

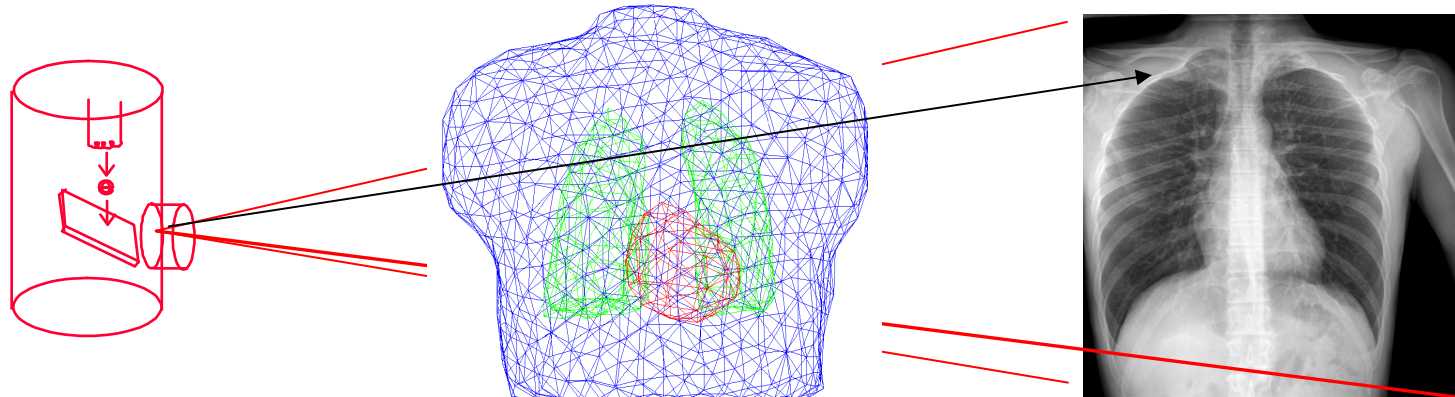
Validation de SINDBAD pour la simulation d'images TDM médicales réalistes

Carole Lartizien

Plan de la présentation

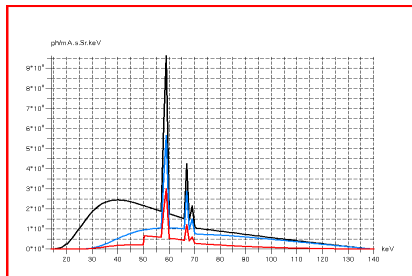
- Rappel sur le simulateur SINDBAD
- Validation de SINDBAD: état de l'art au démarrage de l'ANR VIP
- Point au 04/11/2011

Sindbad : models



X-ray source

- . X ray tube model (Birsh, Tucker) or γ sources



Financé par
ANR
Conic, panoramic
sources. Focus blur.

Physics in object (CAD or voxel)

Combination of 2 approaches :

- . Determinist computing of primary radiation.
(attenuation law)
- . Monte Carlo computing of scatter radiation (EGS physics)

2D X-ray detector

1. Calculation of the deposited energy image (including photofraction)
2. Conversion to measured signal (noise, FTM, DQE...) :
 - . Film model
 - . CCD
 - . Cascaded linear systems model

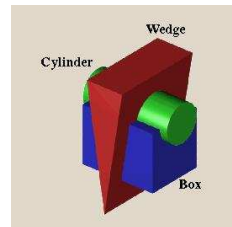
Sindbad

Object format in Sindbad

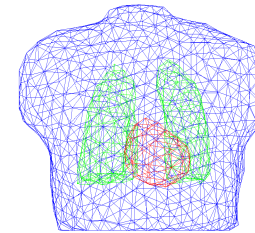
1. CAD : using the BRL-CAD package (cross-platform open source solid modeling)

- For object design : an interactive 3D solid geometry editing

**Analytical
& MC**



and / or



constructive solid geometry (CSG) primitive solids
(converted from STL format)

