Caractérisation de la tomodensitométrie à faible dose par comptage de photons

C. Hemmer, A. Bonissent, C. Morel

Présentation CPPM, 2 juin 2009

Sommaire

1 Contexte
- Les détecteurs à pixels hybrides
- Application à l'imagerie

2 Le démonstrateur PIXSCAN II
- Le détecteur XPAD3
- Le démonstrateur

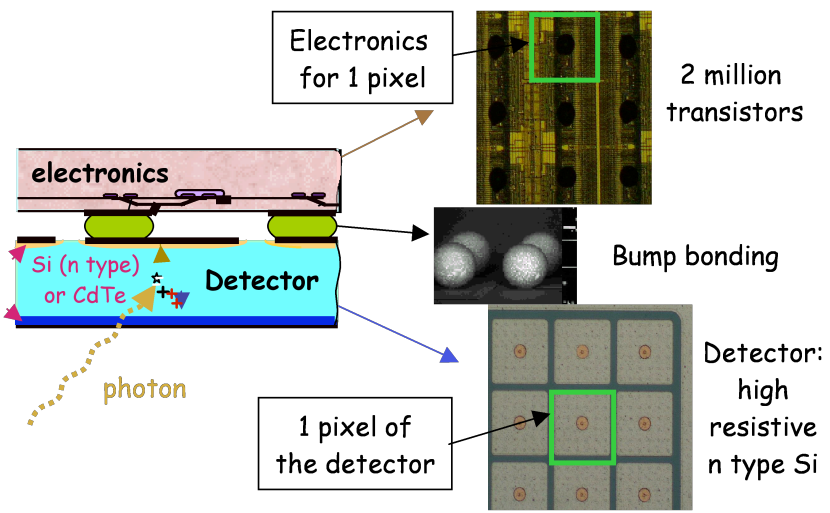
3 Calibration géométrique
- Principe et méthode
- Etapes
- Résultats

4 Reconstruction tomographique

Les pixels hybrides

Développés pour les expériences de physique des hautes énergies

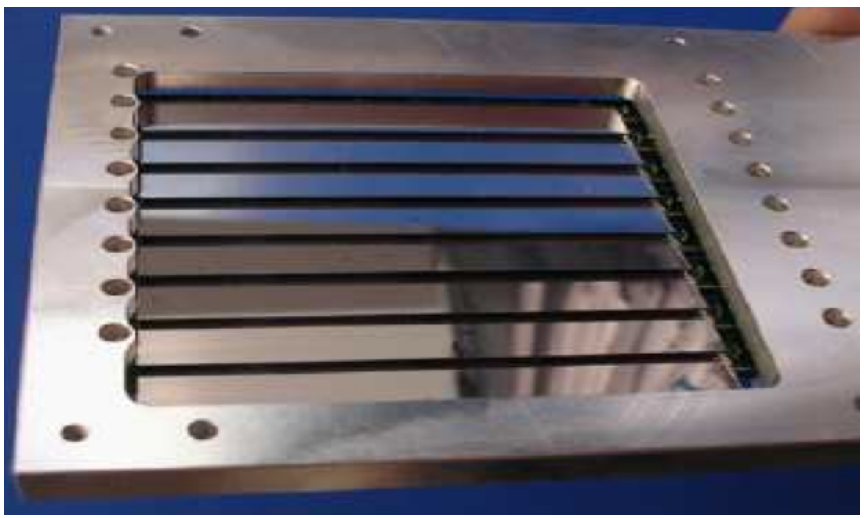
- Aucun bruit de fond
- Grande dynamique (0.01 à 10^6 ph/pixel/s)
- Dynamique quasi-infinie en flux intégré (lecture en continu)



