

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

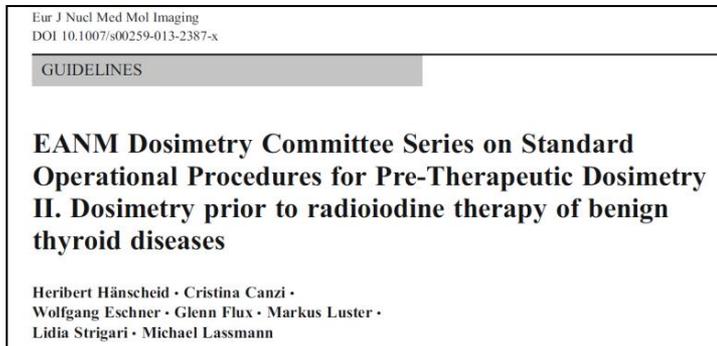
# TRAITEMENT DES PATHOLOGIES BÉNIGNES DE LA THYROÏDE

## 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



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

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

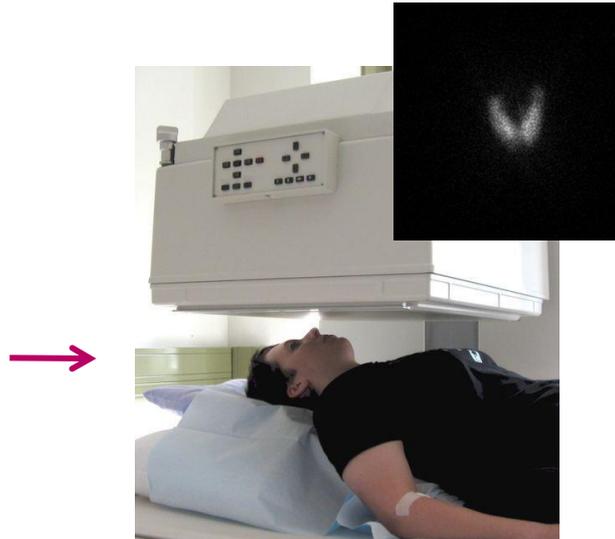
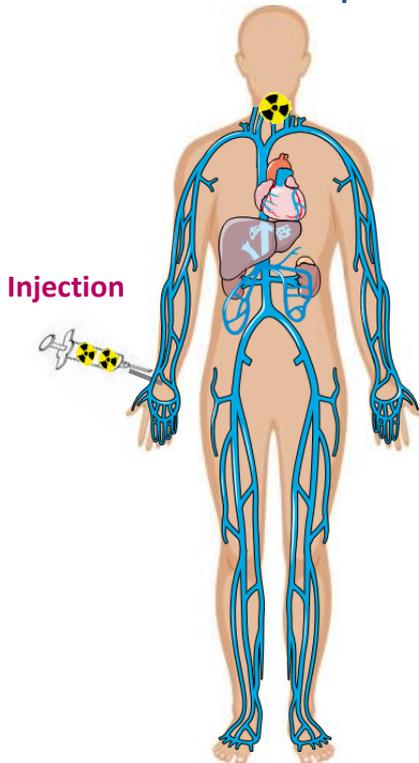
**Activité cumulée**  
*Données physiques et biologiques*

