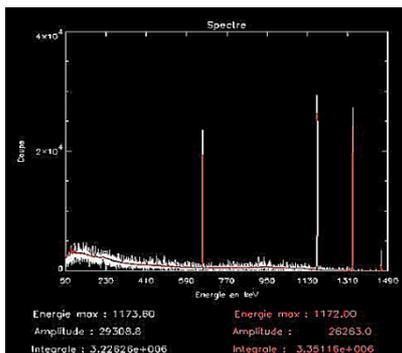


Laboratoire d'Evaluation de la Dose Interne

Utilisation de fantômes de type NURBS pour l'étude
des facteurs morphologiques influant sur
l'anthroporadiamétrie pulmonaire

Contamination interne accidentelle

■ Les mesures anthroporadiométriques

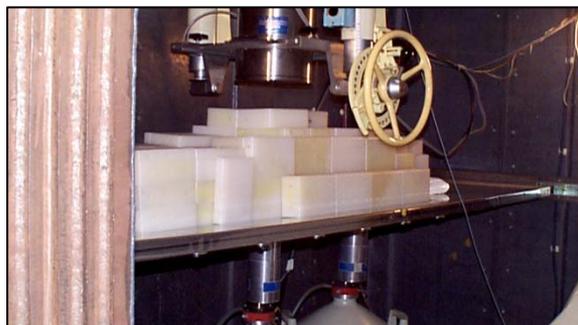


- Identification des radionucléides incorporés
- Estimation de l'activité dans l'organisme

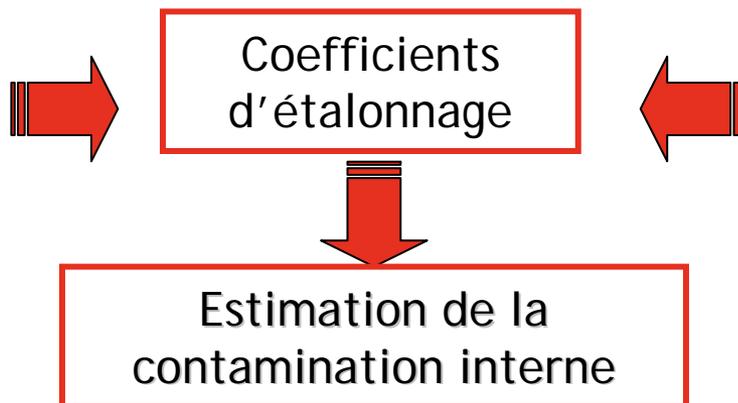


Mesure anthropo pulmonaire

■ Etalonnage en utilisant des mannequins physiques



Le fantôme IGOR
Etalonnage Haute Energie



Le fantôme du Livermore
Etalonnage pulmonaire

Limitations de ces fantômes

Représentativité peu réaliste de l'anatomie humaine :

- ✓ **Caractéristiques de géométrie :**
Morphologie, composition chimique et densité des tissus...
- ✓ **Nature et répartition de l'activité :**
Organes chargés, rétention uniforme et homogène...
- ✓ **Géométrie fixe :**
Représentative d'une seule personne

Problématique féminine

Absence de fantôme physique pour l'étalonnage

Comment résoudre ces problèmes ?



Utilisation des fantômes numériques pour l'étalonnage

- Les modèles numériques existants

- Etude de l'effet de la morphologie sur l'efficacité de comptage
 - Effet de l'épaisseur extra-thoracique
 - Effet du volume des organes internes

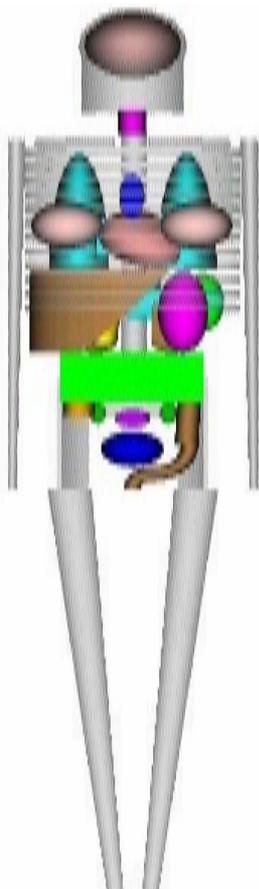
- Développement d'une librairie de fantômes féminins

■ Les modèles numériques existants

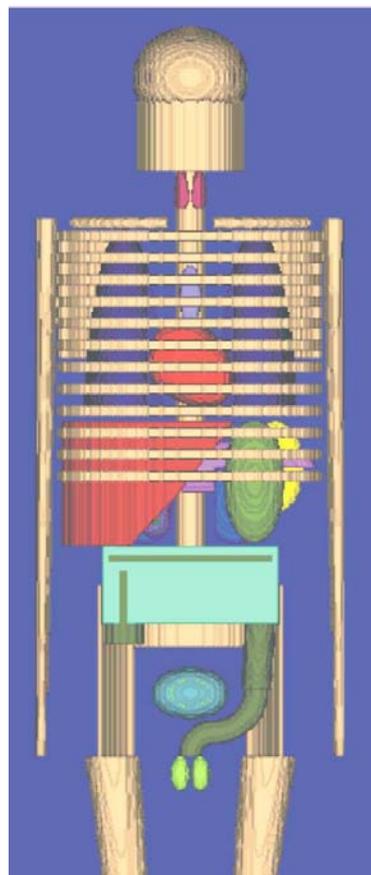
- Etude de l'effet de la morphologie sur l'efficacité de comptage
 - Effet de l'épaisseur extra-thoracique
 - Effet du volume des organes internes

