

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Laboratoire d'Evaluation de la Dose Interne

Développement d'une bibliothèque étendue
de fantômes hommes : méthodes et résultats

Broggio D., Beurrier J., Farah J., Franck D.

- Radioprotection basée sur des calculs réalisés avec des fantômes homme et femme standards
- Calcul Monte Carlo utilise des modèles voxelisés pour représenter l'anatomie humaine complexe



ICRP male

ICRP female



- Comment varient les quantités fondamentales de radioprotection avec la taille et la morphologie ?
- Peut on trouver des équations paramétriques pour une utilisation pratique et systématique ?

Objectif de l'étude :

Développer une bibliothèque de modèles adultes masculins représentant les morphologies et tailles les plus communes

- **Problèmes théoriques à résoudre :**
 - Comment choisir les tailles/morphologies représentatives ?
 - Comment trouver les valeurs cibles pour fixer le volume/masse des organes internes, la proportion de graisse/muscle etc. ?
- **Problèmes techniques à résoudre :**
 - Quels sont les outils et méthodes à utiliser pour développer des modèles humains réalistes ?
 - Comment vérifier que les modèles voxelisés développés correspondent aux valeurs ciblées ?

IRSN

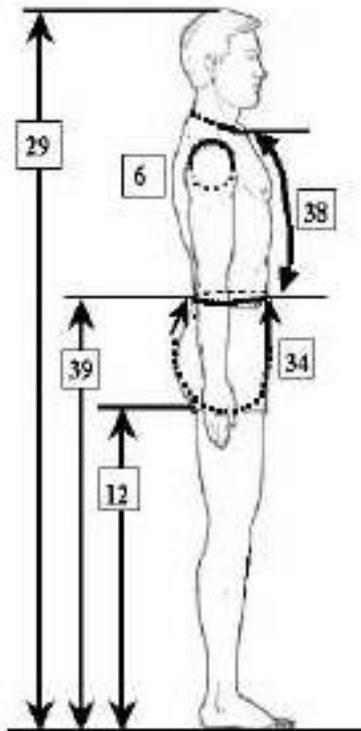
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Aspect théorique :
modèles représentatifs et des organes internes

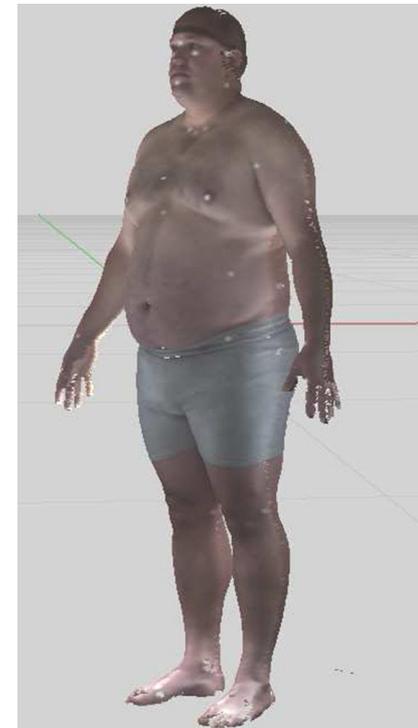
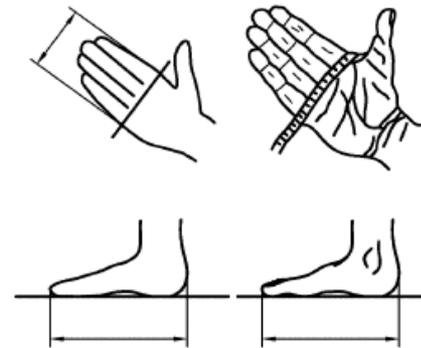
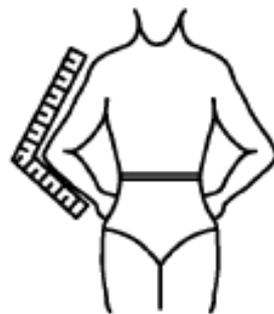
Choix et sélection de tailles représentatives

Utilisation de la base CAESAR de modèles anthropomorphes (Européens)