**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'<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** ?

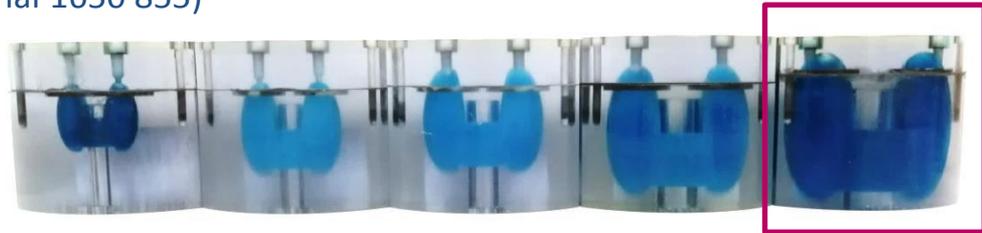
# ÉTUDE $\gamma$ -CAMÉRAS

**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

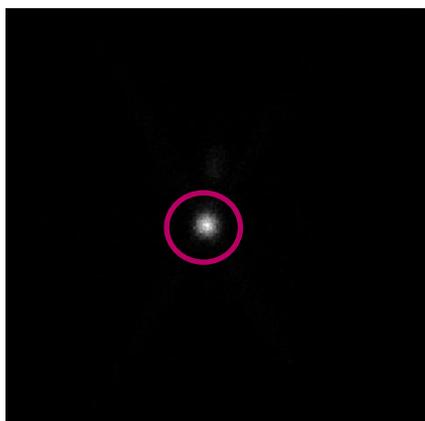


Hôpitaux  
universitaires  
**Paris-Sud**  
Antoine-Bécère Bicêtre Paul-Brousse

# PROTOCOLE DE ROUTINE (1/2)

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

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



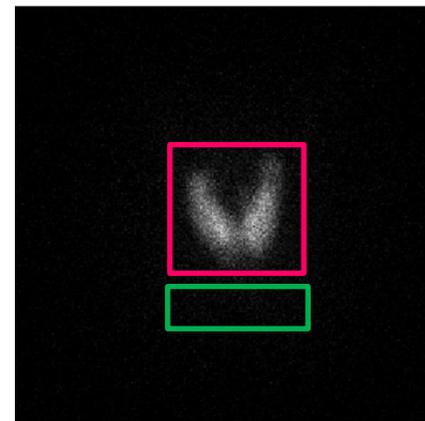
$$S \equiv \frac{\text{Nombre d'évènements détectés}}{\text{Activité (MBq) x temps d'acquisition (s)}}$$

### LA RÉFÉRENCE

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

## Mesure patient (protocole routine) :

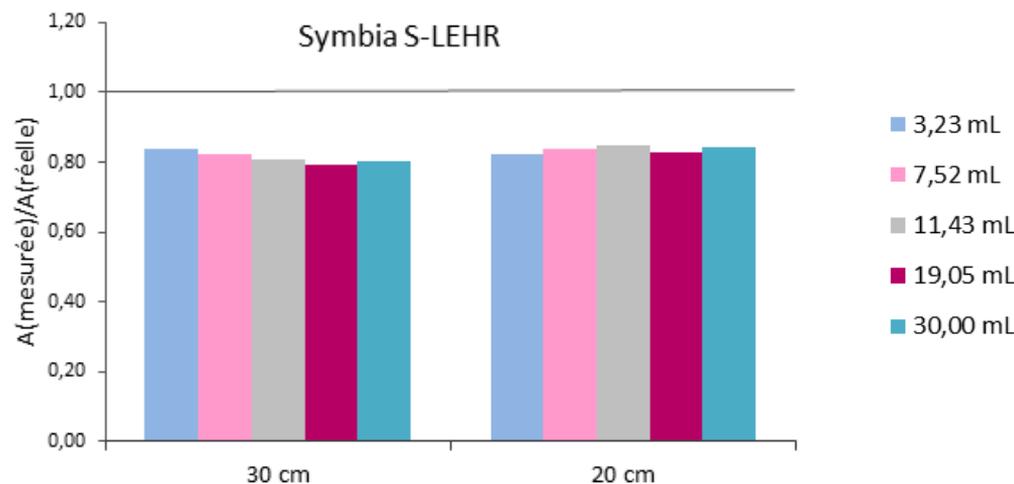
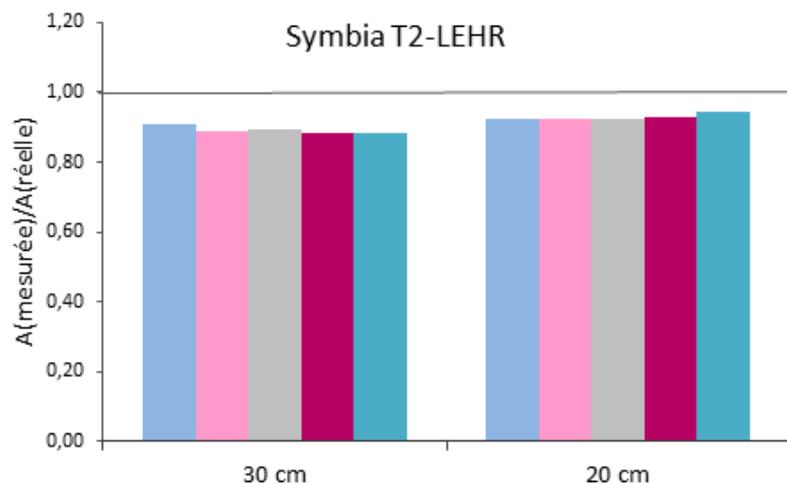
- Acquisition planaire au plus près du patient
- ROI autour de la thyroïde → nombre d'évènements
- ROI sous la thyroïde → Déduction du bruit de fond