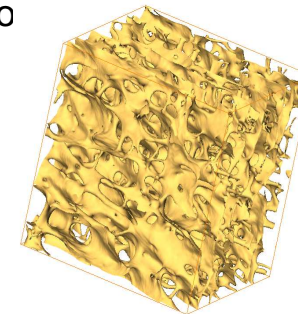
faceted mesh geometry

- For ray-tracing functions : high-performance ray-tracing support

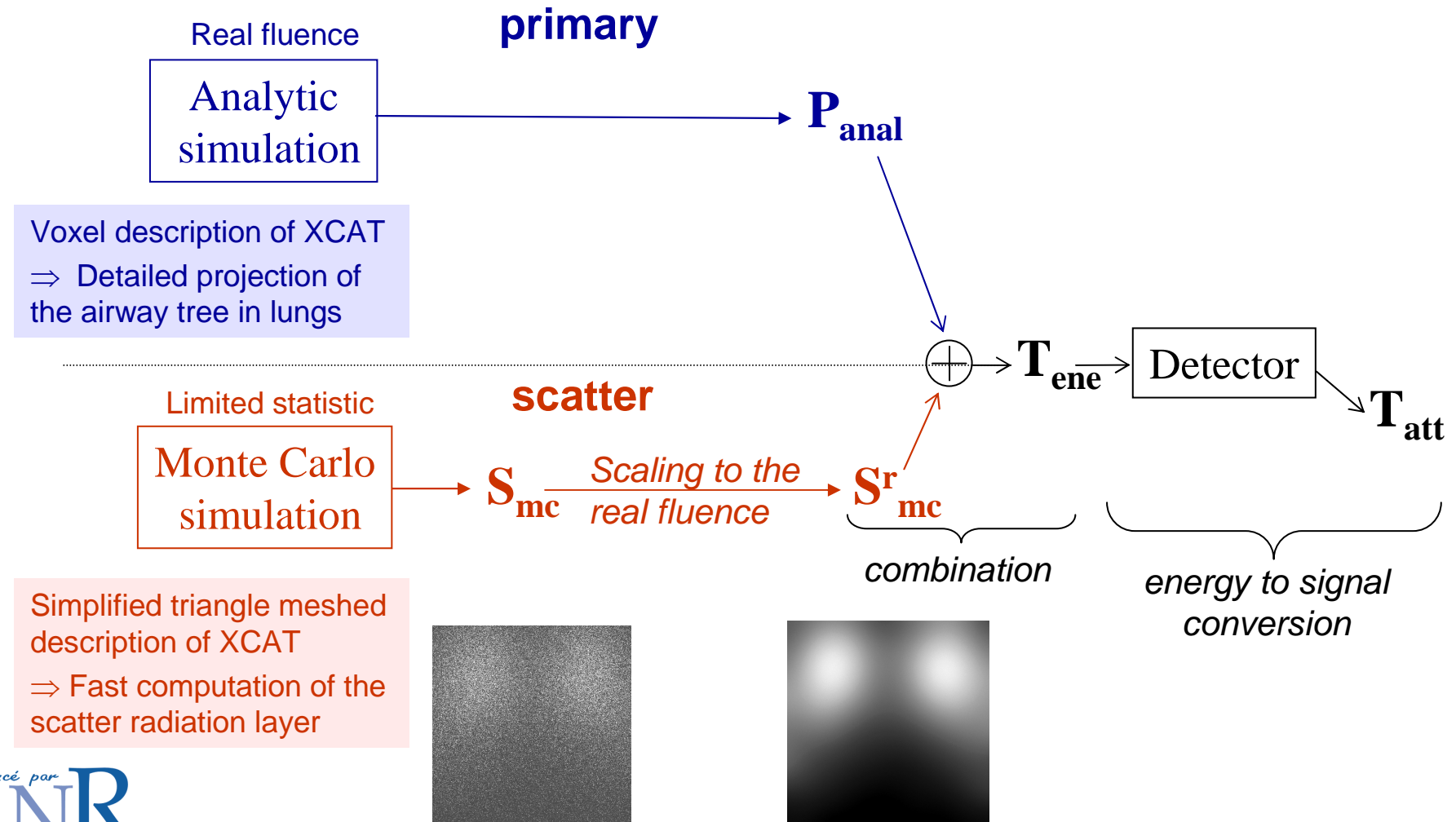
2. Voxel format :