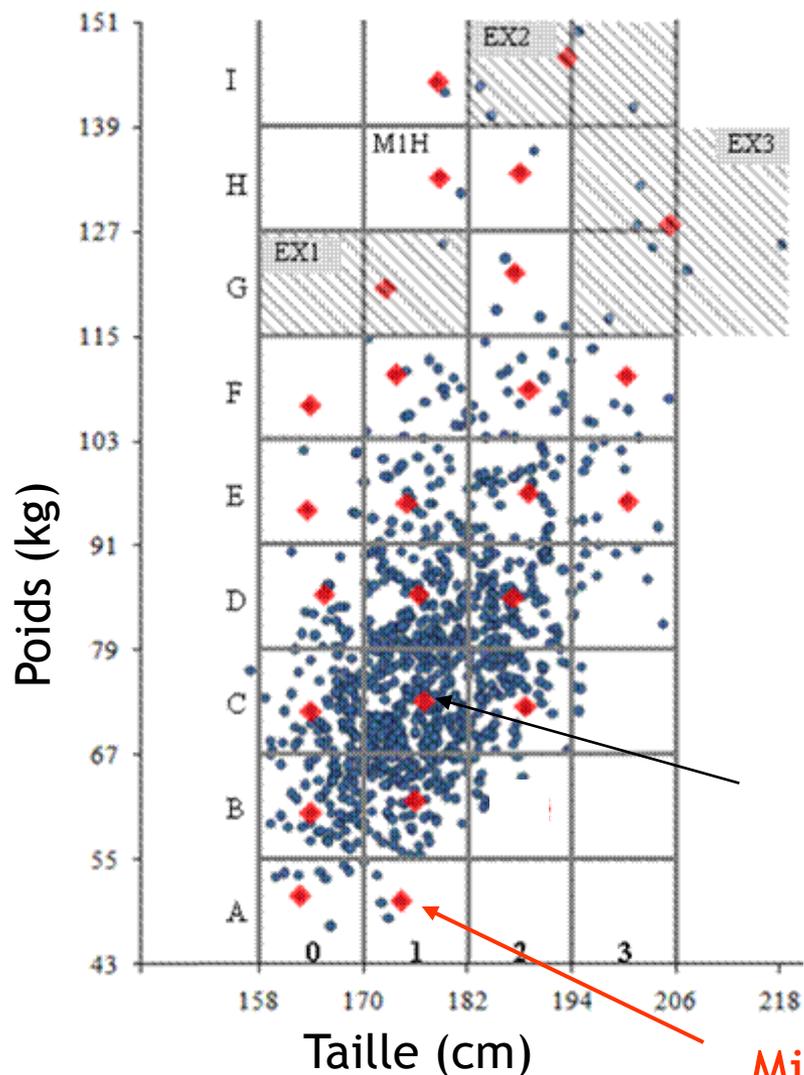
- ~ 1000 modèles 3D (hommes et femmes) réalisés par scan optique
- 45 mesures pour chaque modèle (âge, poids, taille, tour de main etc.)



Désignation et mesures suivant normes AFNOR de l'habillement



Choix et sélection de tailles représentatives



4 classes de taille (intervalle 12 cm)
9 classes de poids (intervalle 12 kg)
Certains individus sont représentatifs de classes T&P plus larges
25 individus au total sélectionnés

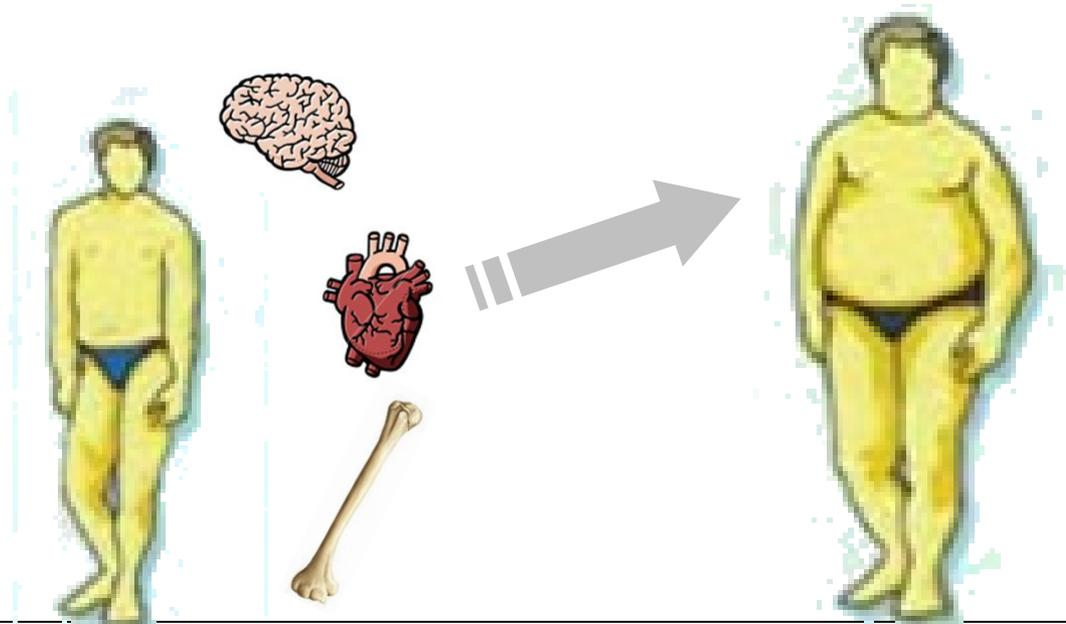
Homme de référence CIPR

● all individuals
◆ selected individuals

Milieu de chaque intervalle

Valeurs cibles pour les organes internes

- Insertion du squelette et des organes dans chacun des 25 modèles CAESER
- Comment adapter le volume/masse des organes en fonction de la taille, du poids et de la morphologie des individus sélectionnés ?



Homme ref. CIPR (176 cm, 73 kg)

Poids des organes bien défini

Autre individu (Taille, poids)

Poids des organes ?

Proportion graisse/muscle ?