➤ 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

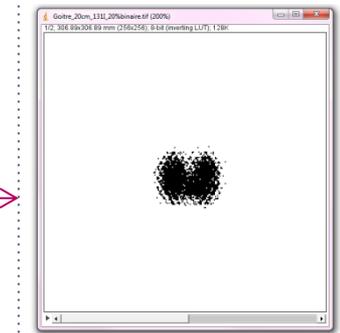
## Image planeaire originale

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)

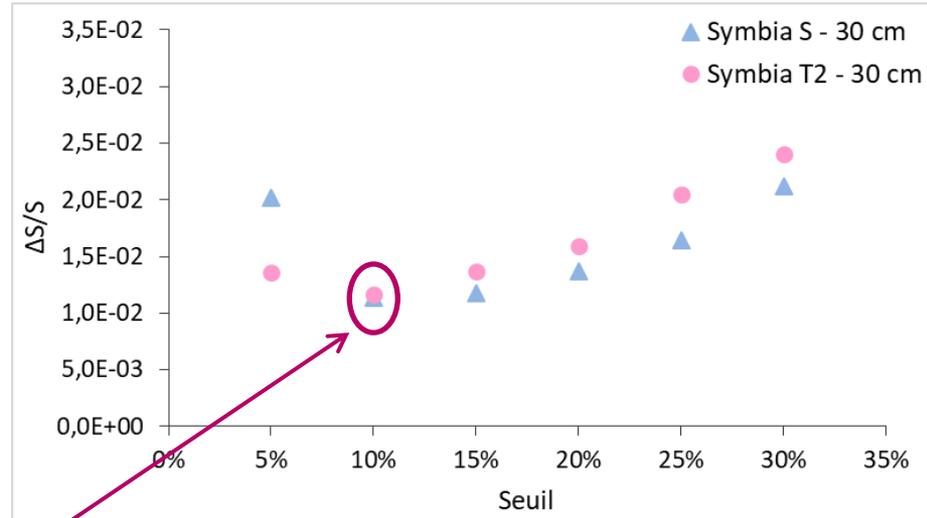
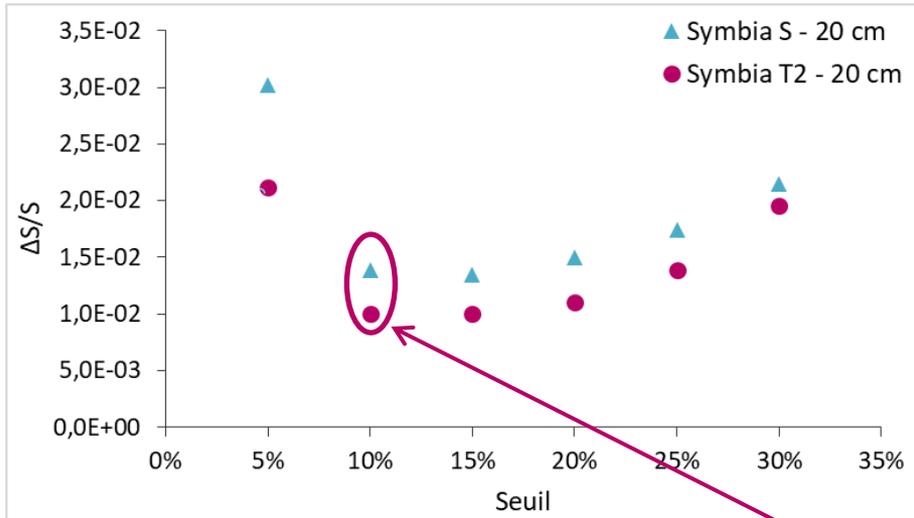
## Résultats

Sensibilité calculée pour toutes les acquisitions :

