



HAL
open science

Développement d'un protocole d'étalonnage prenant en compte le volume thyroïdien pour l'amélioration du traitement des pathologies bénignes de la thyroïde

T. Beaumont, Aurélie Forbes, Delphine Vallot, Jad Farah, Olivier Caselles, Emmanuel Durand, David Broggio, Pedro Caldeira Ideias, Maria-Angéla Castilla-Lièvre, Didier Franck

► To cite this version:

T. Beaumont, Aurélie Forbes, Delphine Vallot, Jad Farah, Olivier Caselles, et al.. Développement d'un protocole d'étalonnage prenant en compte le volume thyroïdien pour l'amélioration du traitement des pathologies bénignes de la thyroïde. Congrès national de la SFRP (12e édition), SFRP, 2019, La Rochelle, France. hal-04021242

HAL Id: hal-04021242

<https://hal.science/hal-04021242>

Submitted on 23 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

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

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

DÉVELOPPEMENT D'UN PROTOCOLE D'ÉTALONNAGE PRENANT EN COMPTE LE VOLUME THYROÏDIEN POUR L'AMÉLIORATION DU TRAITEMENT DES PATHOLOGIES BÉNIGNES DE LA THYROÏDE

T. Beaumont^{1,2}, A. Forbes³, D. Vallot⁴, J. Farah³, O. Caselles⁴, D. Broggio², E. Durand³, P. Caldeira Ideias⁵, M.A. Castilla Lievre³, D. Franck⁶.

¹IRSN, IRSN/PSE-SANTE/SMERI/LAMIV, BP-17, Le Vésinet, France

²IRSN, IRSN/PSE-SANTE/SDOS/LEDI, BP-17, Fontenay-aux-Roses, France,

³Hôpitaux Universitaire Paris-Sud, Paris, France,

⁴Institut Universitaire du Cancer Toulouse - Oncopole, Toulouse, France,

⁵IRSN, IRSN/PSE-ENV/SIRSE/LSE, Le Vésinet, France,

⁶IRSN, IRSN/PSE-SANTE/SDOS, BP-17, Fontenay-aux-Roses, France,*

MEMBRE DE

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

TRAITEMENT DES PATHOLOGIES BÉNIGNES DE LA THYROÏDE

Pathologies :

- Maladie de Basedow
- Goitre (hétérogène ou multi-nodulaire)
- Hyperthyroïdie
- Nodules hyperfixants

Traité avec de I^{131}

Recommandation de l'EANM : aller vers une dosimétrie plus personnalisée

Eur J Nucl Med Mol Imaging
DOI 10.1007/s00259-013-2387-x

GUIDELINES

EANM Dosimetry Committee Series on Standard Operational Procedures for Pre-Therapeutic Dosimetry II. Dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases

Heribert Hänscheid · Cristina Canzi ·
Wolfgang Eschner · Glenn Flux · Markus Luster ·
Lidia Strigari · Michael Lassmann

Eur J Nucl Med Mol Imaging (2010) 37:2218–2228
DOI 10.1007/s00259-010-1536-8

GUIDELINES

EANM procedure guidelines for therapy of benign thyroid disease

Marcel P. M. Stokkel · Daria Handkiewicz Junak ·
Michael Lassmann · Markus Dietlein · Markus Luster

Pathologie	Dose absorbée recommandée (Gy)
Maladie de Basedow (ablation)	200-300
Maladie de Basedow (Euthyroïdisme)	150
Goitre	150
Nodule solitaire hyperfonctionnel	300-400