Valeurs cibles pour les organes internes

- Etude de la littérature : masse du squelette et des organes internes dépend plus de la taille que du poids
- Le même facteur de mise à l'échelle peut être utilisé pour les organes internes et le squelette

$$\text{Scaling factor} = \frac{\text{Organ Weight}(H)}{\text{Organ Weight}(H_{REF})}$$

Height (cm)	S_H	S_F	S_C	Adopted scaling factor
164	0,84	0,81	0,8 -- 0,95	0,84
176	1	1	1	1
188	1,17	1,24	1,05 -- 1,2	1,2
200	1,36	1,54	1,1 -- 1,4	1,4

Etudes sur la masse des os :

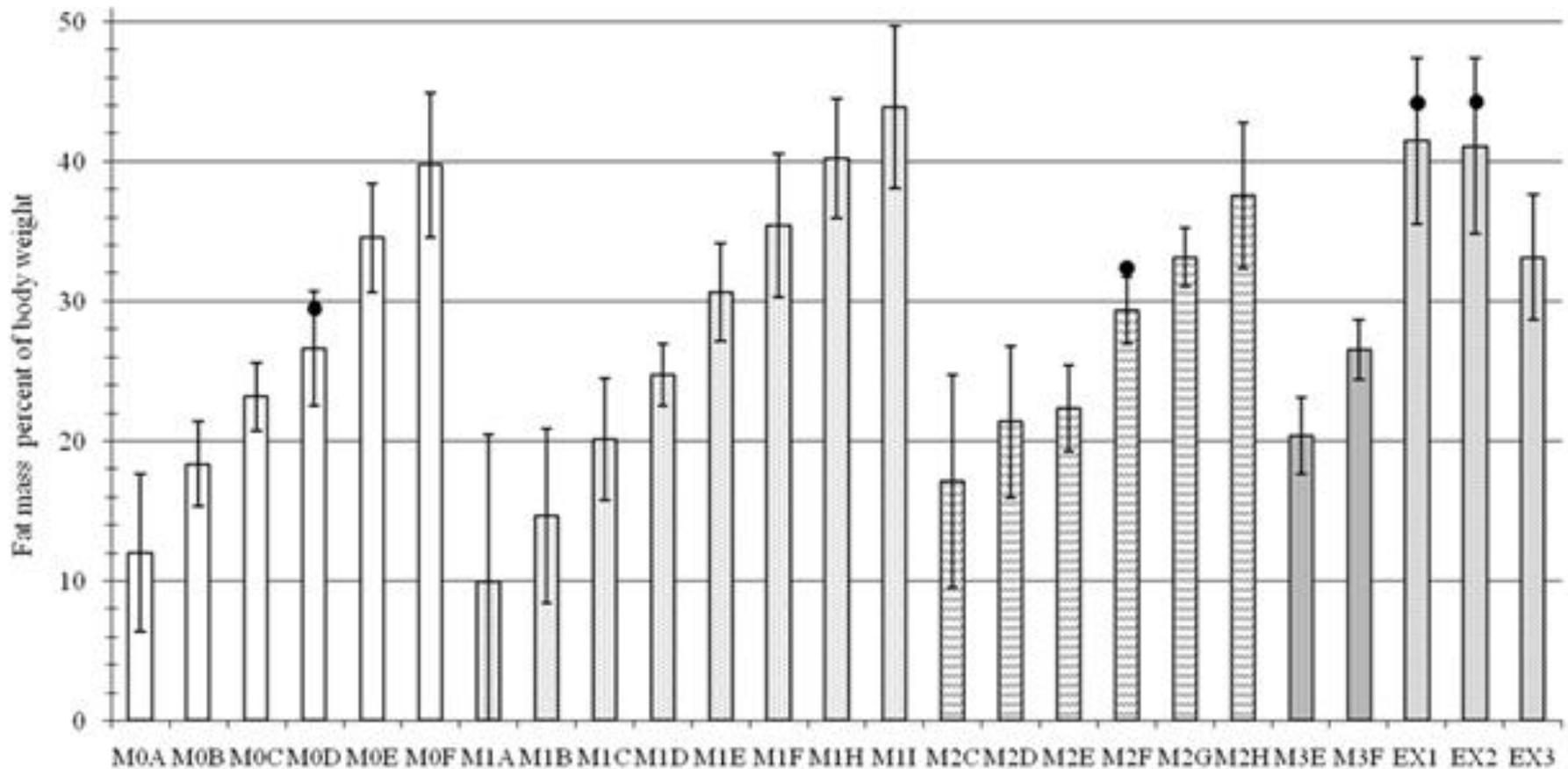
Heymsfield *et al.* *Am. J. Clin. Nutr.*, 86(1), 2007
 Ferretti *et al.* *Bone* 22(6), 1998

Etudes sur la masse de certains organes :

Clairand *et al.* *Phys. Med. Biol.*, 45(10), 2000

Valeurs cibles pour les organes internes

- La proportion de graisse ne dépend pas seulement de la taille !
- Dizaine de formules dans littérature pour calculer le pourcentage de graisse dans le corps en utilisant des mesures anthropomorphes : ici le résultat moyen de 10 formules a été utilisé pour fixer la proportion de graisse dans les 25 modèles