- Développement d'une librairie de fantômes féminins

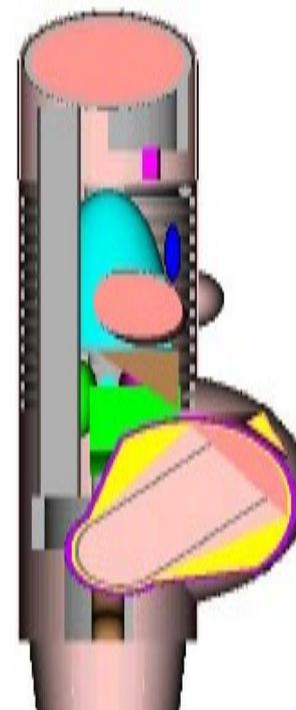
Les fantômes mathématiques



VIP-man



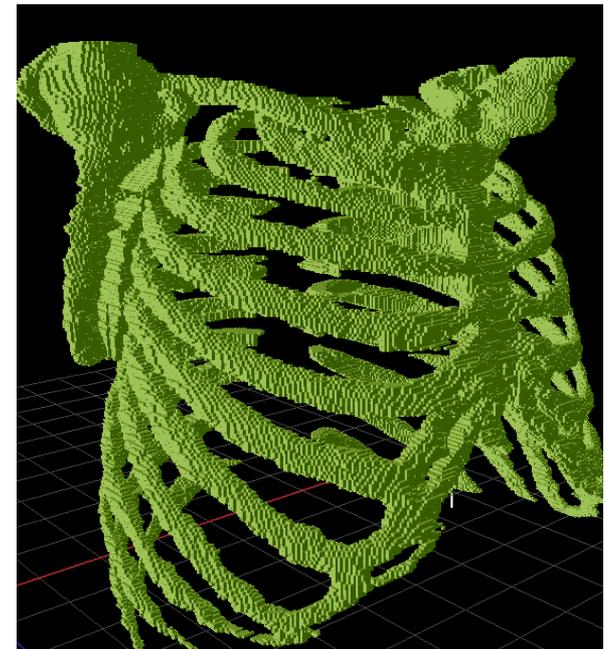
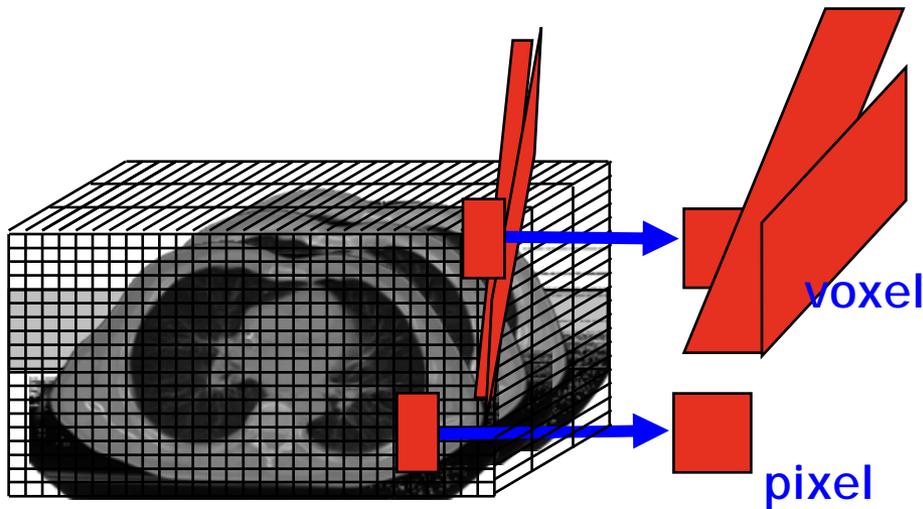
Adam



Femme enceinte

Les fantômes voxelisés

Utilisation des images médicales de patient (CT scan / IRM) pour la création de fantômes personnalisés



Grand réalisme anatomique

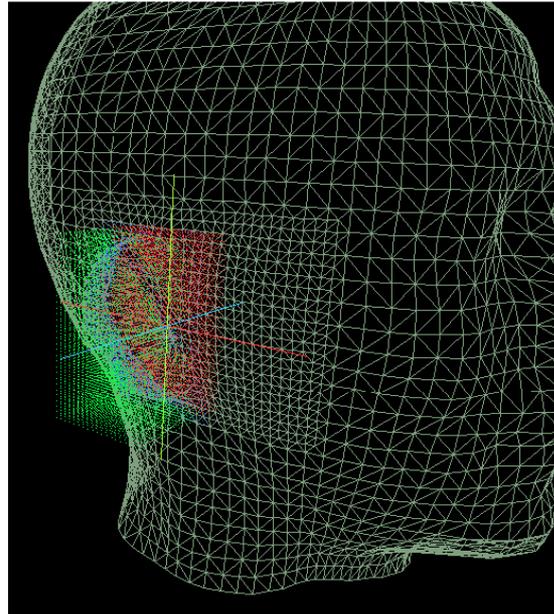
Les formats Mesh et NURBS



Voxels :