Analytical

- 2 volumes : index of materials and relative density



Simulation with Sindbad

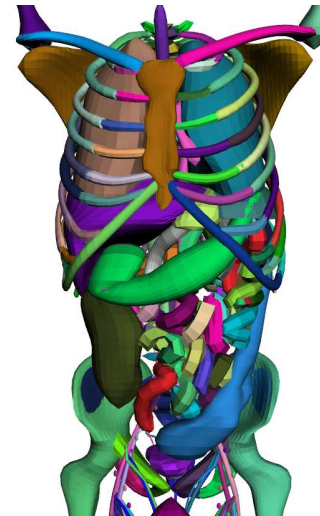


Validation de SINDBAD : Etat de l'art

- Printemps 2009: initiation de la collaboration CEA LETI/CREATIS
- Octobre 2009: Présentation d'une première étude au congrès IEEE Medical Imaging Conference
- Janvier 2010: Démarrage du projet ANR VIP
- Mars-Aout 2010: Travail de PFE de Laurent Leduvehat

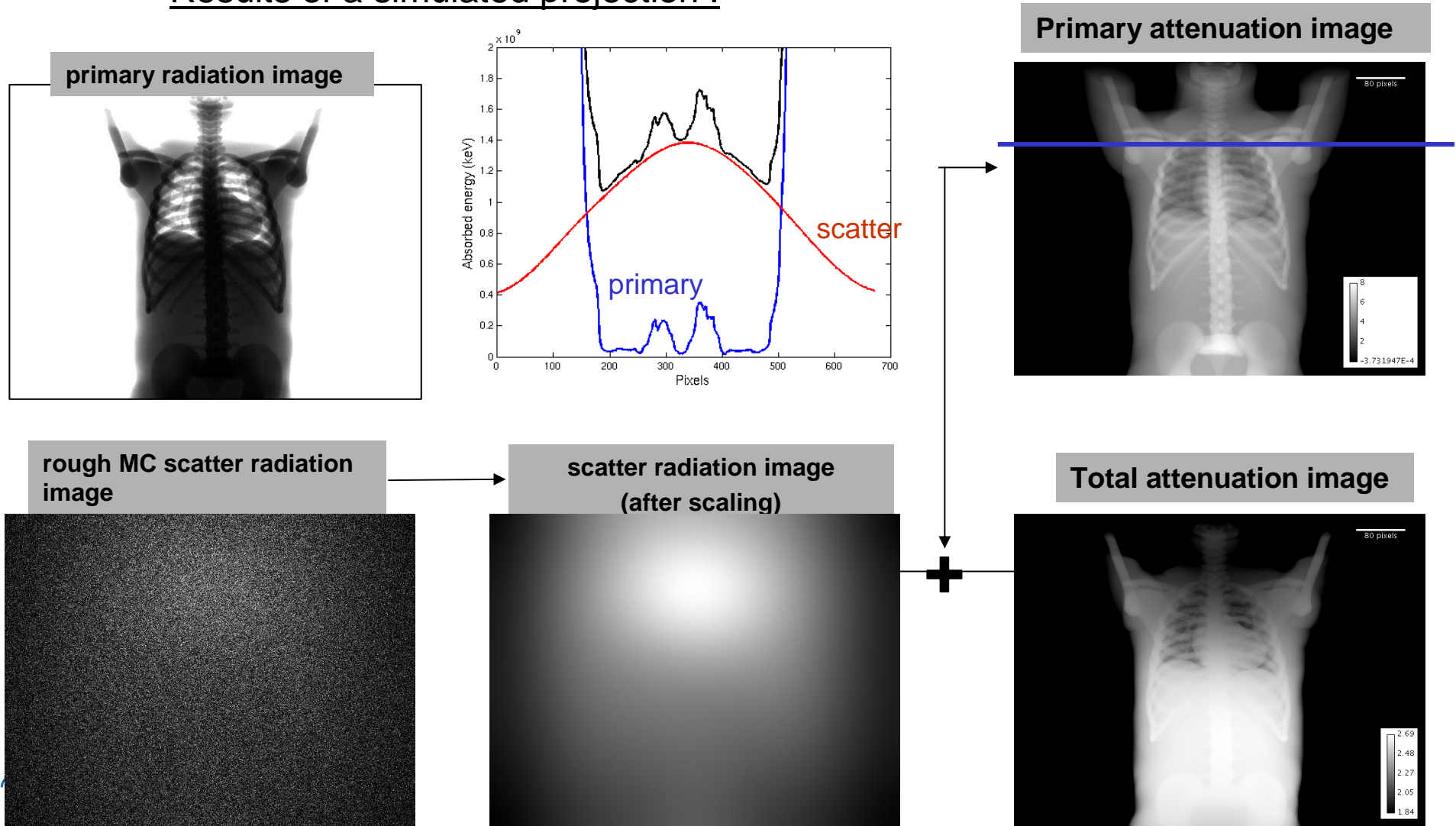
Etat de l'art fin 2009 : Faisabilité démontrée