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

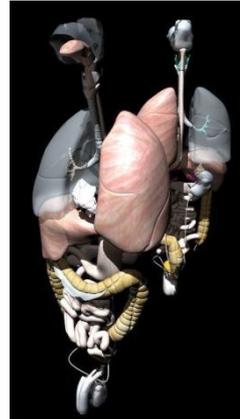
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Aspect technique :

Création des modèles et validation des résultats

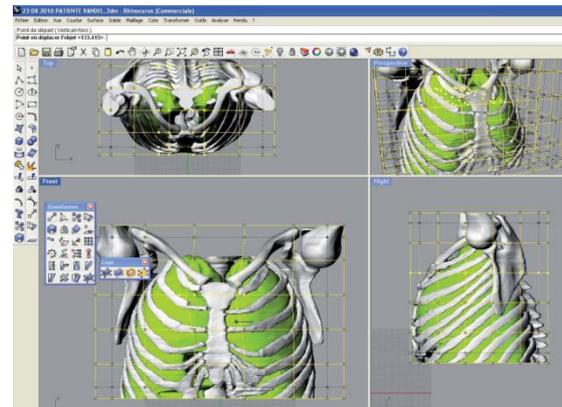
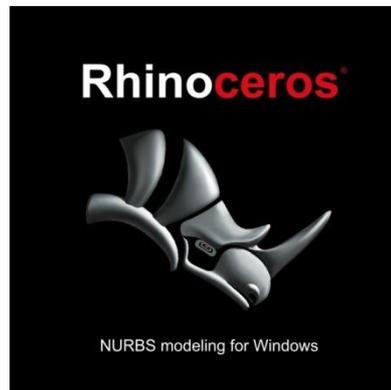
Modélisation 3D, voxelisation et résultats

- Outils disponibles pour la modélisation 3D :
 - Modèles 3D réalistes des organes internes et du squelette



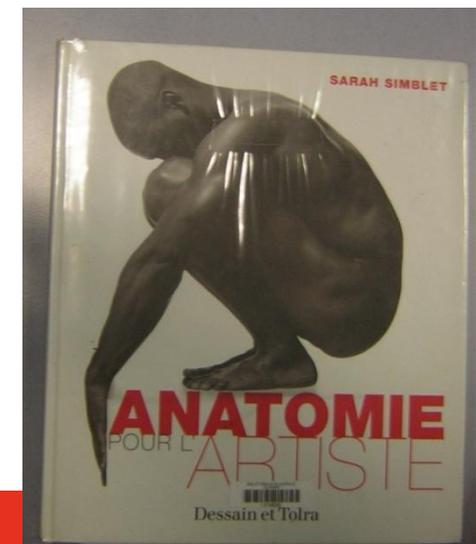
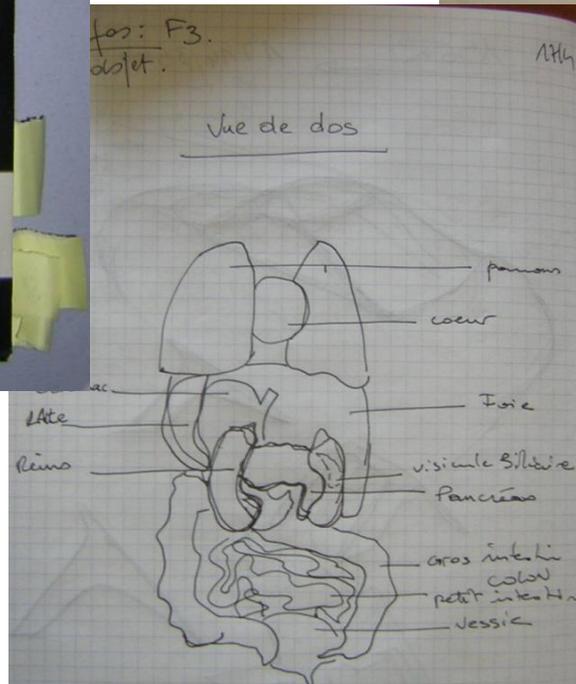
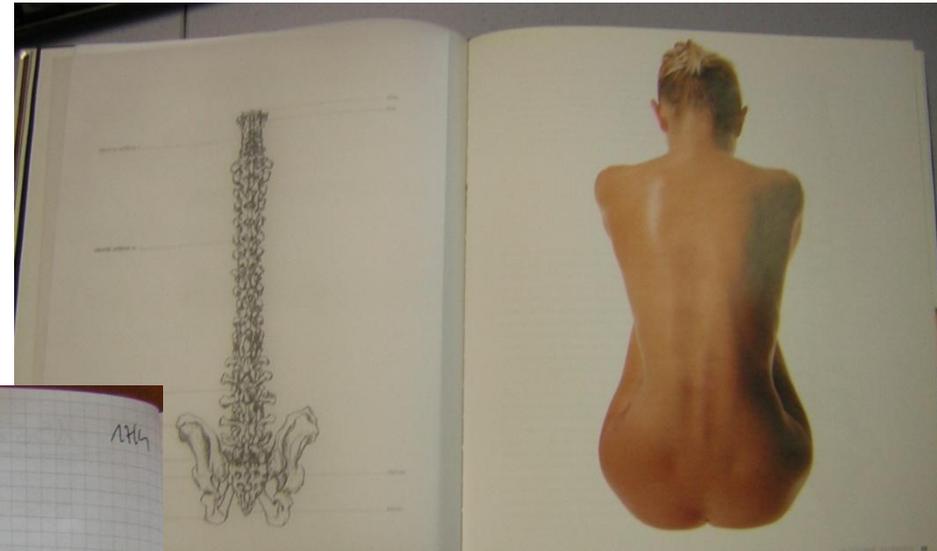
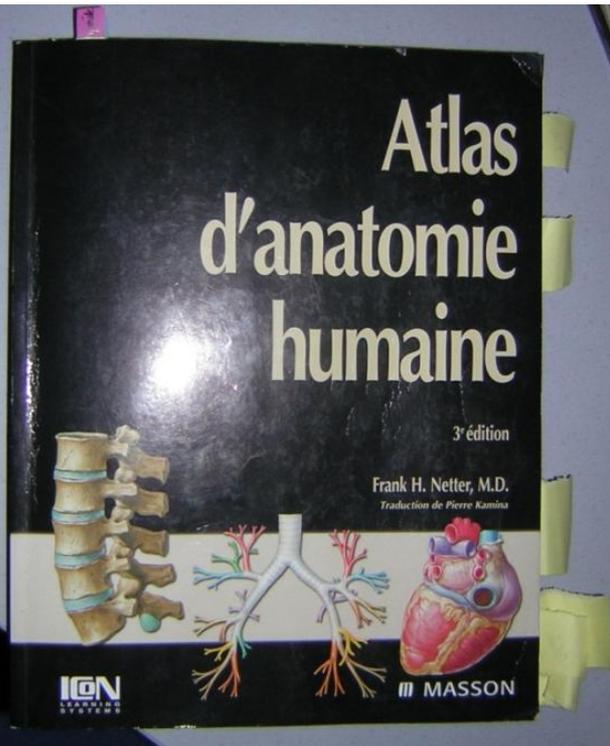
<http://www.anatomium.com/>