Pixels 3D

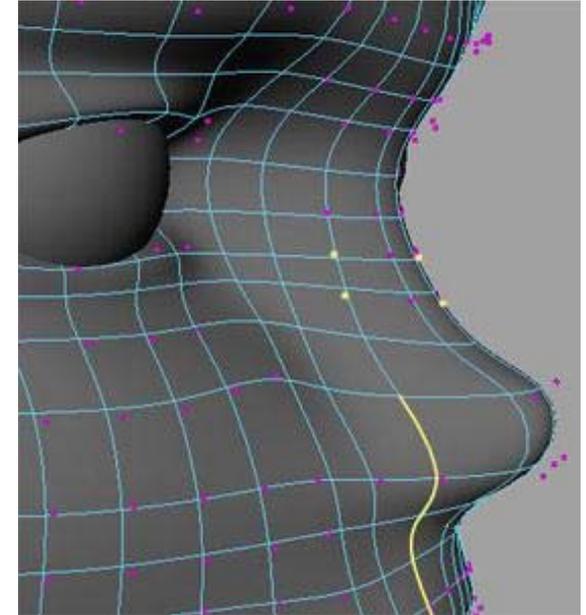
Réalisme anatomique



Mesh :

Triangulations

Reproduction des formes complexes



NURBS :

Splines

Reproduction des formes lisses

Remplacement des grilles de voxels par des structures flexibles

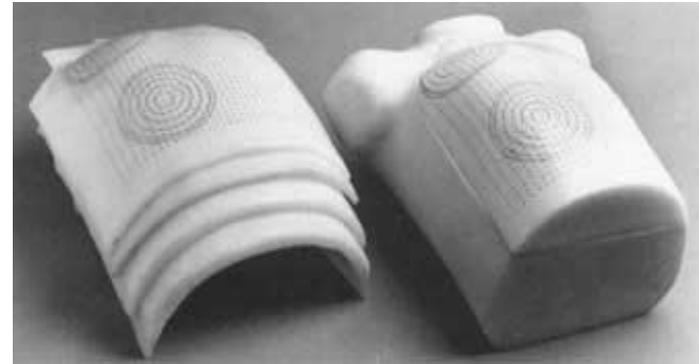
- Les modèles numériques existants

- Etude de l'effet de la morphologie sur l'efficacité de comptage
 - Effet de l'épaisseur extra-thoracique
 - Effet du volume des organes internes

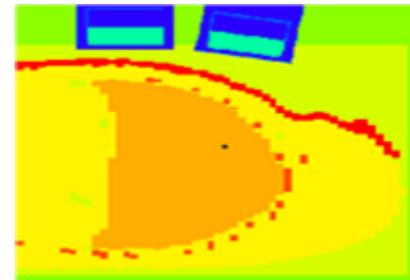
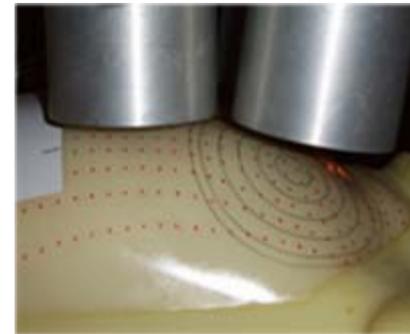
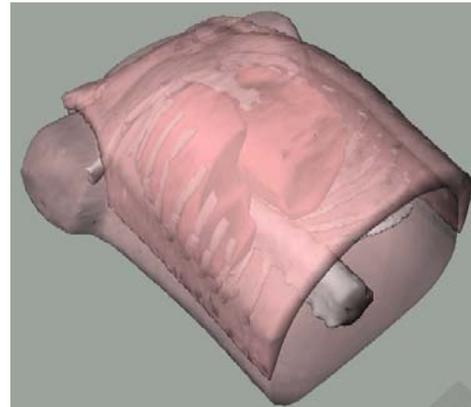
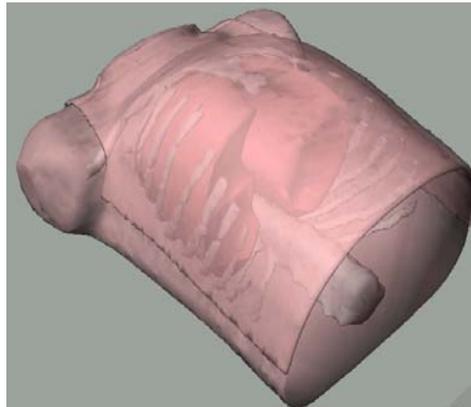
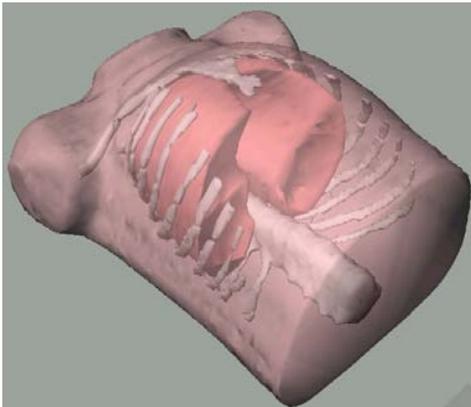
- Développement d'une librairie de fantômes féminins

1) Effet de l'épaisseur extra-thoracique

Livermore : Mannequin thoracique masculin avec différentes plaques simulant différentes épaisseurs extrathoraciques