- 1eres simulations en mode tomographique avec le fantôme XCAT
 - Conversion du modèle NURBS XCAT en maillage : collaboration avec Sébastien Valette de CREATIS
 - Détermination des paramètres géométriques d'un scanner clinique (le scanner RX8000 de Philips): 'collaboration' avec Philips



Simulation of the XCAT

Results of a simulated projection :



Résultats

- Modélisation de la chaîne d'acquisition tomographique
- Modèle anthropomorphique réaliste
- Temps de simulation réaliste

Limites

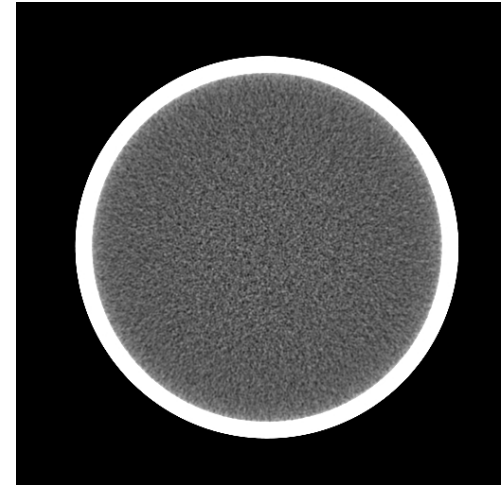
- Modélisation simpliste de la géométrie de détection
 - Difficulté d'accès aux caractéristiques des scanners
 - Absence de reconstruction pour des modèles de détecteurs courbes
- Ajustement de la fraction de diffusé
 - Choix du paramètre d'échelle??
- Reproduction réaliste des caractéristiques de bruit (SNR, texture, artefacts)

Stage de PFE : Mars-Aout 2010

- Valider le logiciel SINDBAD pour la simulation d'acquisition TDM réalistes :
 - ◆ influence des paramètres du simulateur sur la qualité des images reconstruites;
 - ◆ influence de l'algorithme de reconstruction sur la qualité des images reconstruites ;
 - ◆ Comparaison de données simulées et réalistes

