



**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.

Copyright

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<sup>1,2</sup>**, A. Forbes<sup>3</sup>, D. Vallot<sup>4</sup>, J. Farah<sup>3</sup>, O. Caselles<sup>4</sup>, D. Broggio<sup>2</sup>, E. Durand<sup>3</sup>, P. Caldeira Ideias<sup>5</sup>, M.A. Castilla Lievre<sup>3</sup>, D. Franck<sup>6</sup>.

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

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

<sup>3</sup>Hôpitaux Universitaire Paris-Sud, Paris, France,

<sup>4</sup>Institut Universitaire du Cancer Toulouse - Oncopole, Toulouse, France,

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

<sup>6</sup>IRSN, 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

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

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



Si on dépasse la dose recommandée

**Irradiation** plus importante des  
**organes sains**

# Formalisme du MIRD

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

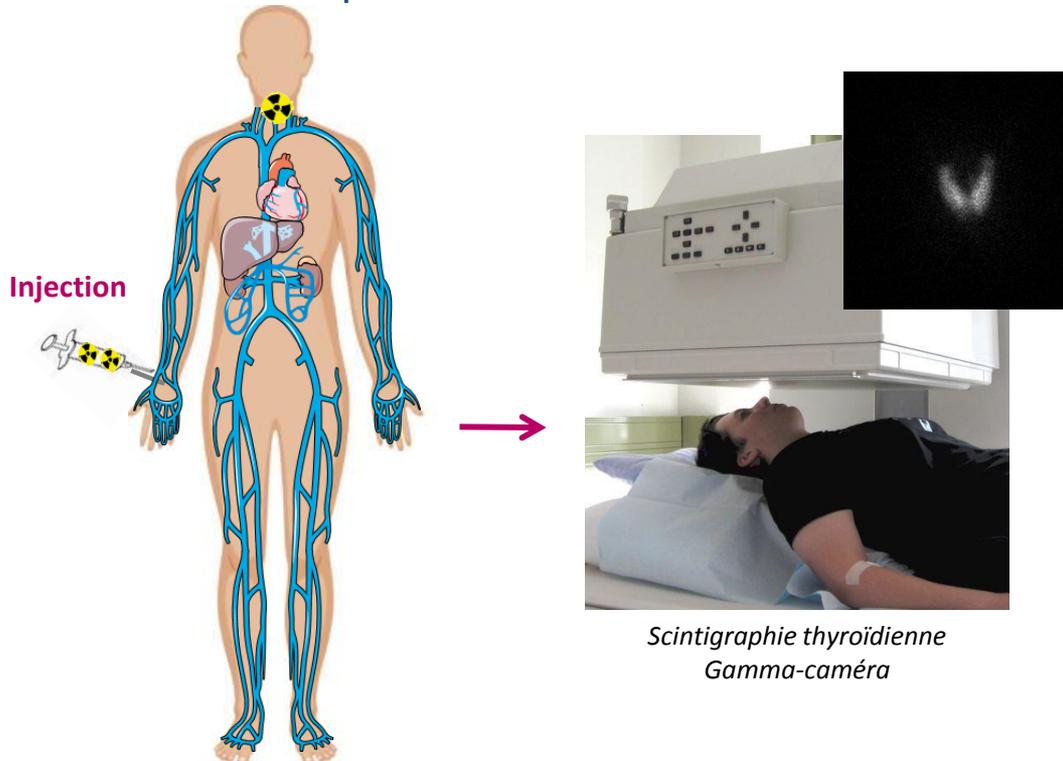
**Activité cumulée**  
*Données physiques et biologiques*

**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'<sup>131</sup>I ou à l'<sup>123</sup>I.



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** ?

