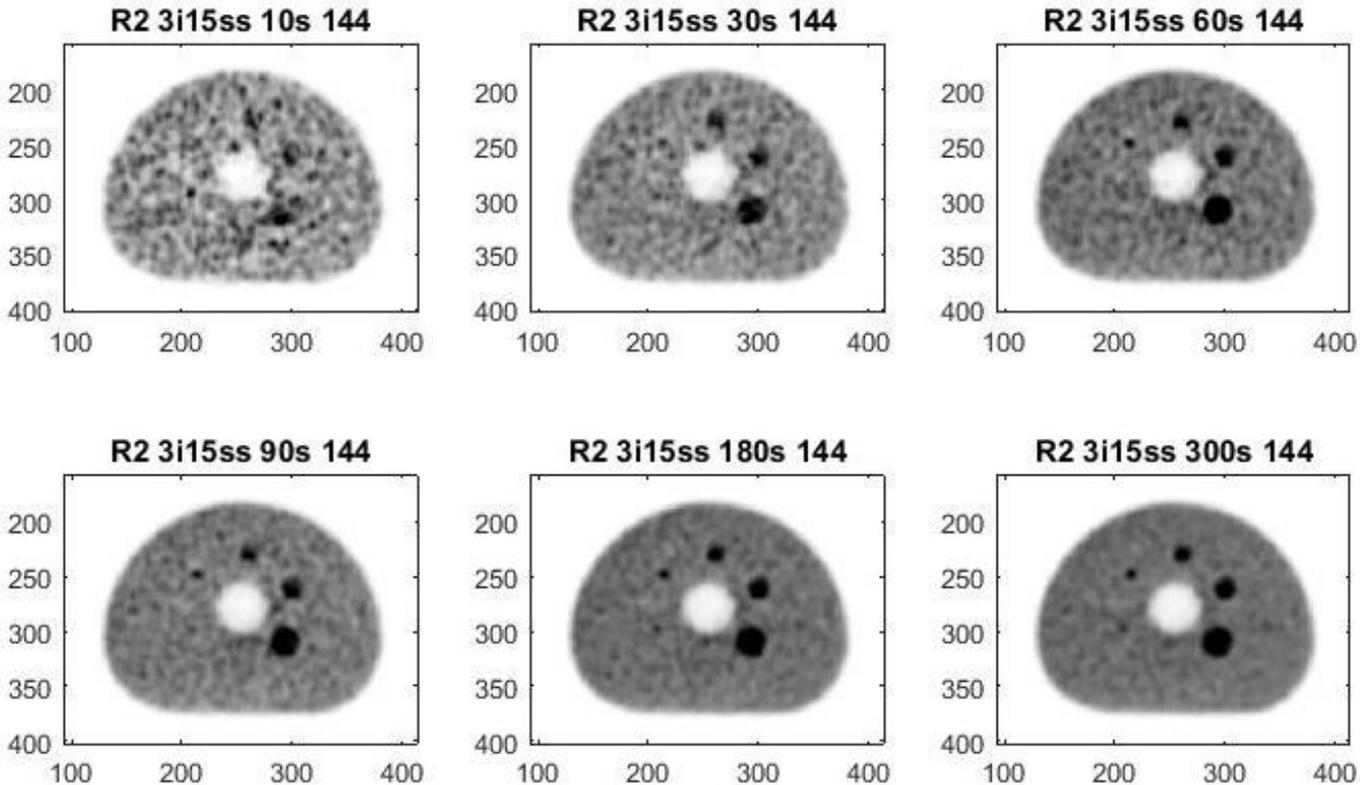
Résultats: Sphères chaudes



- Récupération du signal dans les sphères stable même à basse statistique
- Fluctuation à 10s.

Rapide convergence de la récupération du signal dans les sphères en fonction du nombre d'itérations (Nit = 3, 15ss fix, 90s acquisition)

Evaluation visuelle des bas contraste : statistique dans l'image



- A bas contraste (R2), détectabilité de la lésion de 13mm diamètre si statistique suffisante
- Lésions de 10mm pas détectables même avec haute statistique

Contenu

- Contexte législatif
- Présentation de l'activité
 - Tomodensitométrie
 - Radioscopie
 - Médecine nucléaire
- **Conclusion**

Conclusion

- Contrairement à la radio-oncologie
 - Référentiel peu défini
- Premières mesures
 - Risque de faire doublon avec les constructeurs
 - Utilité du physicien
 - Pertinence clinique, soutien aux utilisateurs
 - Effort sur le langage et les métriques
 - Qualité d'image (diagnostique)

Merci pour votre attention