Données simulées vs expérimentales

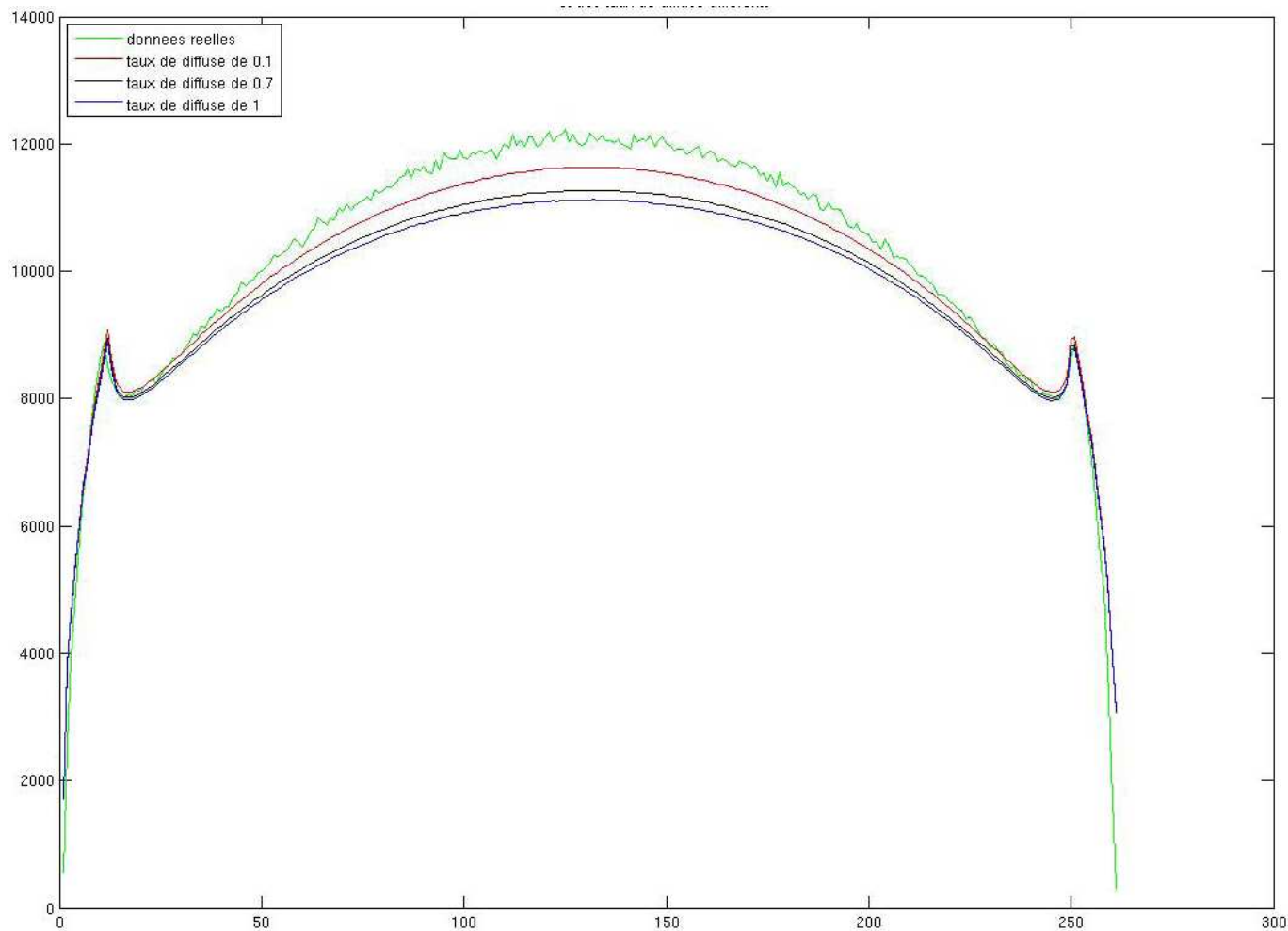
- Acquisition de données expérimentales à l'hôpital Cardiologique Louis Pradel (Lyon).
 - Correspondants :
 - ◆ Loic Boussel : PHU Radiologue / Hopital Cardiologique et CREATIS
 - ◆ Philippe Coulon : CT Clinical Scientist / Philips
 - Fantôme cylindrique en plexiglass
 - scanner Philips Brilliance 64
- Construction du modèle voxellisé et facettisé du fantôme
- Etude de l'influence
 - des matériaux du modèle
 - du taux de diffusé
 - de la planéité des détecteurs