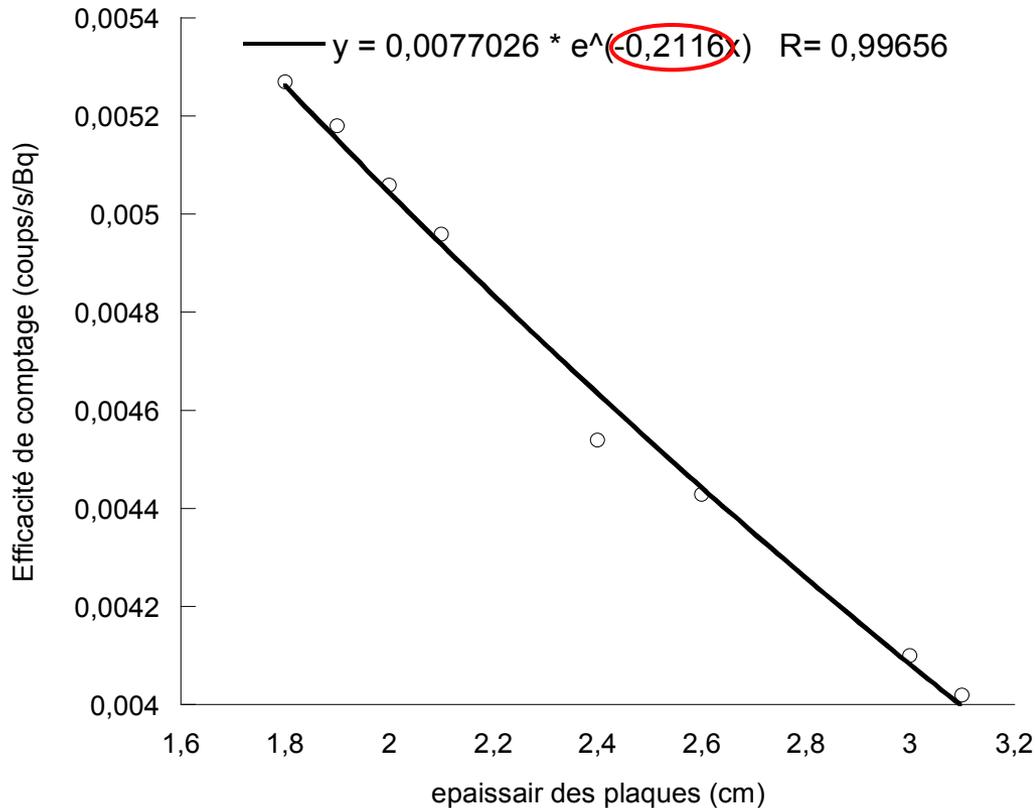


Capacité des modèles numériques à reproduire ces formes ?!



Segmentation des images CT Simulation MC des mesures

Simulations MCNPX pour une source d'Am-241 dans les poumons



	Epaisseur [cm]	Efficacité [cps/Bq*s]
Plaque 1	3,1	0,00400
Plaque 2	3	0,00408
Plaque 3	2,6	0,00441
Plaque 4	2,4	0,00460
Plaque 5	2,1	0,00497
Plaque 6	2	0,00507
Plaque 7	1,9	0,00519
Plaque 8	1,8	0,00523

μ obtenu pour les plaques simulées avec fit exponentiel: 0,212 cm⁻¹

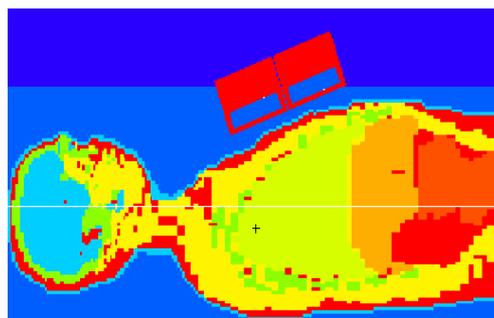
μ ICRU pour Plaque utilisée: 0,2 cm⁻¹ (plaque 50% graisse - 50% muscle)

2) Effet du volume des organes internes

Variation du poids, de la taille, de la musculature, du IMC... quel effet ?