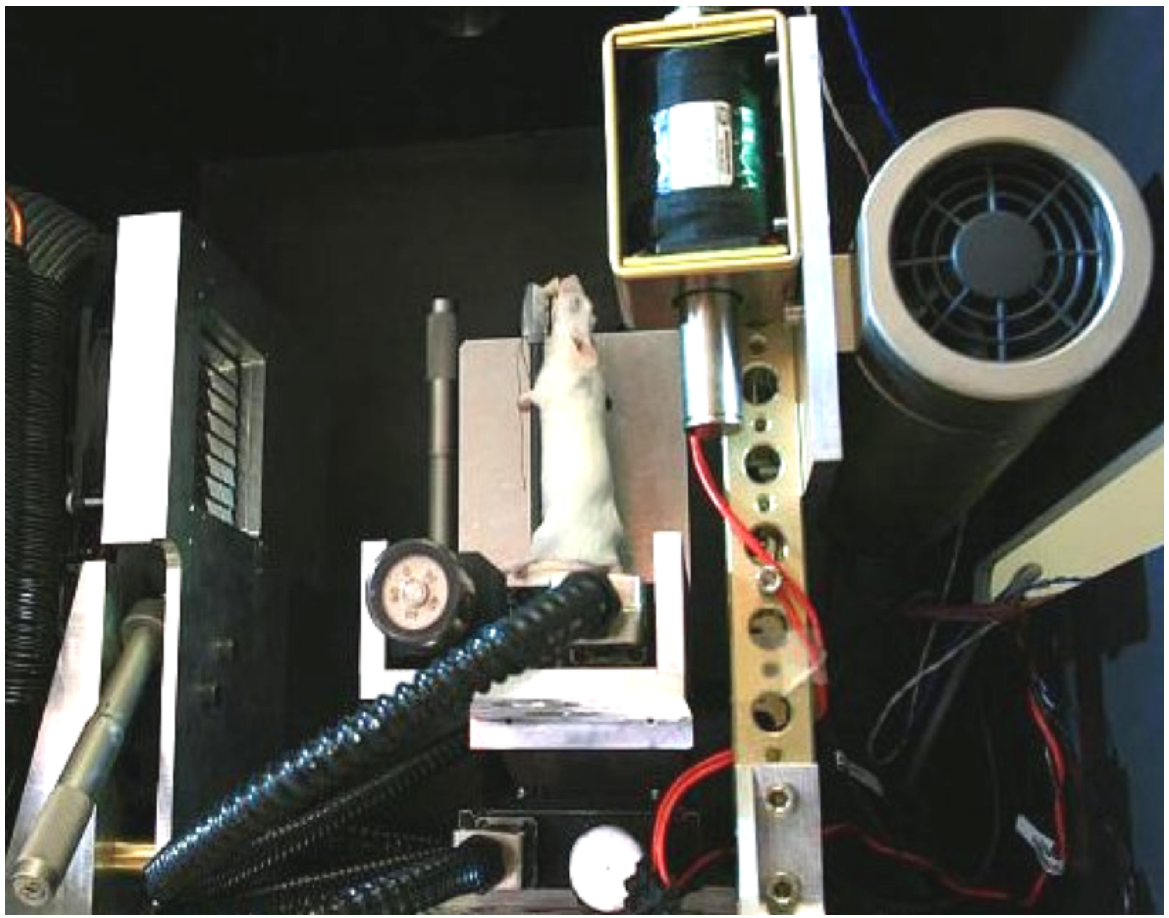
Application à l'imagerie

Le détecteur XPAD2

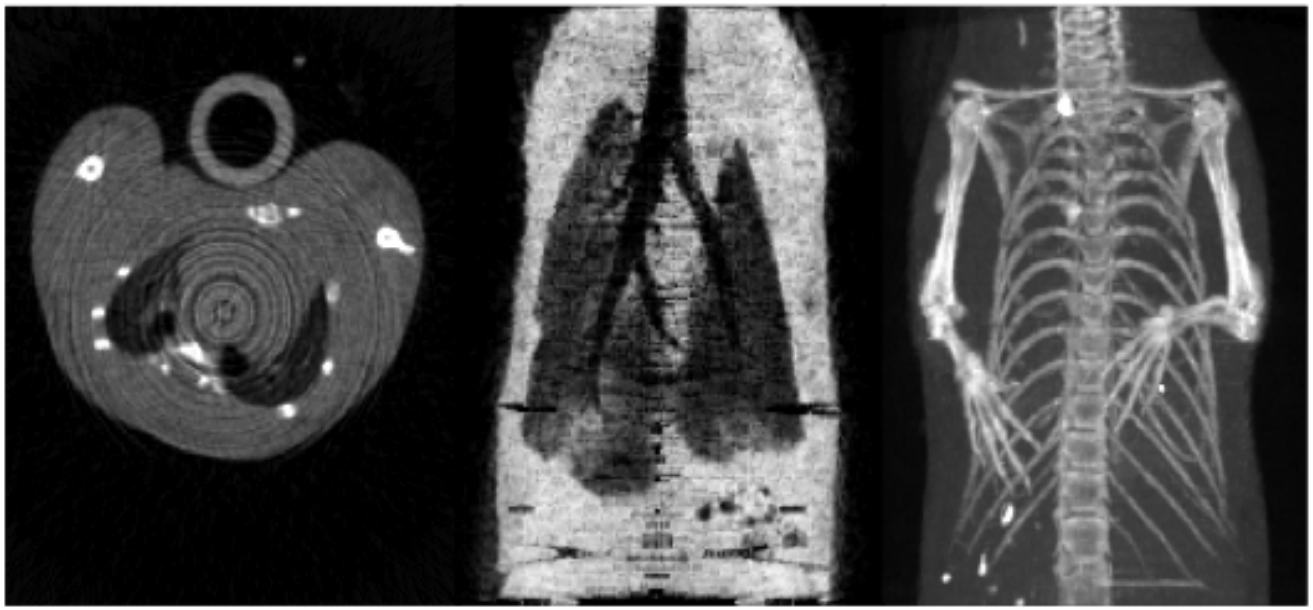
- Taille totale : 68 x 68 mm
- 200 x 206 pixels de 330 x 330 μm^2
- Lecture en moins d'une seconde