Coupe transverse du cylindre de calibration

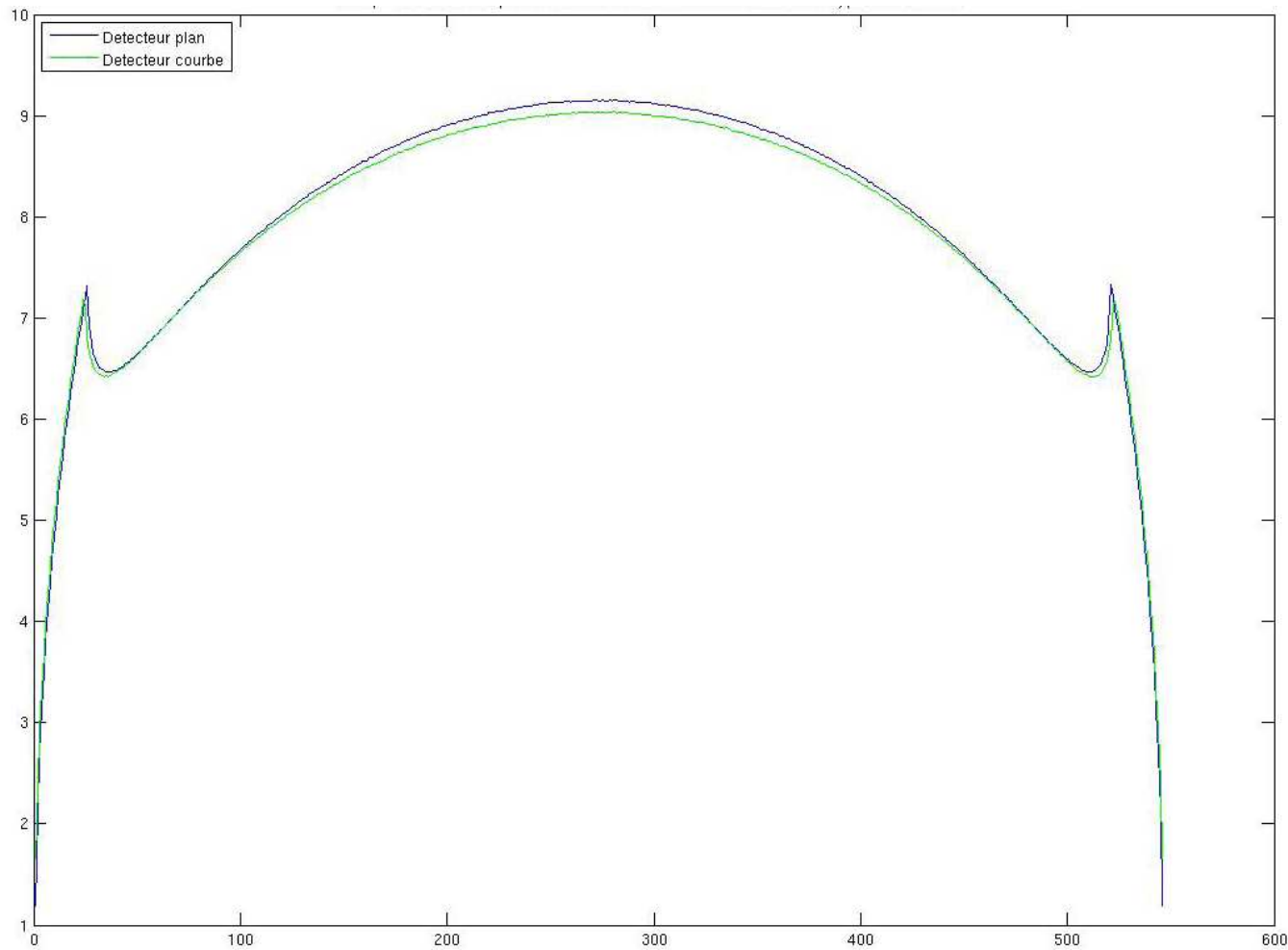
Données simulées vs expérimentales

- Comparaison du profil d'atténuation simulé avec un détecteur courbe avec différents taux de diffusés au profil d'atténuation des données cliniques