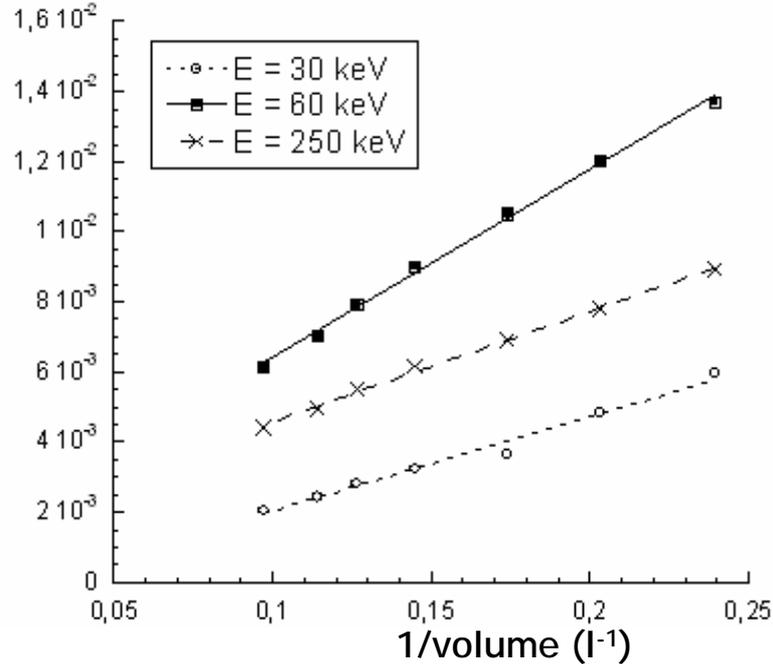
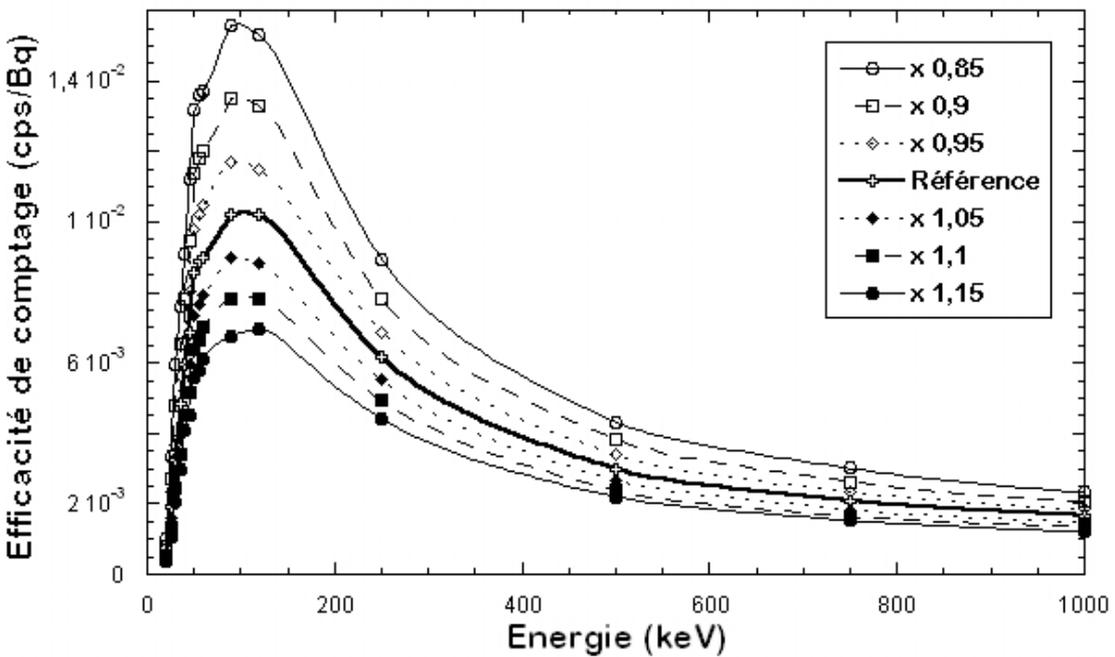
Méthode :

Utilisation des images CT d'un patient, dilatation 3D du thorax (variations des volumes internes $\pm 15\%$ à $\pm 50\%$)
Création de 7 tours de thorax différents



Simulations MCNPX : source Am-241 (poumons) + détecteurs Germanium

Variation du volume pulmonaire = modification de la concentration d'activité dans les poumons = variation de l'efficacité de comptage



L'efficacité varie linéairement avec l'inverse du volume pulmonaire.
Effet prépondérant par rapport à celui de l'épaisseur extra-thoracique

- Les modèles numériques existants

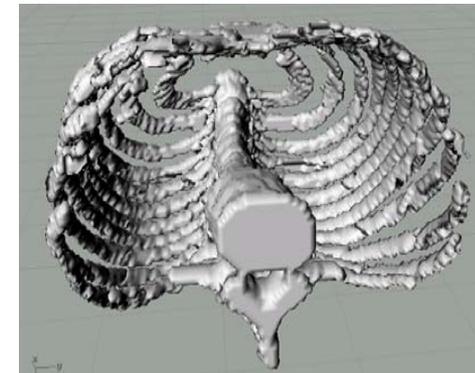
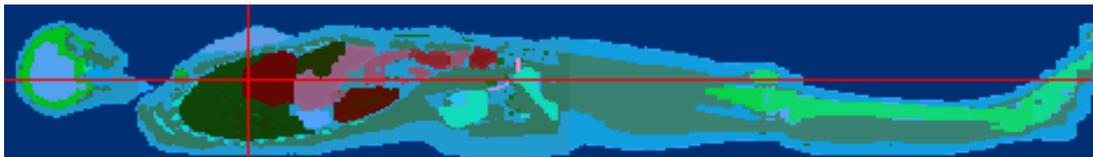
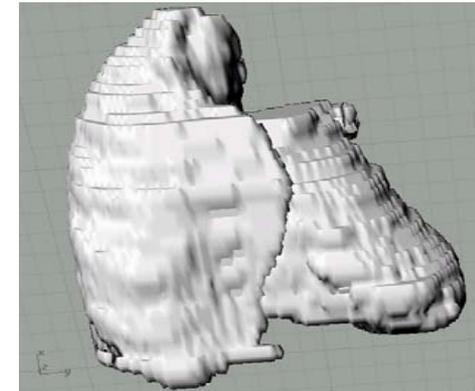
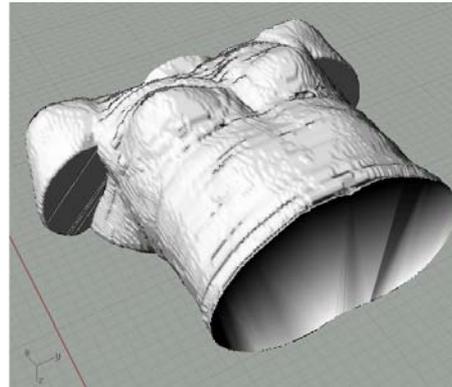
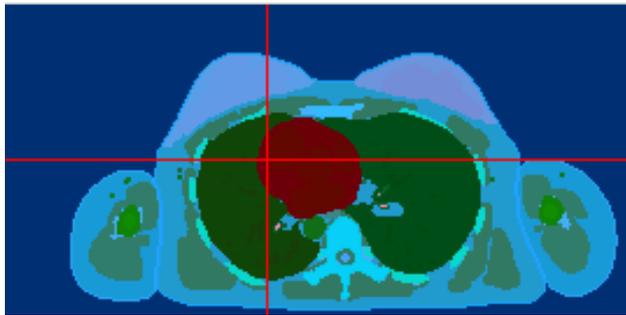
- Etude de l'effet de la morphologie sur l'efficacité de comptage
 - Effet de l'épaisseur extra-thoracique
 - Effet du volume des organes internes