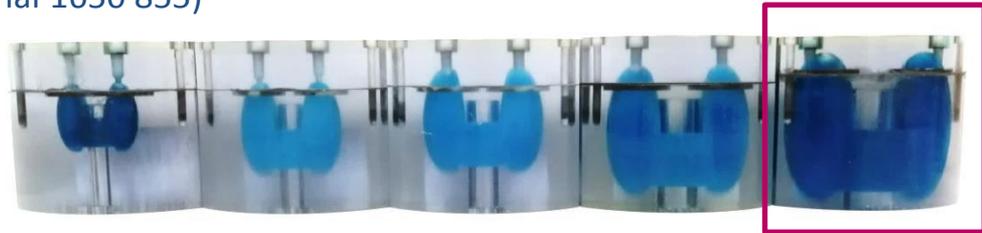
# ÉTUDE $\gamma$ -CAMÉRAS

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

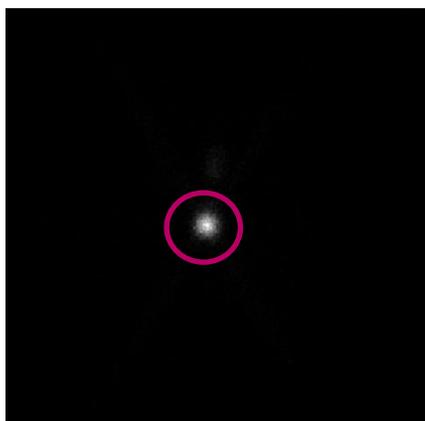


Hôpitaux  
universitaires  
**Paris-Sud**  
Antoine-Bécère Bicêtre Paul-Brousse

# PROTOCOLE DE ROUTINE (1/2)

## Sensibilité - coefficient d'étalonnage (routine) :

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



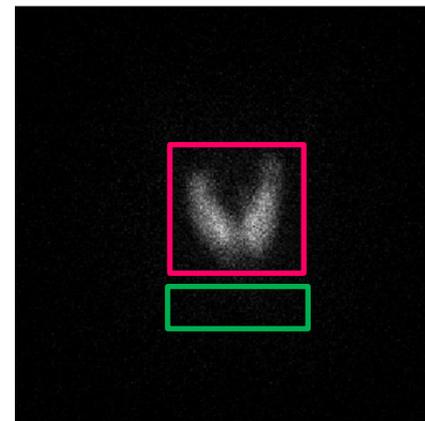
$$S \equiv \frac{\text{Nombre d'évènements détectés}}{\text{Activité (MBq) x temps d'acquisition (s)}}$$

### LA RÉFÉRENCE

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

## Mesure patient (protocole routine) :

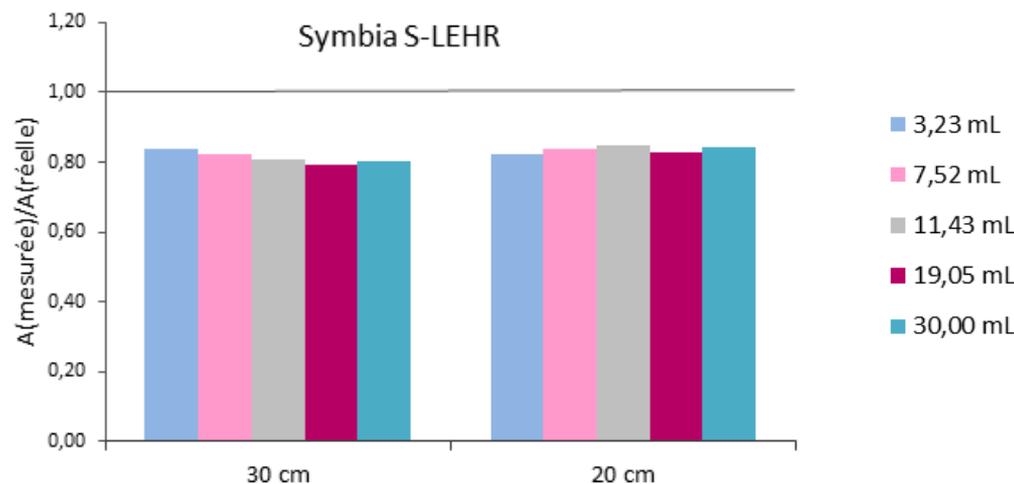
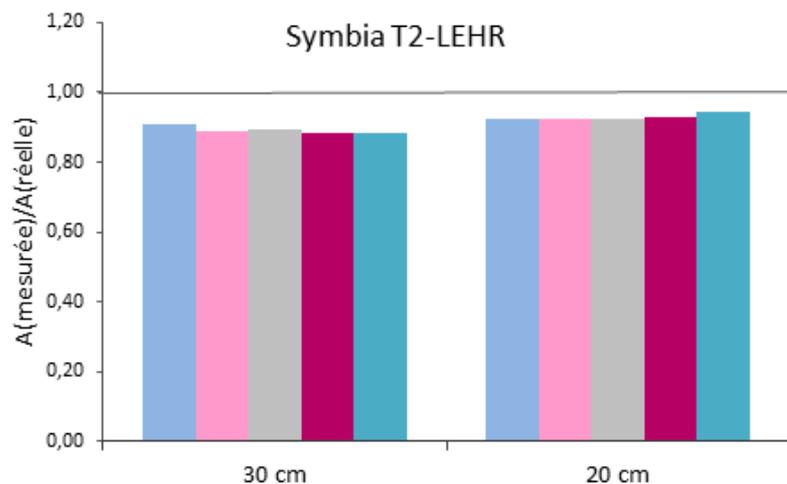
- Acquisition planaire au plus près du patient
- ROI autour de la thyroïde → nombre d'évènements
- ROI sous la thyroïde → Déduction du bruit de fond