- Un logiciel de modélisation 3D (gestion des formats Mesh & NURBS)



Modélisation 3D, voxelisation et résultats

- Documentation & avis d'un médecin



Modélisation 3D, voxelisation et résultats

- Un spécialiste des modélisations :
 - Avec les connaissances et compétences techniques...
 - Capable aussi d'établir une bonne stratégie pour réaliser les modélisations requises



julienbeurrier
d e s i g n e r



<http://julienbeurrier.com/>

Modélisation 3D, voxelisation et résultats



Utilisation du scan optique

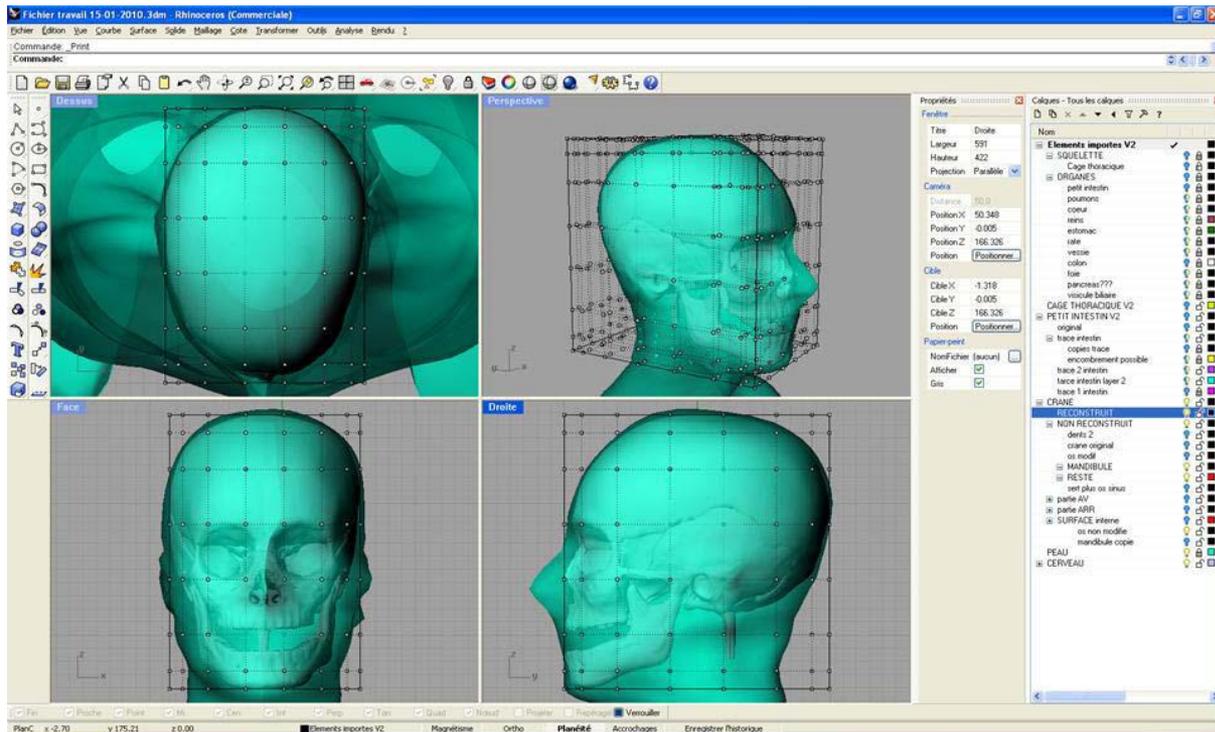


Extraction de contours



Surfaces Mesh et NURBS déformables

Modélisation 3D, voxelisation et résultats



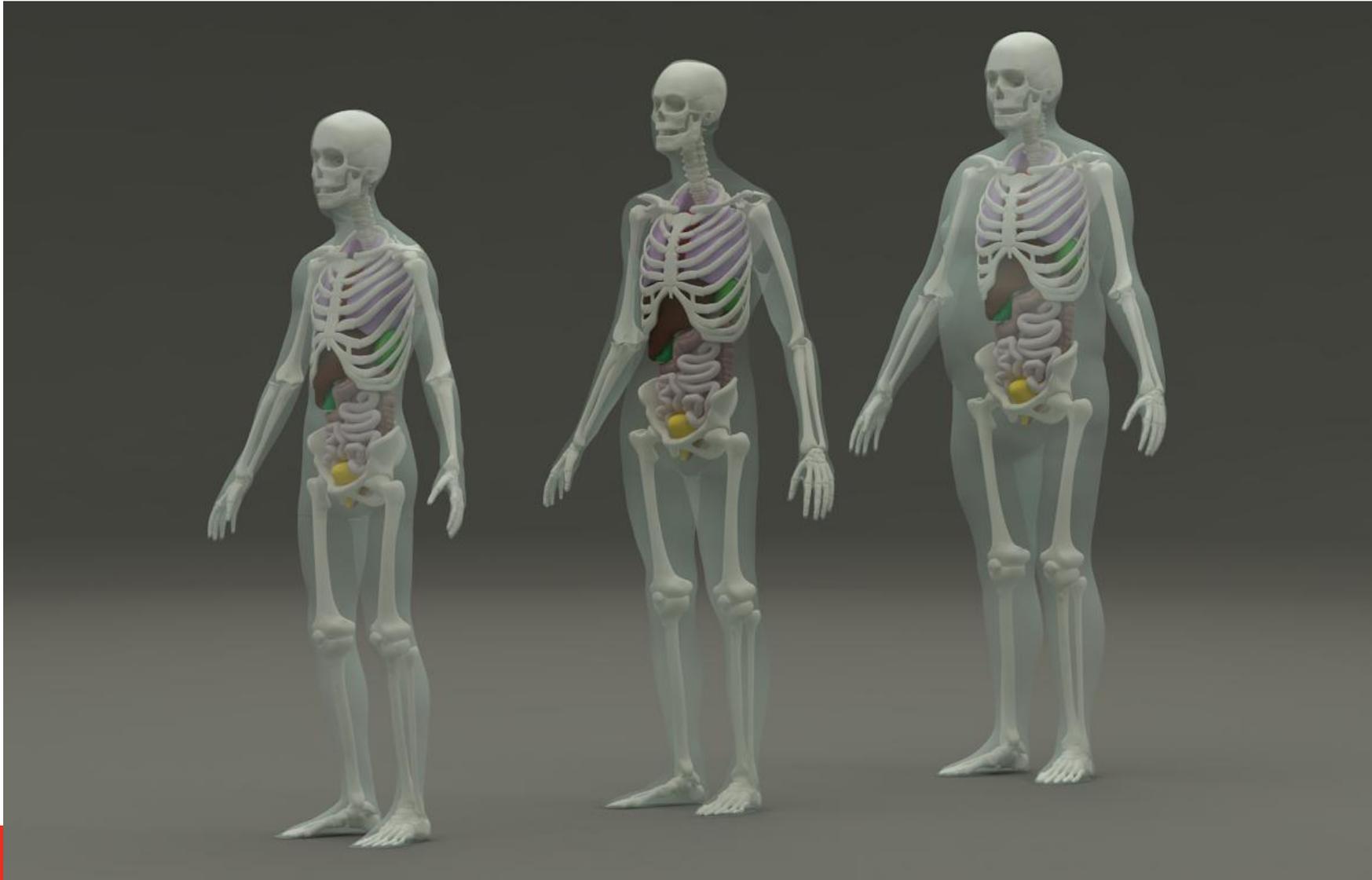
Modification des volumes internes aux valeurs cibles (taille, poids)