- Développement d'une librairie de fantômes féminins

Problématique : pas de mannequin physique féminin utilisé pour l'étalonnage

Objectif : création de modèles réalistes en faisant varier le tour de poitrine, le bonnet et le volume des organes internes

Etape 1: création d'un model déformable à partir du fantôme CIPR AF-RCP

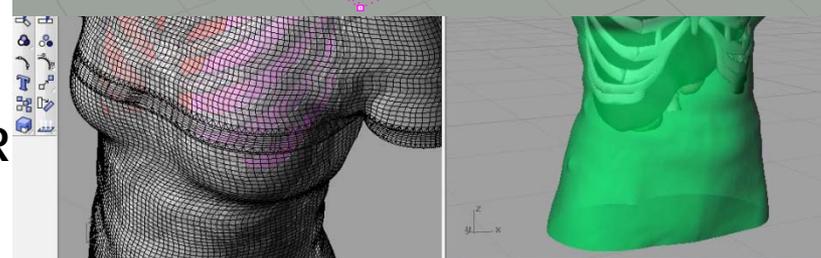
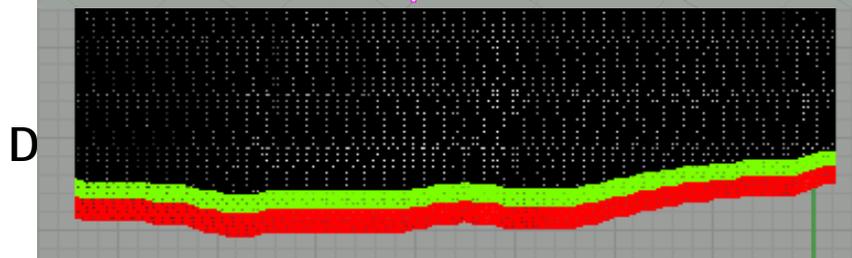
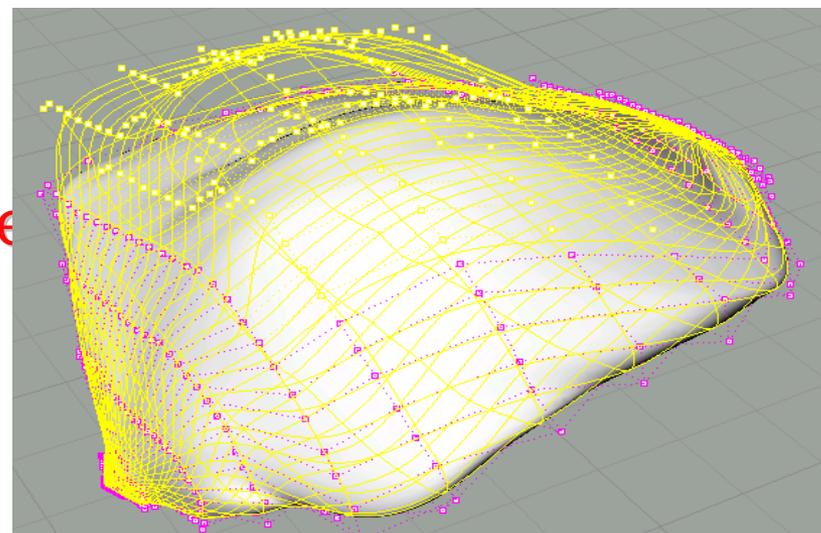
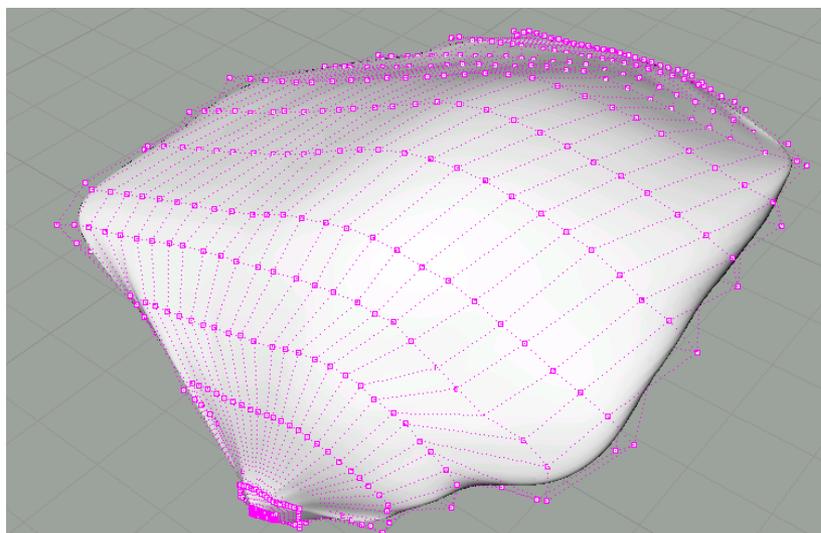