Si on dépasse la dose recommandée

Irradiation plus importante des
organes sains

Formalisme du MIRD

$$D = \tilde{A} \times S$$

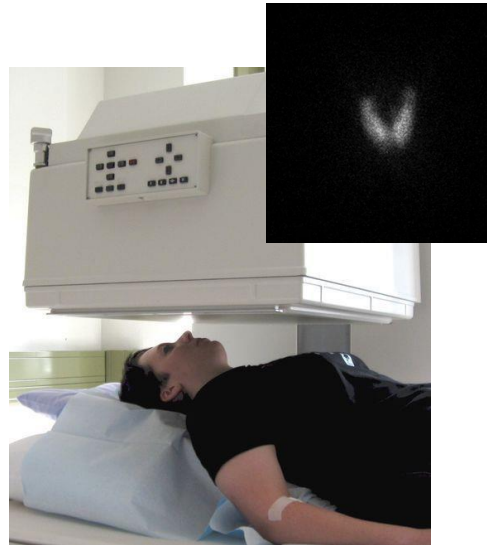
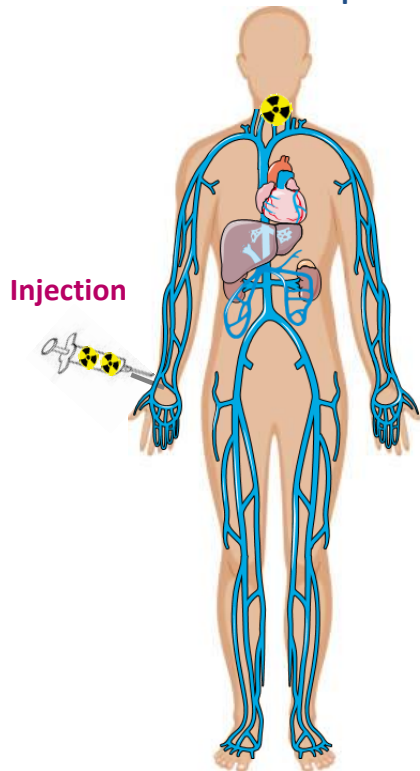
Activité cumulée
Données physiques et biologiques

Facteur S
Géométrie et masse de la cible



➤ Prise en compte de la masse de la thyroïde (échographie)

➤ Une **activité traceuse** est utilisée pour déterminer le **taux de fixation** du patient à l'¹³¹I ou à l'¹²³I.



Scintigraphie thyroïdienne
Gamma-caméra

La mesure de **fixation** requiert une quantification **précise** de l'**activité retenue** dans la thyroïde

MESURE DE L'ACTIVITÉ RETENUE

Étalonnage (référence)



Fantôme thyroïdien (hôpital)

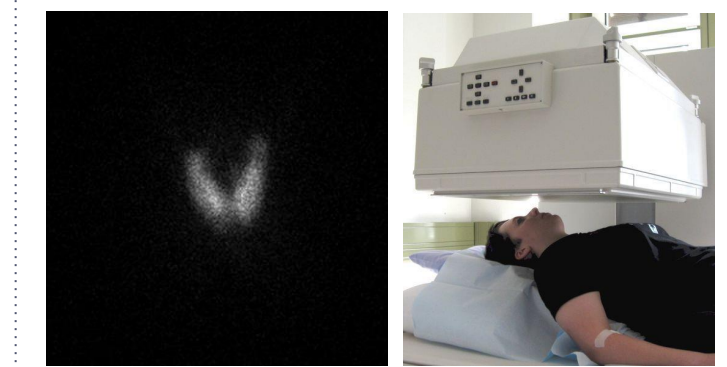
- Très éloigné de la réalité anatomique
- Alternative: Seringue, gélule...



Sensibilité (paramètre d'étalonnage)

$$S \equiv \frac{\text{Nombre d'événements détectés}}{\text{Nombre d'événements émis par la source}}$$

Données patients



Quantification de l'activité retenue dans la thyroïde à un instant t



L'utilisation de **fantômes réalistes** pourrait-elle **améliorer** la **quantification** de la **fixation thyroïdienne** ?

ÉTUDE γ -CAMÉRAS

But : évaluer les avantages et limites des méthodes d'étalonnage actuelles

- Influence du **volume thyroïdien**
- Influence des **protocoles** et **fantômes** utilisés

➤ **Fantôme FANTHY** (Brevet international 1650 855)

- Petits volumes (3,2 à 11,5 mL)
- Adulte standard (19,05 mL)
- Goitre (30 mL)



Collaboration avec le service de médecine nucléaire: **APHP Bicêtre**

- Fantôme de routine : ^{123}I (seringue)
- Gamma-caméras : Symbia T2 et Symbia S
- Collimateur LEHR
- Distances : $d = 20$ cm et 30 cm

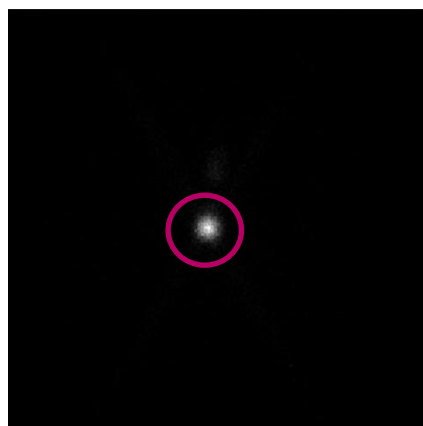


Hôpitaux
universitaires
Paris-Sud
Antoine-Bécère Bicêtre Paul-Brousse

PROTOCOLE DE ROUTINE (1/2)