➤ 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

### ➤ <sup>123</sup>I

- ~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 planaire originale

Paramètres d'affichage automatiques

Ajustement du niveau de gris → Diffusé

Seuillage à 15 %

Image binaire résultante

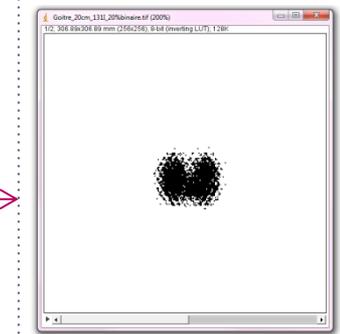


Image planaire seuillée à 15 %

Paramètres d'affichage automatiques

Ajustement du niveau de gris → Diffusé

Détermination de la sensibilité

**S en cps/MBq**

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

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

x



Procédure automatisée sous



# ÉTUDE SYSTÉMATIQUE (3/4)

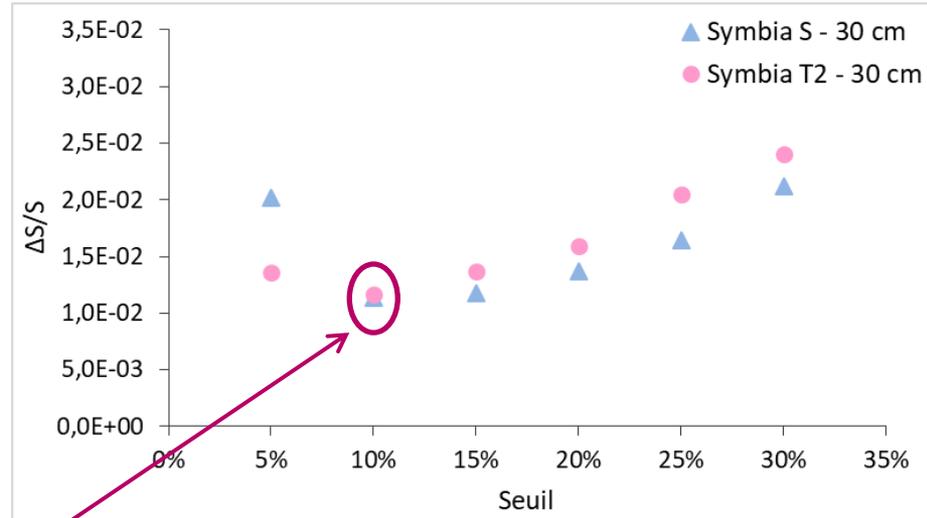
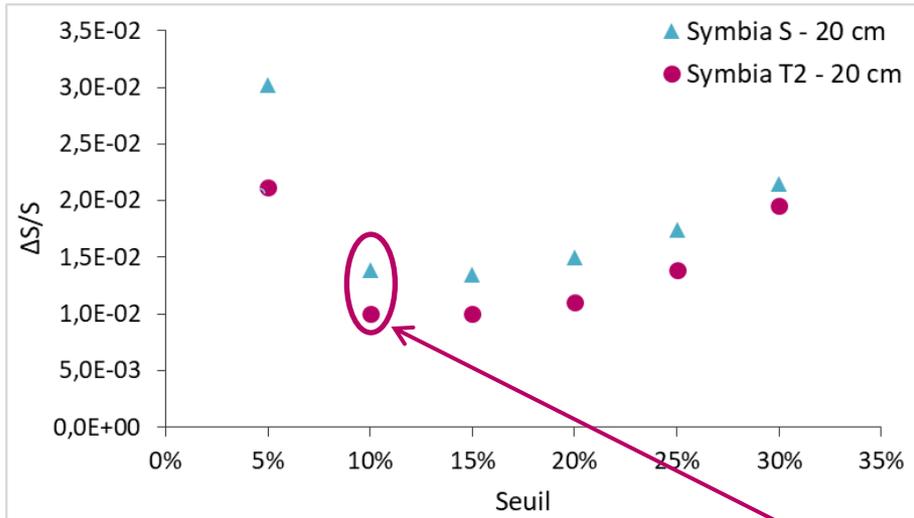
## Résultats

Sensibilité calculée pour toutes les acquisitions :