Limitation au thorax et aux organes influant le comptage

Etape 2: Variation de la morphologie

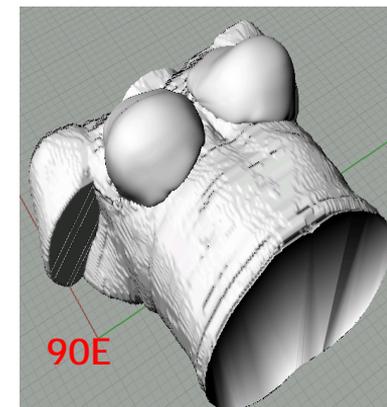
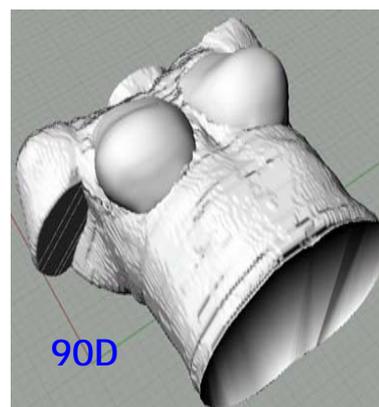
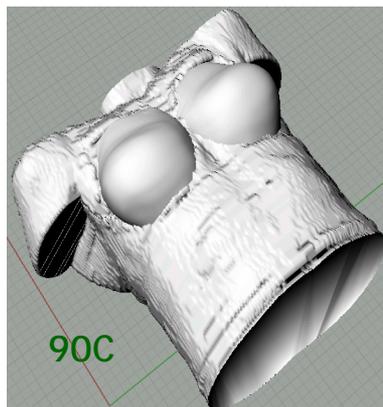
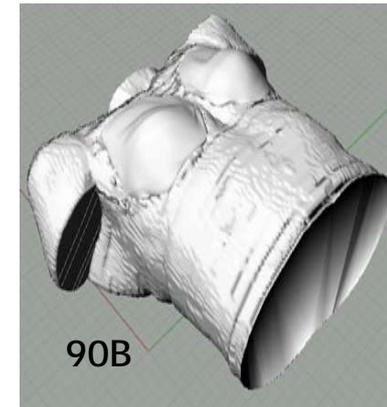
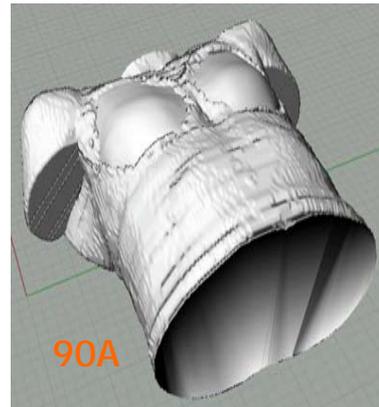
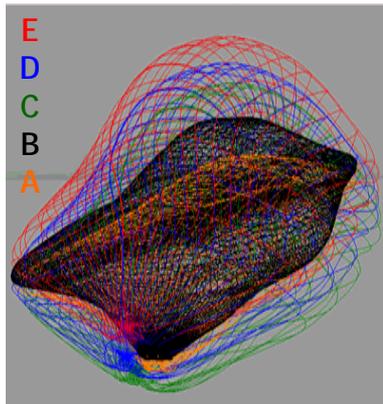


Variation du bonnet



Opérations automatiques/manuelles sur les surfaces Mesh et NURBS

Résultat : création d'une librairie de 24 modèles thoraciques féminins avec différentes poitrines (A - E), tours (85 - 120) et organes internes.

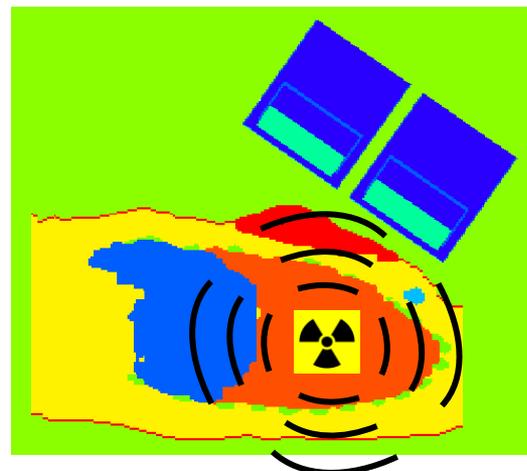


Simulation Monte Carlo code MCNPX : OEDIPE + définition de la source + positionnement des détecteurs

OEDIPE
Outil d'Evaluation de la Dose Interne PErsonnalisée

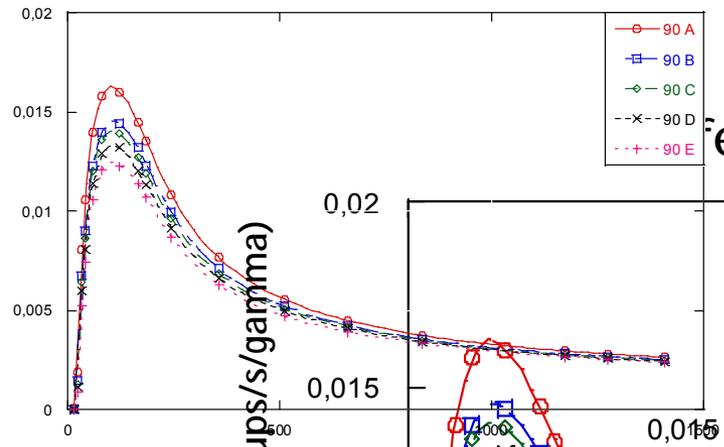


source photons de 15 keV à 1,4 MeV
et détecteurs Germanium AREVA NC
(La Hague)