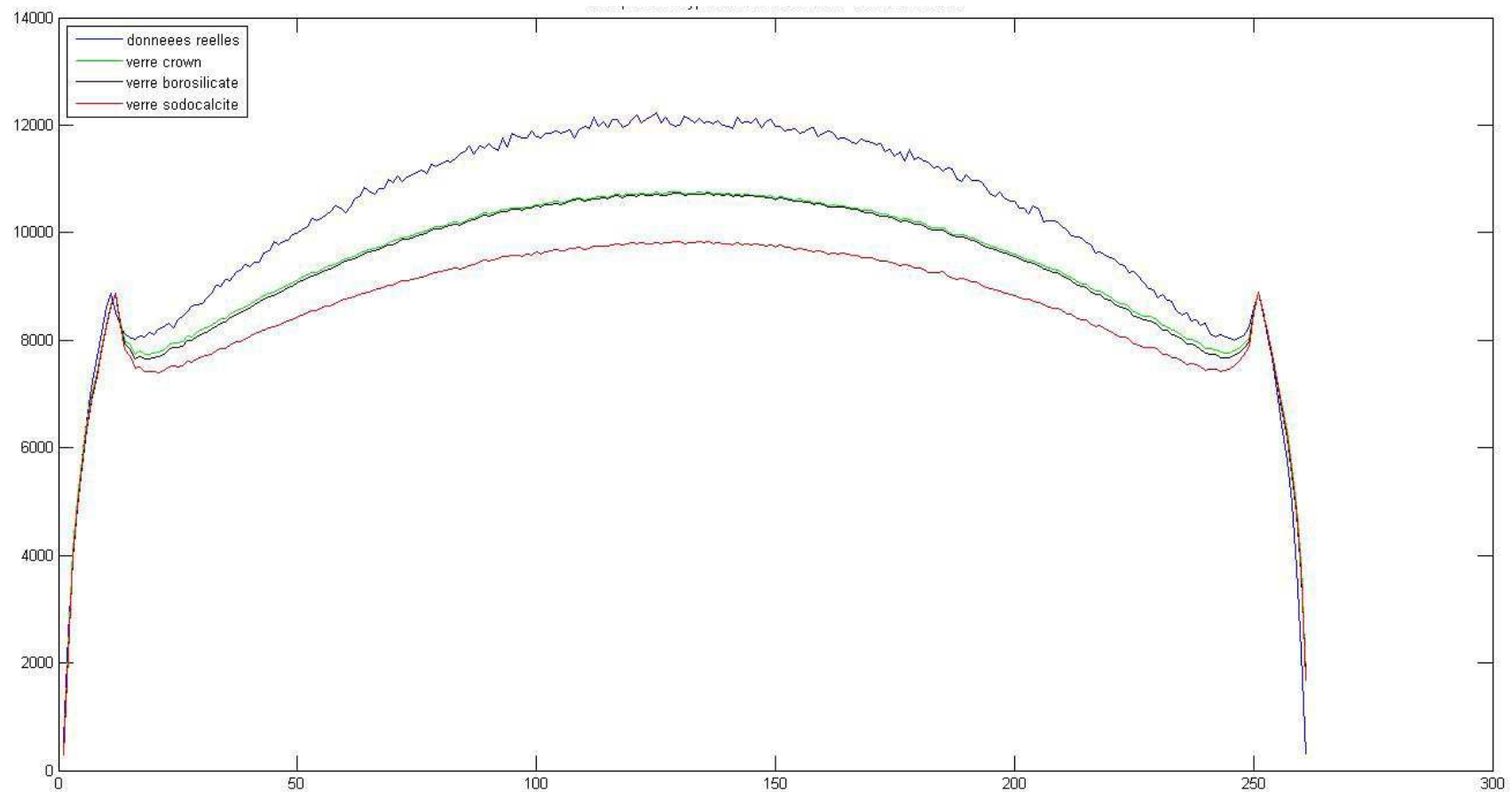
Données simulées vs expérimentales

- Comparaison de deux profils d'atténuation simulés sans diffusé avec un détecteur courbe et un détecteur plan



Données simulées vs expérimentales

- Comparaison de profils d'atténuation simulés avec diffusé pour un détecteur plan et différents types de verre.



Données simulées vs expérimentales

■ Conclusion

- La simulation la plus fidèle correspond à une simulation SANS diffusé et AVEC détecteur courbe

■ Limites

- Difficulté d'accès aux données 'brutes' des scanners cliniques
 - ◆ Intervention du consultant Philips → procédure 'spéciale'
 - ◆ Les sinogrammes extraits sont déjà corrigés mais incertitude sur le type de correction réalisée : normalisation (?), diffusé (?) etc
 - Les scanners sont équipés de 'grilles' disposées à la surface des détecteurs afin de stopper une partie du diffusé incident
 - Modélisation impossible de cette grille dans SINDBAD sans modification du code
 - Difficulté d'accès à la géométrie de cette grille
- Il est donc 'plausible' que notre modèle simulé sans diffusé corresponde le mieux aux données expérimentales, cependant la texture du bruit de l'image reconstruite avec et sans diffusé est différente.