Un premier prototype de scanner-CT : PIXSCAN



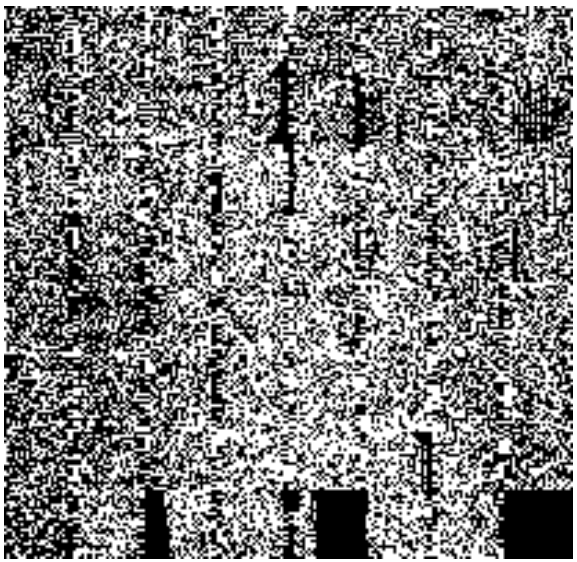
Images et résolution



$\Rightarrow$ Résolution actuelle : 530 μm
$\Rightarrow$ Résolution optimale : 170 μm

Problèmes rencontrés :