Sensibilité - coefficient d'étalonnage (routine) :

- Acquisition planaire à 30 cm
- ROI circulaire autour de la seringue



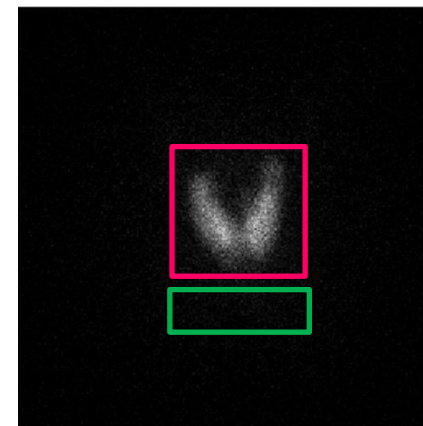
$$S \equiv \frac{\text{Nombre d'évènements détectés}}{\text{Activité (MBq) x temps d'acquisition (s)}}$$

LA RÉFÉRENCE

(Pour tout les patients et sans déduction de bruit de fond)

Mesure patient (protocole routine) :

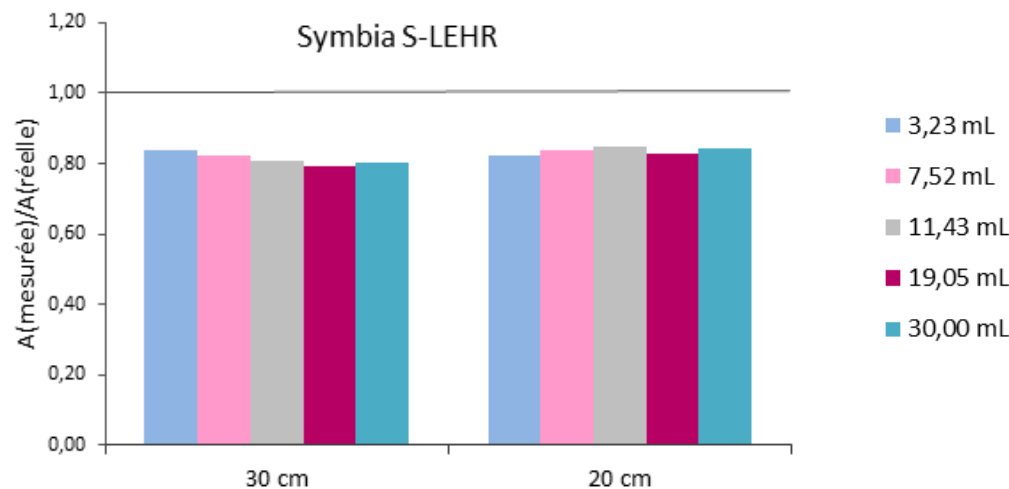
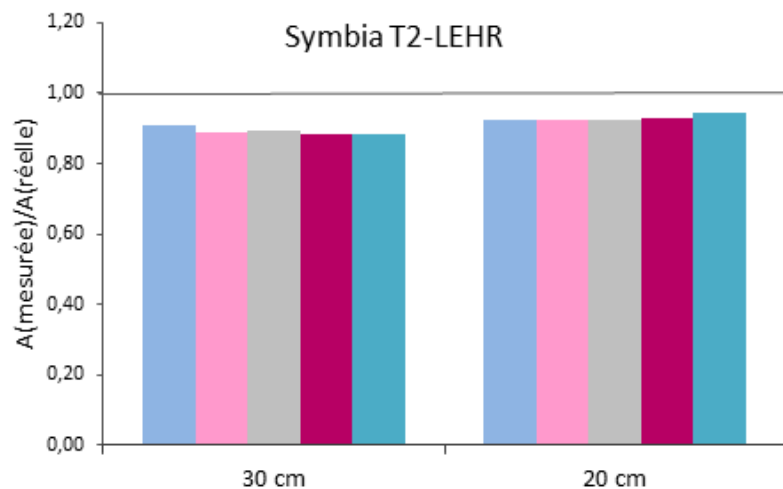
- Acquisition planaire au plus près du patient
- ROI autour de la thyroïde → nombre d'évènements
- ROI sous la thyroïde → Déduction du bruit de fond



➤ Protocole patient utilisé pour analyser les acquisitions avec les fantômes FANTHY d= 20 cm et 30 cm.