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



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



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

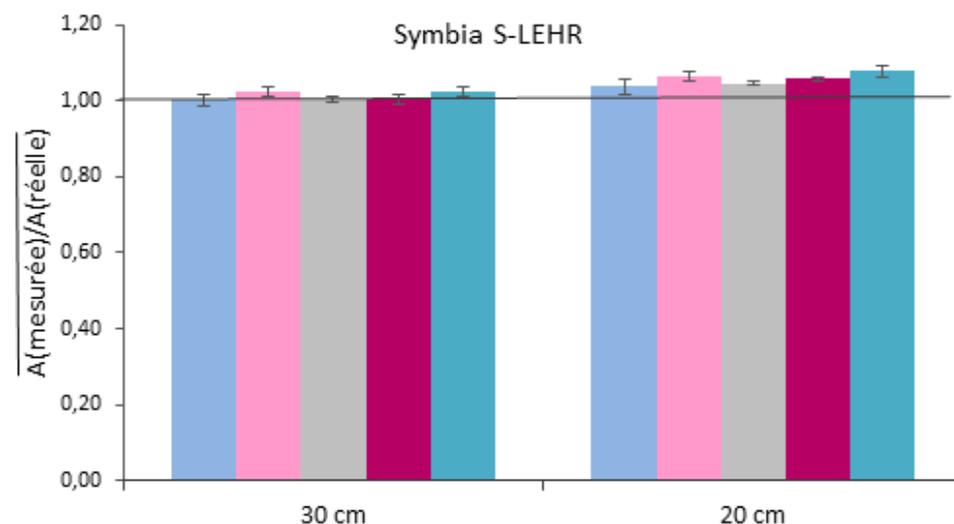
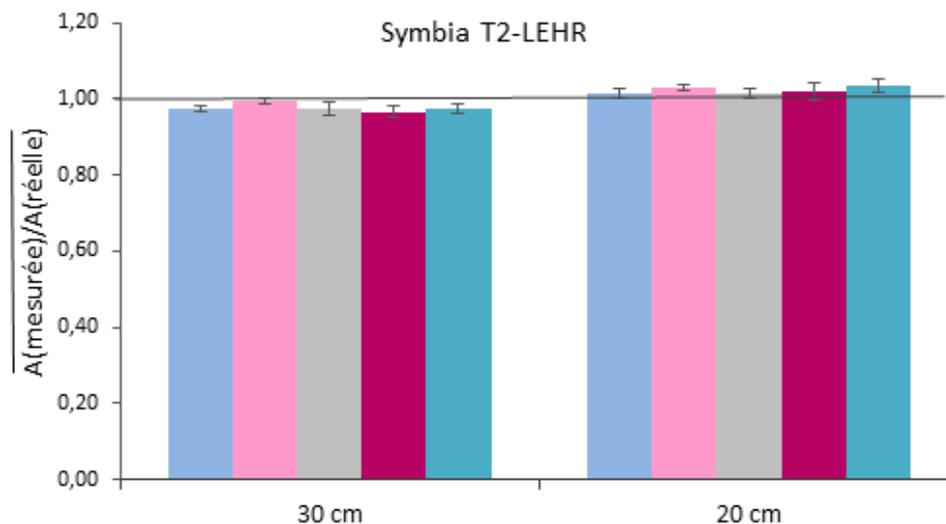
Seuil optimal 10 %

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 <sup>123I</sup>

### 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 <sup>131I</sup>

- Répéter le protocole de mesure avec des fantômes remplis d'<sup>131I</sup>
- Valider la méthode de seuillage pour <sup>131I</sup>

# CONCLUSION & PERSPECTIVES

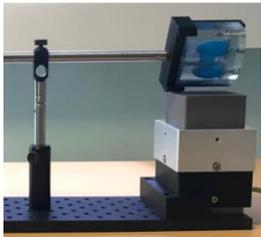
## Perspectives

### 3 – Fantôme d'étalonnage pathologique

- Simule les pathologies multi-nodulaires
- Améliorer la quantification en cas d'hétérogénéité de fixation  
→ 1<sup>er</sup> fantômes ont été imprimés

- Mesures en collaboration avec:

#### <sup>131</sup>I – γ-caméra haute résolution (MOTI)

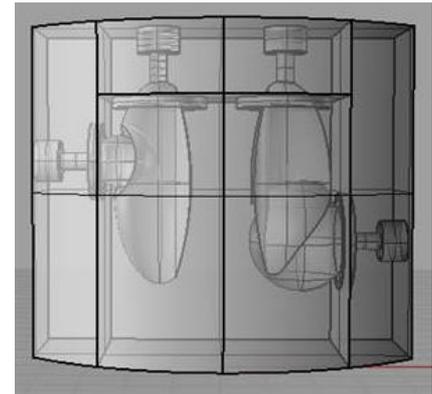


#### <sup>131</sup>I - γ-caméras (routine)



INSTITUT UNIVERSITAIRE  
DU CANCER DE TOULOUSE  
Oncopole

#### <sup>123</sup>I - γ-caméras (routine)



### 4 – Intercomparaison mesure de fixation thyroïdienne

- Fantôme FANTHY – <sup>99m</sup>Tc puis <sup>123</sup>I
- 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](mailto:tiffany.beaumont@irsn.fr)