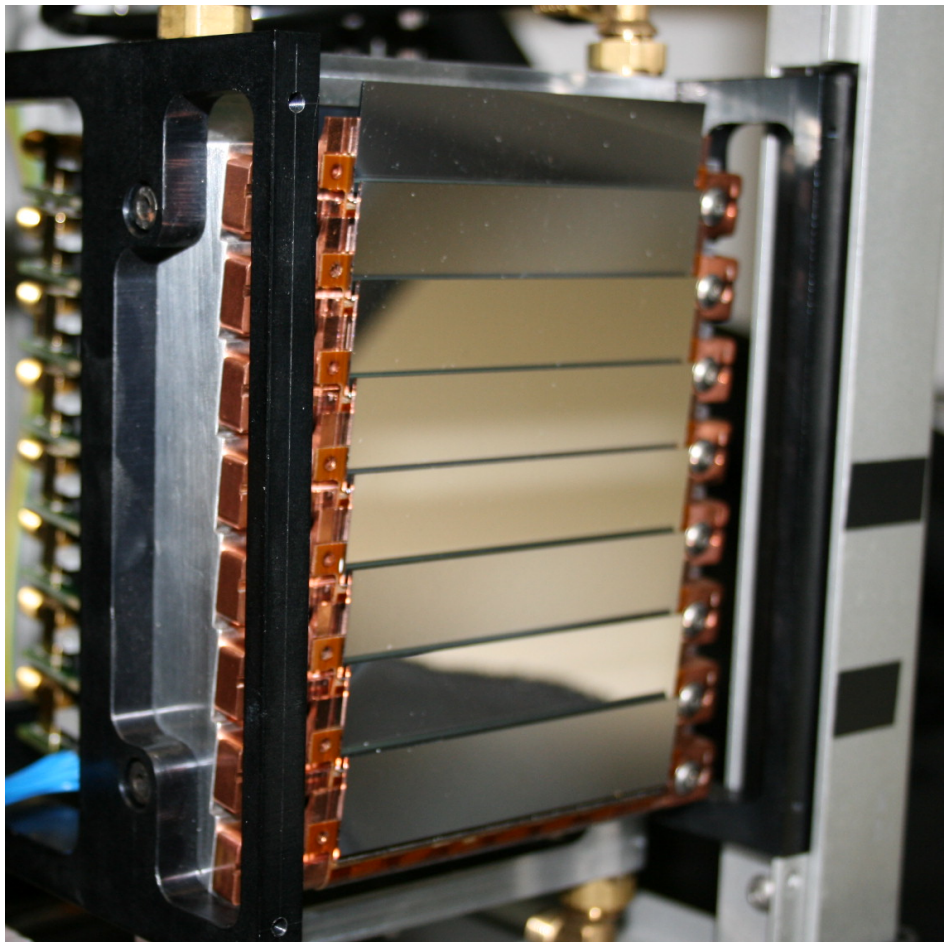
- Nombreux pixels défectueux
- Dispersion importante des seuils en énergie