PROTOCOLE DE ROUTINE (2/2)

Résultats $A_{\text{mesurée}} / A_{\text{réelle}}$



- Erreur maximale Symbia T2-LEHR
 - 12 % à 30 cm
 - 8 % à 20 cm
- Erreur maximale Symbia S-LEHR
 - 20 % à 30 cm
 - 18 % à 20 cm
- Le volume thyroïdien et la distance n'ont pas d'influence significative

Sous-estimation de l'activité

- Sous-estimation de la fixation thyroïdienne du patient
- **Augmentation** de l'activité thérapeutique à injecter

Limites du protocole de routine:

- Rayonnement diffusé
- ROI manuel → opérateur dépendant

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE (1/4)

Description du protocole utilisé

➤ Reproductibilité

- 2 gamma-caméras équipées du collimateur LEHR
- 6 mesures par géométrie
 - 2 distances : 20 cm et 30 cm
 - 5 fantômes FANTHY
 - 1 fantôme de routine : seringue
- 300 secondes par acquisition (routine)

128 acquisitions

➤ ¹²³I

- ~10 MBq par fantôme
- Statistique de comptage importante
- Effet de la décroissance radioactive ($T_{1/2} = 13$ h)



ÉTUDE SYSTÉMATIQUE (2/4)

Protocole de seuillage : éliminer le rayonnement parasite (diffusé) des images



Acq. SymbiaT2

20 cm

Image planeaire originale

Paramètres d'affichage automatiques

Ajustement du niveau de gris → Diffusé

Seuillage à 15 %

Image binaire résultante

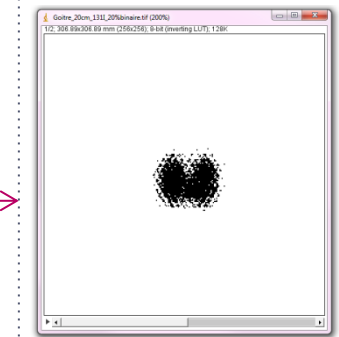


Image planeaire seuillée à 15 %

Paramètres d'affichage automatiques

Ajustement du niveau de gris → Diffusé

Multiplication entre l'image binaire et l'image planeaire originale

x



Détermination de la sensibilité

S en cps/MBq

Seuils retenus compris entre 5 % et 30 % (pas de 5 %)

Procédure automatisée sous



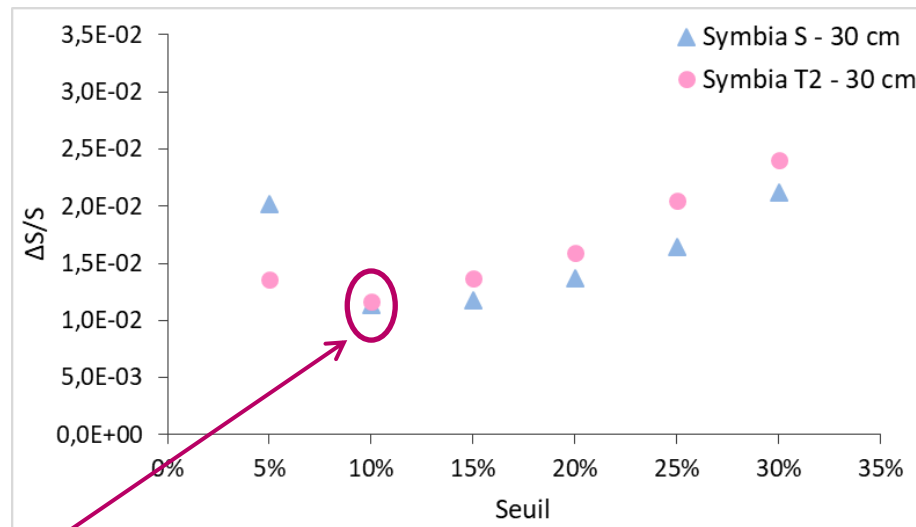
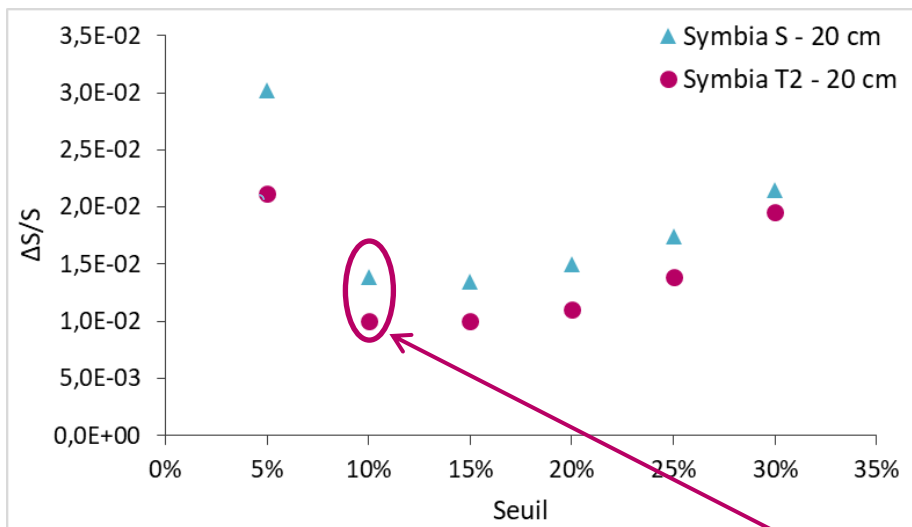
ÉTUDE SYSTÉMATIQUE (3/4)