Algorithme de reconstruction

- Algorithme de reconstruction Feldkamp de CREATIS limité à des géométries de détection plane
- Recherche d'une bibliothèque de reconstruction pour détecteur courbes
 - Bibliothèque développé par Jeff Fessler de l'Université du Michigan, USA : <http://www.eecs.umich.edu/~fessler/>
- Test et prise en main de ce logiciel développé sous MATLAB
 - Problèmes de paramétrage des données: orientations de sinogrammes
 - Limitation de l'exécution pour les gros volumes de données (volume 512x512x128 voxels) : implémentation sur des machines du clusters (Ram de 4 Go)

Algorithme de reconstruction



Coupe transverse d'un modèle de patient dérivé du XCAT simulé
sans diffusé et avec détecteur plan : gauche: feldkamp
FESSLER, droite: Feldkamp CREATIS

SINDBAD sur la grille EGEE

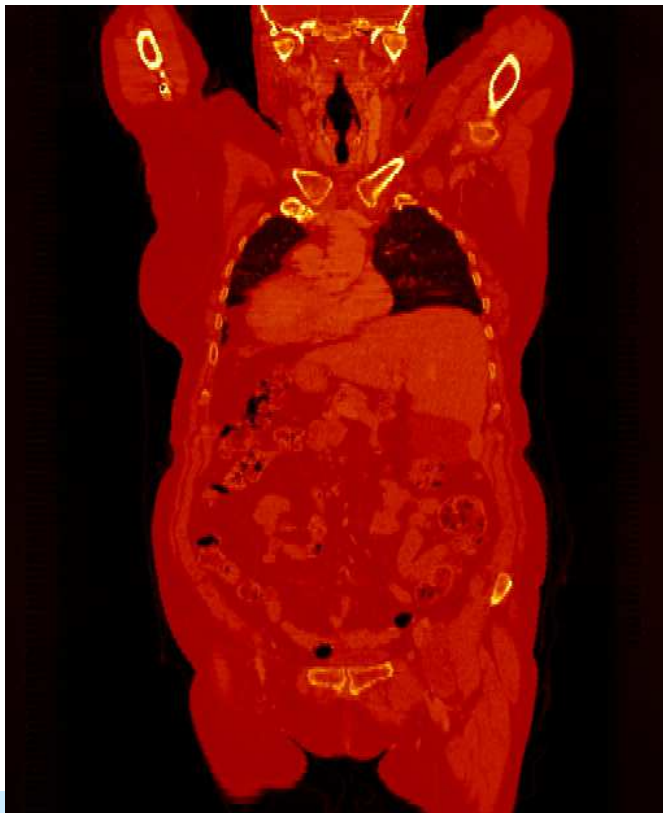
- Creation du workflow de simulation de SINDBAD sur la grille EGEE
 - Travail de PFE de Gabriel Levy
- Prise en main du workflow et premiers tests
 - Difficultés:
 - ◆ Parallélisation des simulations par 'projections' MAIS temps de simulation d'une projection trop longs par rapport au temps maximum autorisée par la grille: → simulations à faible statistique
 - ◆ Problème de rapatriement et stockage des 'gros' volumes de données: stratégies à mettre en place.

Simulation de données cliniques

■ Objectifs

- Adapter un modèle XCAT sur un jeu de données patient
- Simulation et comparaison aux données cliniques

■ Résultats : Travail non finalisé par manque de temps: A poursuivre



Conclusions

- Validation limitée en raison de la difficulté d'accès aux données expérimentales et aux caractéristiques techniques des scanners : protection des constructeurs.
- Problème du diffusé
 - L'alternative consistant à simuler des données sans diffusé n'est pas satisfaisante car la structure du bruit résultant est différente de celle des données cliniques.
 - Les alternatives à évaluer:
 - ◆ Jouer sur le niveau de bruit (paramètre de SINDBAD)
 - ◆ Implémenter une méthode de correction du diffusé
- Reconstruction : Code de Fessler OK même si l'implémentation matlab n'est pas optimale
- SINDBAD sur la grille:
 - Les workflows sont fonctionnels
 - Validation à réaliser (début 2011)
- Simulations de données cliniques réalistes: A poursuivre (début 2011)
 - Mise en correspondance du modèle voxelisé et facettisé
 - Harmonisation des coefficients d'atténuation
 - Texture du bruit (cf problème de diffusé)

The XCAT phantom

General description

W.P. Segars et al. "Realistic CT simulation using the 4D XCAT phantom", Med. Phys. **35**, 2008.

- Based on Non uniform Rational B splines surfaces (NURBS)
- Model complex shapes of real human organs.
- 4D respiratory model \Rightarrow model anatomical variations and normal physiologic motion.

Version : XCAT 2.0.2