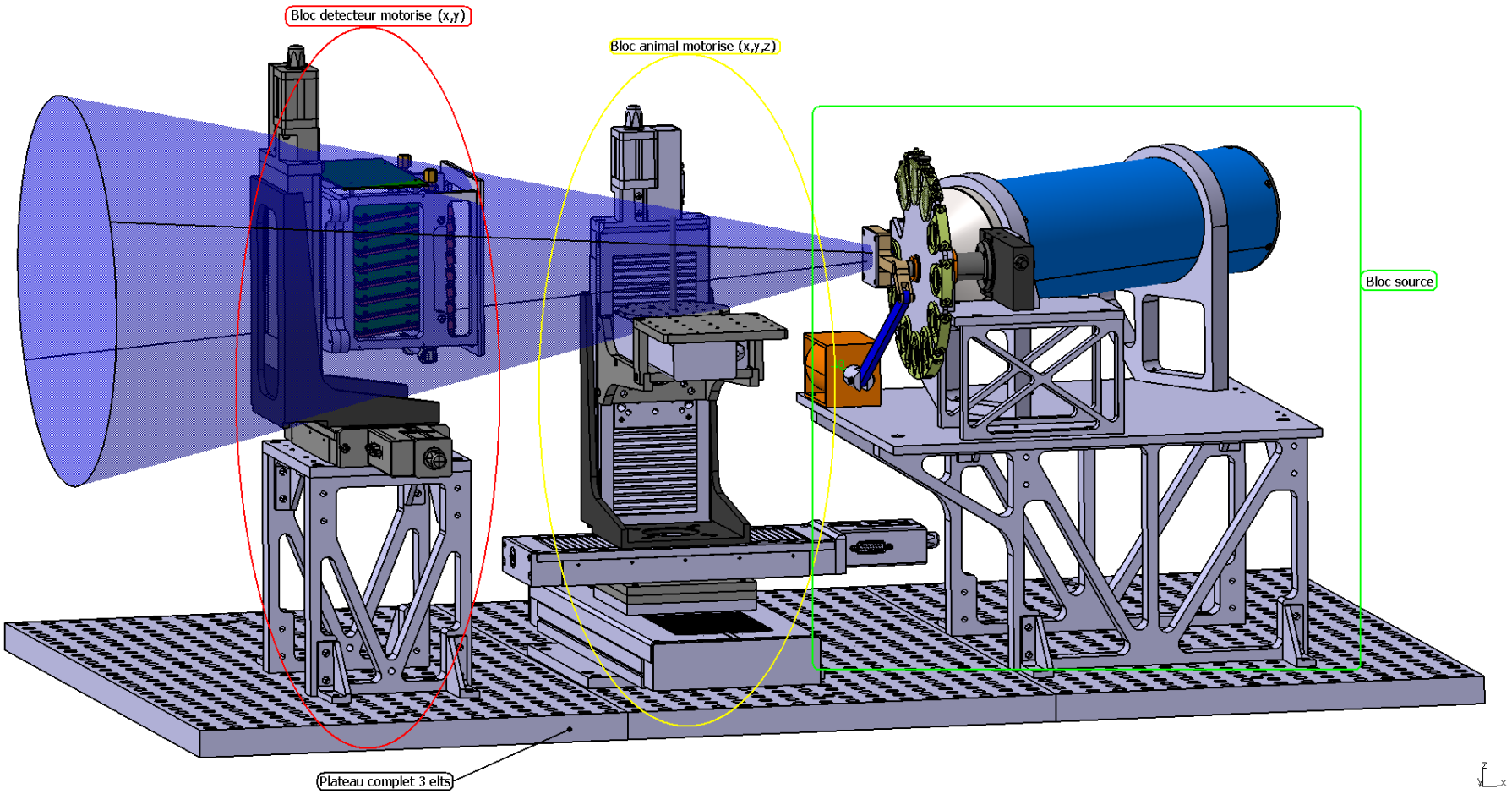
carte des pixels défectueux

Le détecteur XPAD3

- Taille totale : 125 x 73 mm
- 960 x 560 pixels de 130 x 130 μm^2
- Substrat de détection Silicium 500 μm ou CdTe 700 μm (efficacité proche de 100%)
- Lecture d'une image en moins de 2 ms