Résultats

Sensibilité calculée pour toutes les acquisitions :

- Sensibilité moyenne
 - Écart-type associé
- } □ seuil

$$\rightarrow \left(\frac{\sigma_S}{\bar{S}}\right)_{seuil} = \left(\frac{\text{écart-type}(S)}{\text{moyenne}(S)}\right)_{seuil}$$



minimum de la courbe = seuil optimal

Seuil (10 %)
minimise l'influence du
volume thyroïdien

Étalonnage **indépendant** du
fantôme utilisé permettant une
quantification **fiable**

Seuils **indépendants** de la
gamma-caméra et de la
distance

➔ Validation de la méthode : détermination de l'activité des fantômes FANTHY

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE (4/4)

Résultats

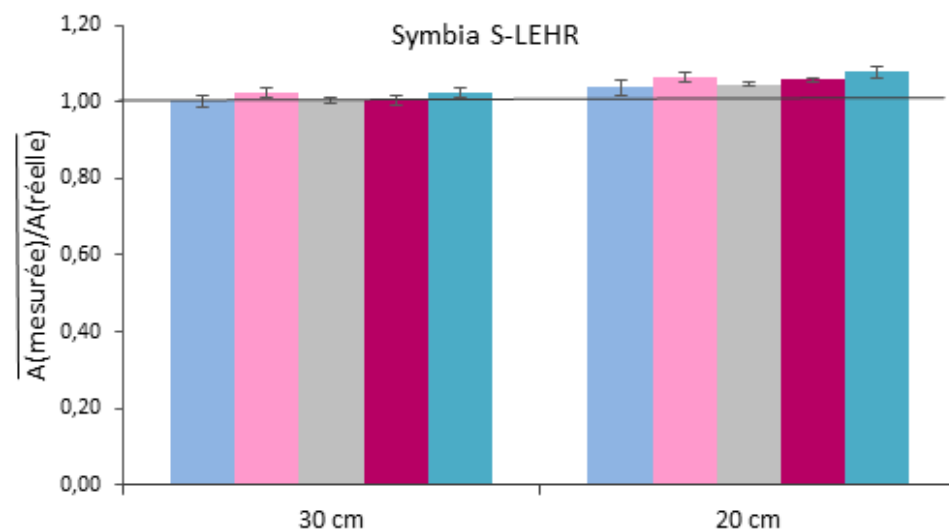
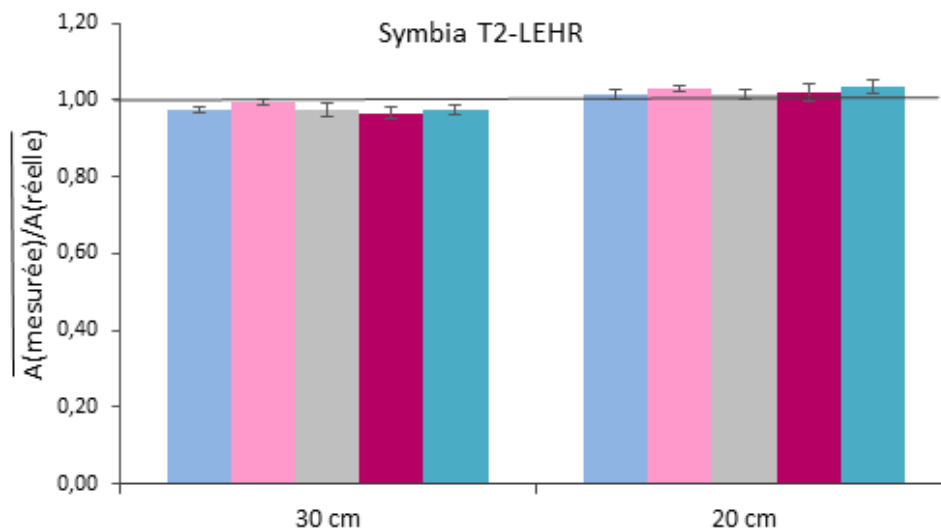
Seuil optimal 10 %