Voxelisation (**Binvox**) et préparation des calculs Monte Carlo

<http://www.cs.princeton.edu/~min/binvox/>

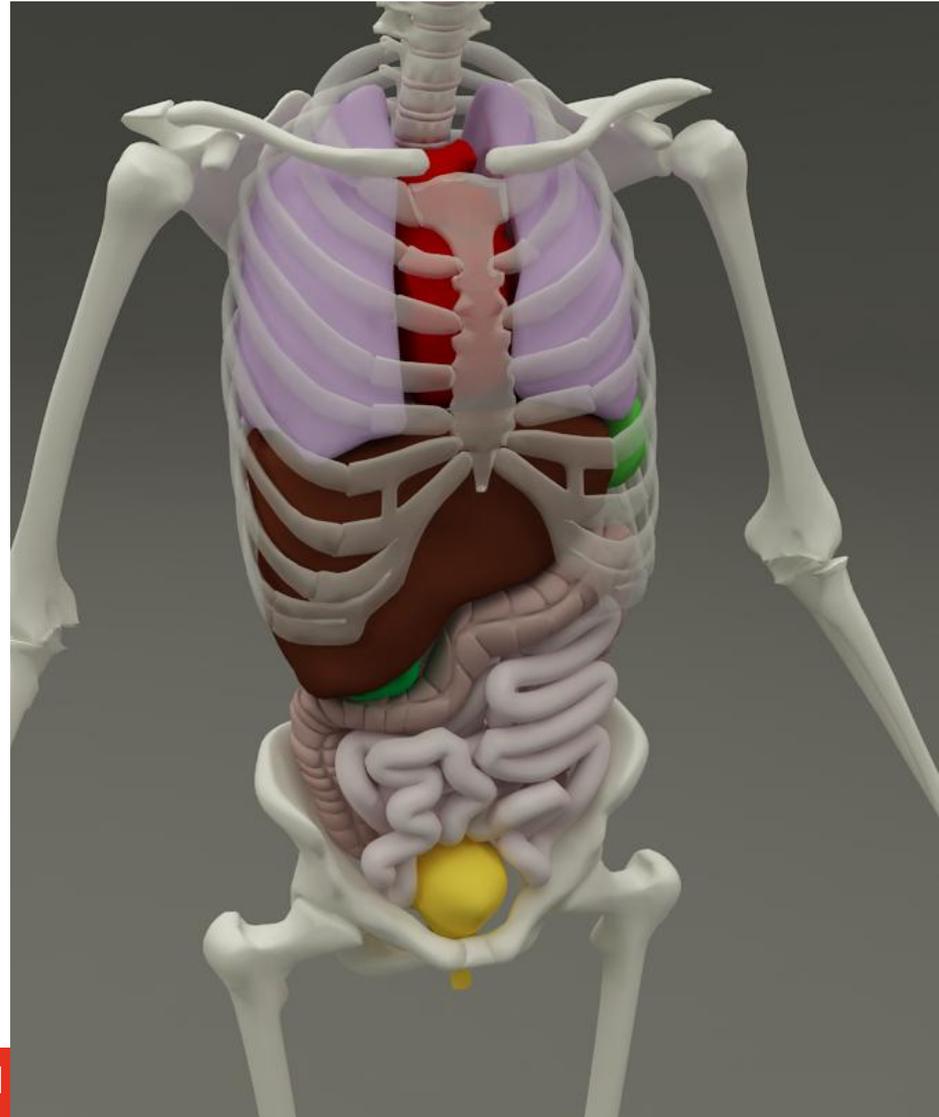
Modélisation 3D, voxelisation et résultats

- Quelques exemples de modèles 3D réalisés



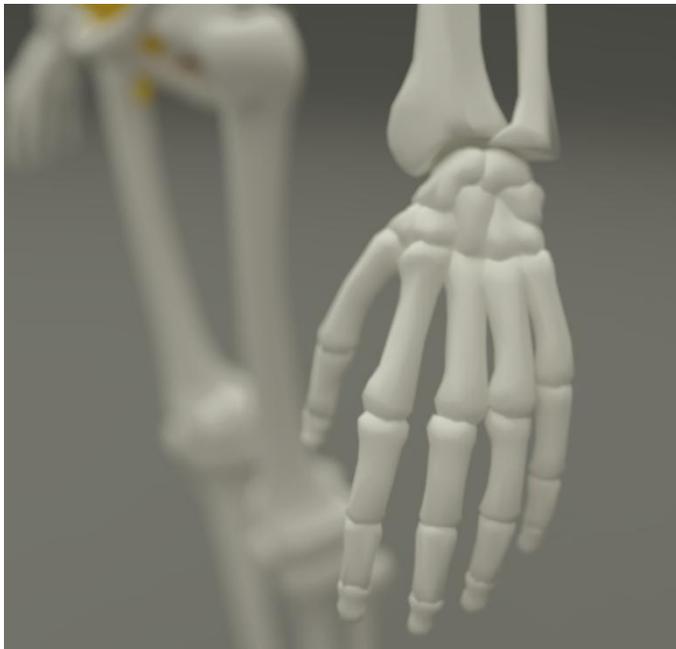
Modélisation 3D, voxelisation et résultats

- Quelques exemples de modèles 3D réalisés



Modélisation 3D, voxelisation et résultats

- Quelques exemples de modèles 3D réalisés



IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Conclusion & perspectives

▪ Les avantages majeurs de cette librairie :

- Morphologie des fantôme très réaliste issue de la base CAESER
- Volume/masse des organes construits suivant la littérature
- 25 modèles, 109 organes/modèle, résolution 2X > voxels CIPR

▪ Limites du travail :