La nouvelle plate-forme



Calibration géométrique du système

Principe de la calibration géométrique

Estimer les paramètres géométriques du système (distances et orientations) nécessaires à la reconstruction du volume 3D

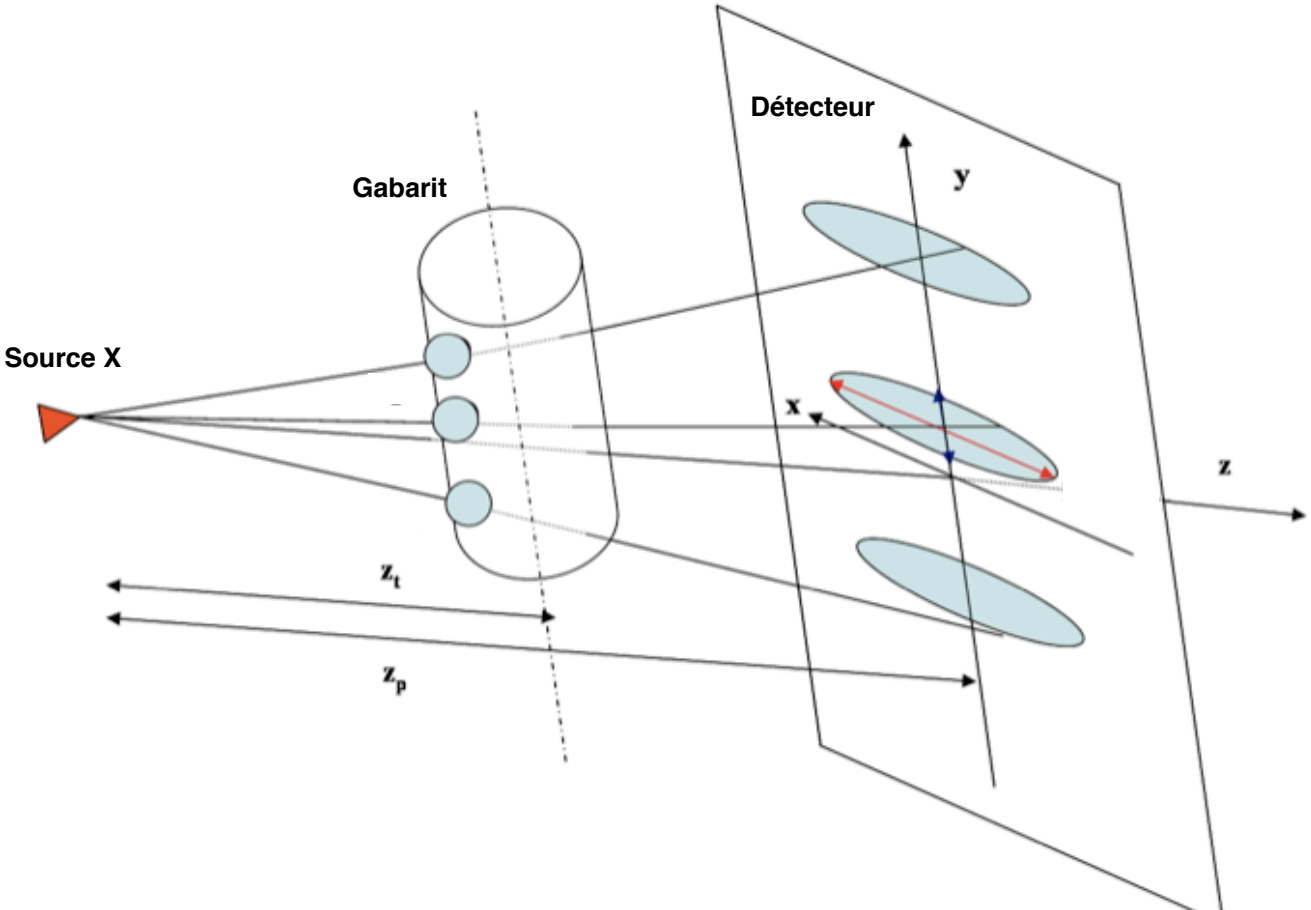
Contraintes :