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



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



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

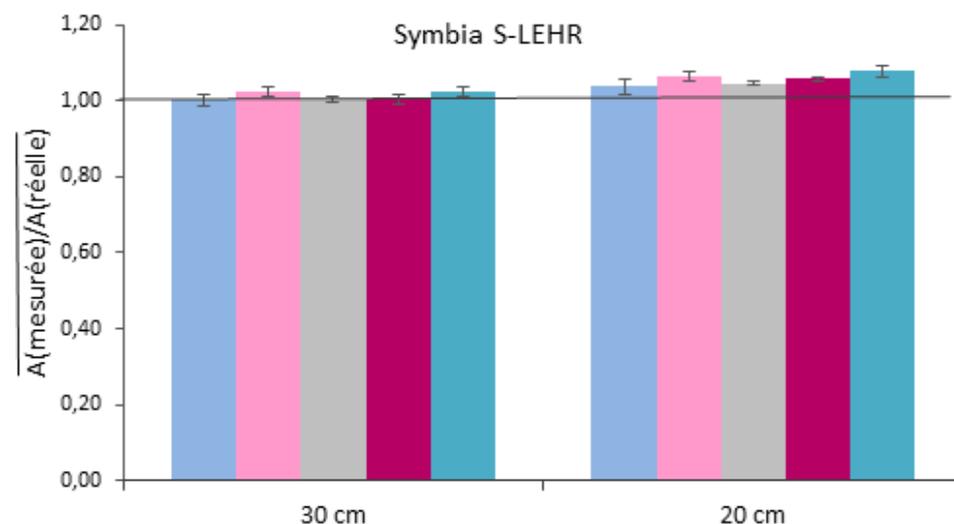
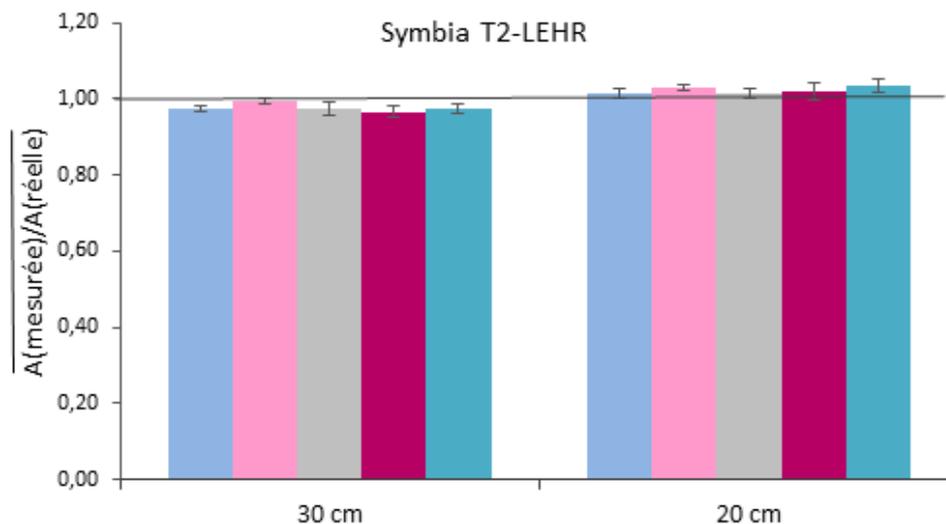
Seuil optimal 10 %

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

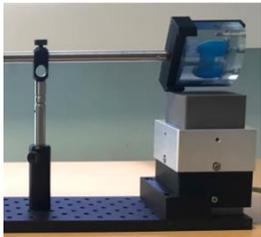
## Perspectives

### 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)

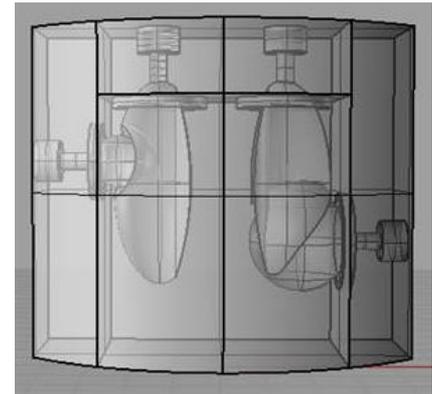


#### <sup>131</sup>I - γ-caméras (routine)



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)