- Fantômes masculins uniquement
- Quelques organes inexistant

▪ Suite du travail :

- Ajout de certains organes “sensibles”
- Publication du travail réalisé
- Mise en ligne la bibliothèque avec la documentation nécessaire
- Calcul des grandeurs de radioprotection

Remerciements

- **G. Gualdrini** (ENEA, Bologna) pour avoir inspiré ce travail lors de la conférence ICRS-RPSD 2008
- **C. Challeton de Vathaire** (IRSN, Paris) pour support médical
- **I. Clairand** (IRSN, Paris) pour les discussions fructueuses
- **F. Dournac** (CERFACS, Toulouse) pour le support informatique
- **P. Min** (Princeton) pour l'utilisation et l'adaptation de BinVox

Merci pour votre attention !

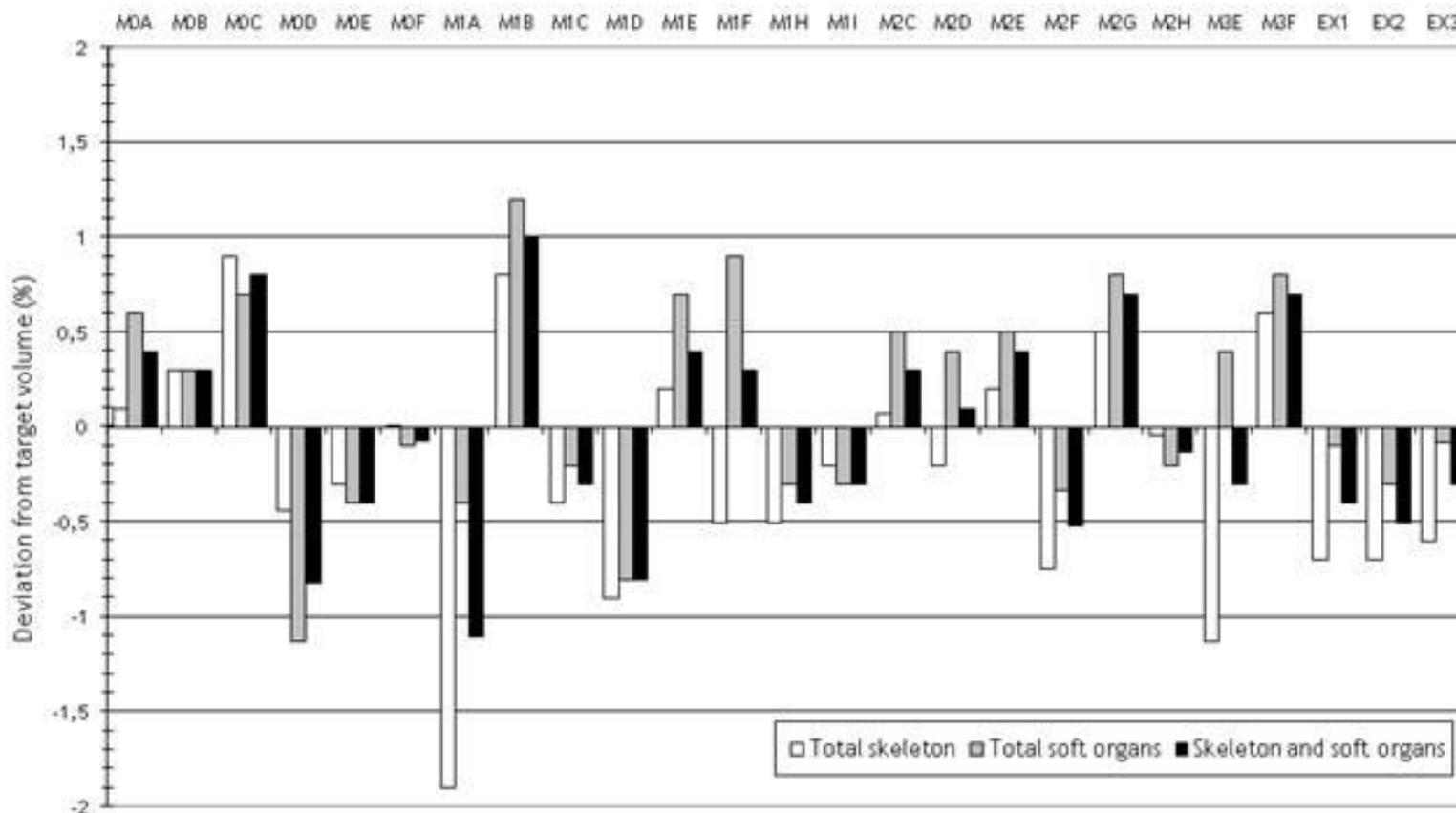
jad.farah@irsn.fr

david.broggio@irsn.fr



Modélisation 3D, voxelisation et résultats

Validation : Accord entre valeurs cibles (volume/masse) et valeurs modélisées



Récapitulatif bibliothèque développée :

- 25 modèles masculins corps entiers
- 109 organes/tissus inclus
- Résolution : 6 - 8.7 mm³/voxel
- Nbr voxels : 7.6 - 18.1 10⁶