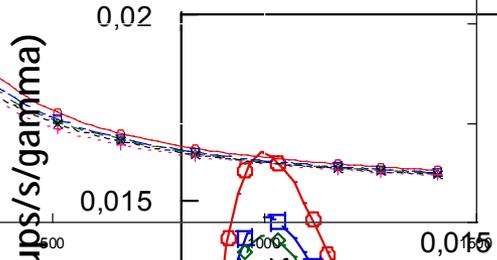


Calculs MCNPX

Résultats

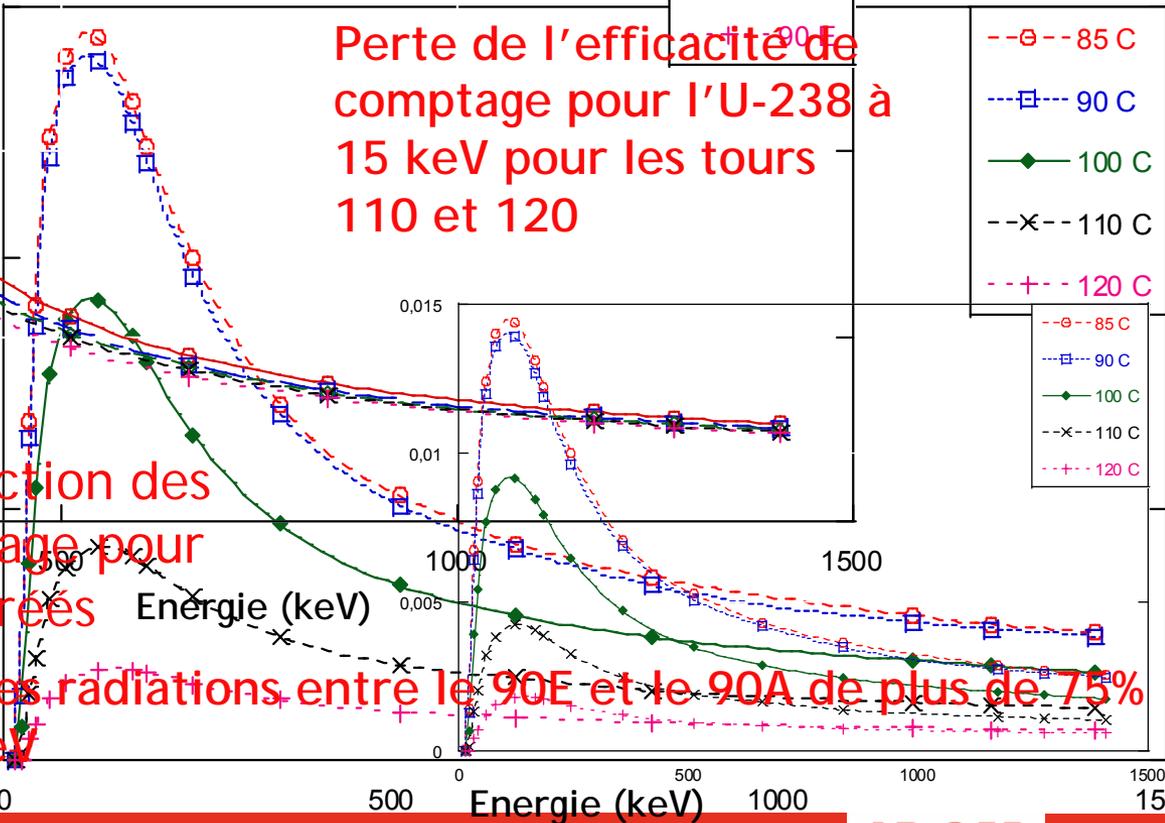


Effet de l'épaisseur de tissu de l'effet de l'épaisseur de tissu et du volume pulmonaire sur l'efficacité de comptage



Effet du volume pulmonaire

Perte de l'efficacité de comptage pour l'U-238 à 15 keV pour les tours 110 et 120



Troublon de la correction des coefficients d'étalonnage pour les 24 fantômes créés

Atténuation supplémentaire des radiations entre le 90E et le 90A de plus de 75% pour la raie de l'U-238 à 15 keV

Perspectives

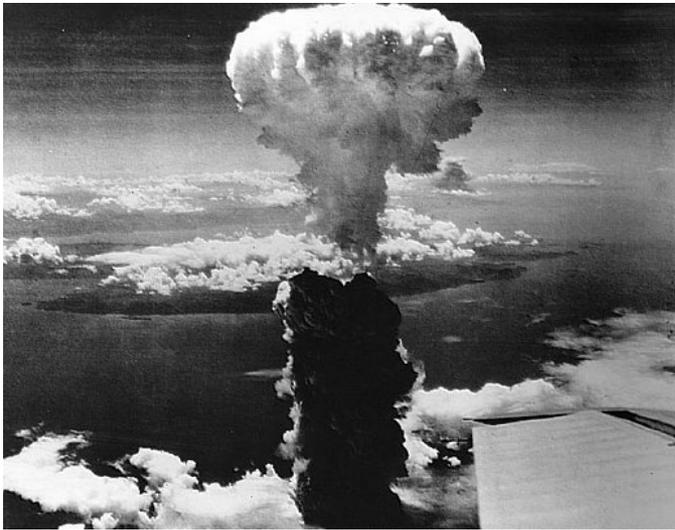
1. Mise en équation variation de l'Efficacité avec la morphologie

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ref}} C_1 e^{-C_2 \mu(E)}$$

Effet du volume chargé

Effet de l'épaisseur du tissu

2. Situation d'urgence



Choix du fantôme équivalent patient ?

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Merci pour votre attention !

Jad.farah@irsn.fr