Sensibilité de référence :

- En routine : pas de fantôme réaliste dans les services de médecine nucléaire
- Utilisation de l'acquisition de la seringue (seuillée à 10%)

- 3,23 mL
- 7,52 mL
- 11,43 mL
- 19,05 mL
- 30,00 mL

A-t-on une meilleure estimation de l'activité ?



Biais maximal Symbia T2-LEHR

- 3 % à 30 cm vs 12 % (protocole de routine)
- 3 % à 20 cm vs 8 % (protocole de routine)

Biais maximal Symbia S-LEHR

- 2 % à 30 cm vs 20 % (protocole de routine)
- 8 % à 20 cm vs 18 % (protocole de routine)

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Étude du protocole de routine

Identifier les limitations des méthodes d'étalonnage actuelles

- Nécessité de prendre en considération le rayonnement diffusé/bruit de fond
- Optimisation des ROIs
- Sous-estimation de l'évaluation de la fixation → surestimation de l'activité thérapeutique à injecter

Étude systématique ^{123I}

Protocole de seuillage → étalonnage robuste et adaptable à la routine

- Protocole identique entre l'étalonnage et la mesure patient
- Méthode semi-automatique
- Élimination de la contribution du diffusé
- Meilleure estimation de l'activité retenue

Perspectives

1 - Étude rétrospective

- 60 patients traités pour la maladie de Basedow
- Bilan sur le biais sur l'activité thérapeutique administrée

2 - Étude systématique ^{131I}

- Répéter le protocole de mesure avec des fantômes remplis d'^{131I}
- Valider la méthode de seuillage pour ^{131I}

CONCLUSION & PERSPECTIVES

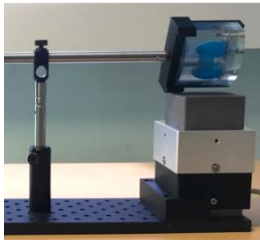
Perspectives

3 – Fantôme d'étalonnage pathologique

- Simule les pathologies multi-nodulaires
- Améliorer la quantification en cas d'hétérogénéité de fixation
→ 1^{er} fantômes ont été imprimés

- Mesures en collaboration avec:

¹³¹I – γ-caméra haute résolution (MOTI)

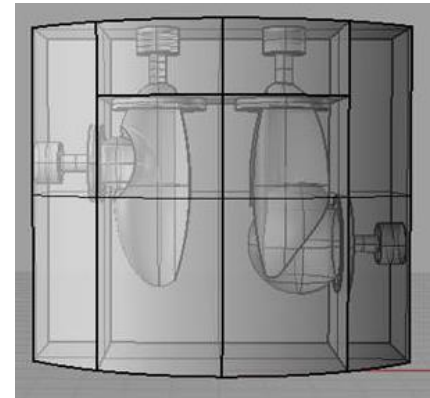


¹³¹I - γ-caméras (routine)



INSTITUT UNIVERSITAIRE
DU CANCER DE TOULOUSE
Oncopole

¹²³I - γ-caméras (routine)



4 – Intercomparaison mesure de fixation thyroïdienne

- Fantôme FANTHY – ^{99m}Tc puis ¹²³I
- Collaboration avec M. Demonchy (CHI Fréjus) et Y. Petegnief (CHRU Besançon)
- Demande à la SFPM – Création d'un GT
- Appel à participation lancé très prochainement

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

tiffany.beaumont@irsn.fr