- Précision bien meilleure que la résolution attendue
- Position inconnue du foyer de la source dans son tube
- Géométrie en tuiles du détecteur (quelle référence choisir ?)

$\Rightarrow$ Méthodes métrologiques conventionnelles très difficiles à mettre en oeuvre

Solution

Déterminer les paramètres à partir des projections d'un objet dont les propriétés sont connues



Recherche du centre exact de chaque bille sur l'image

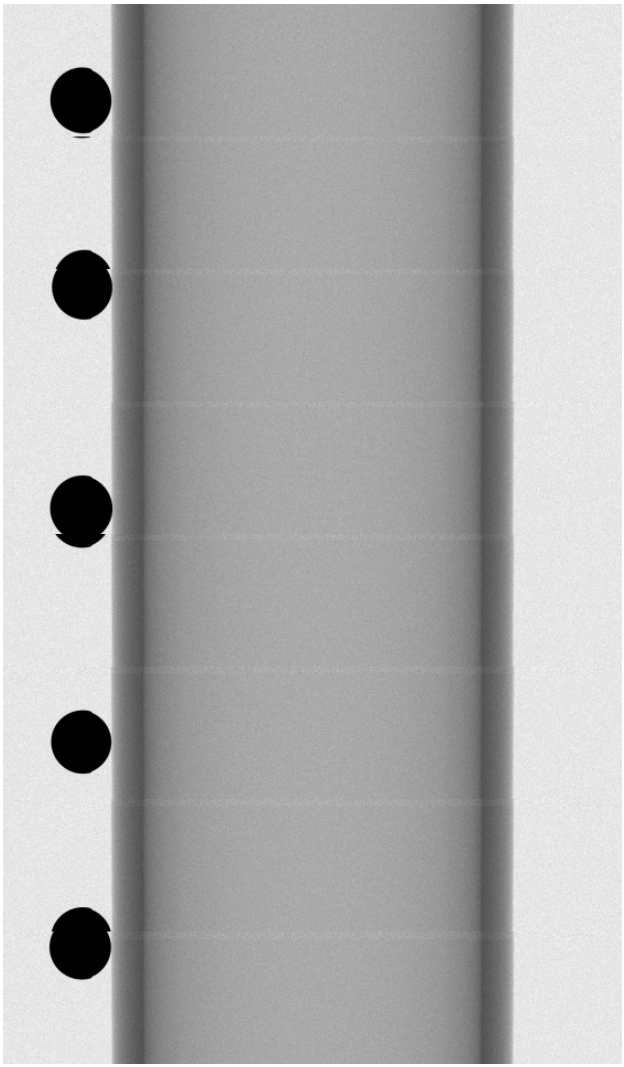
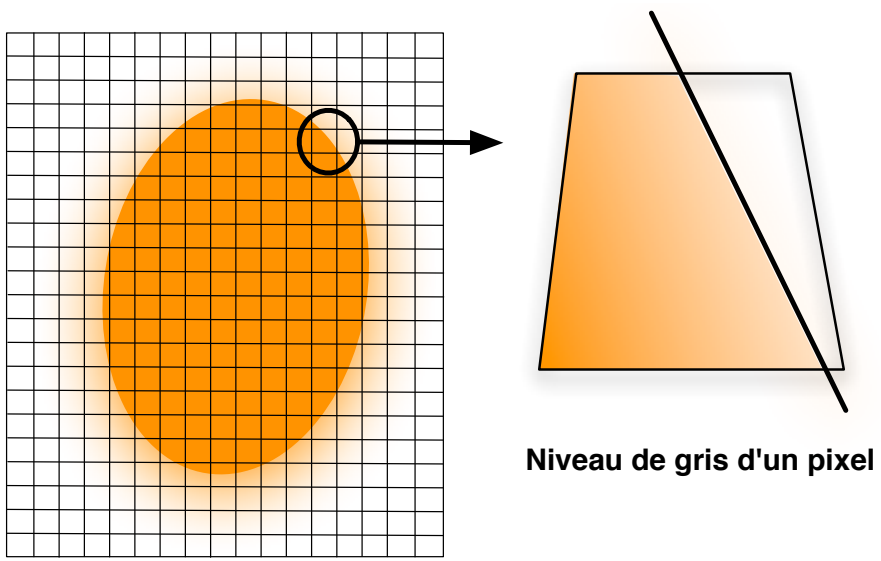


Image brute (simulation XPAD3)

- Isolement de clusters binaires
- Recherche du contour des clusters
- Détermination d'un centre approximatif
- Suppression du cylindre par projection verticale
- Calcul du centre par minimisation de l'écart sur les niveaux de gris au bord de la bille



Integration du profil de la bille sur chaque pixel en fonction de sa position

Recherche du centre exact de chaque bille sur l'image

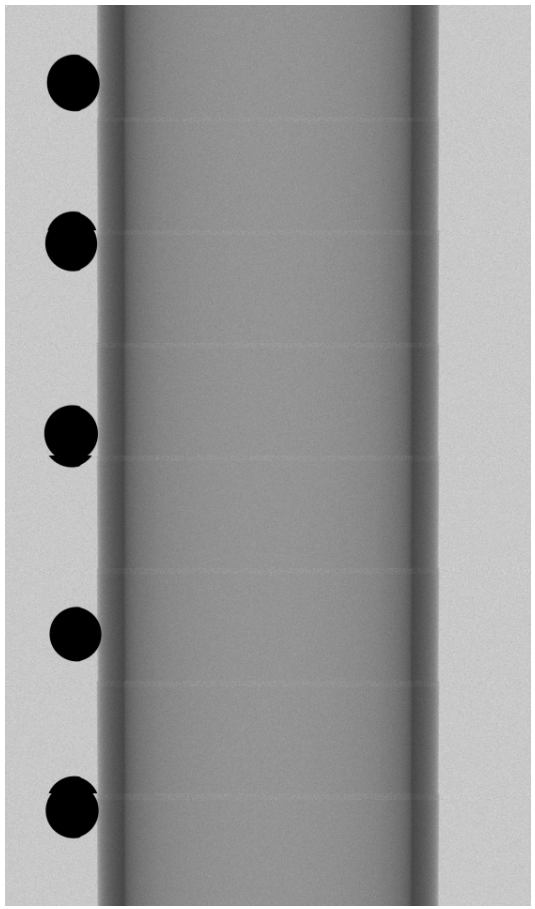
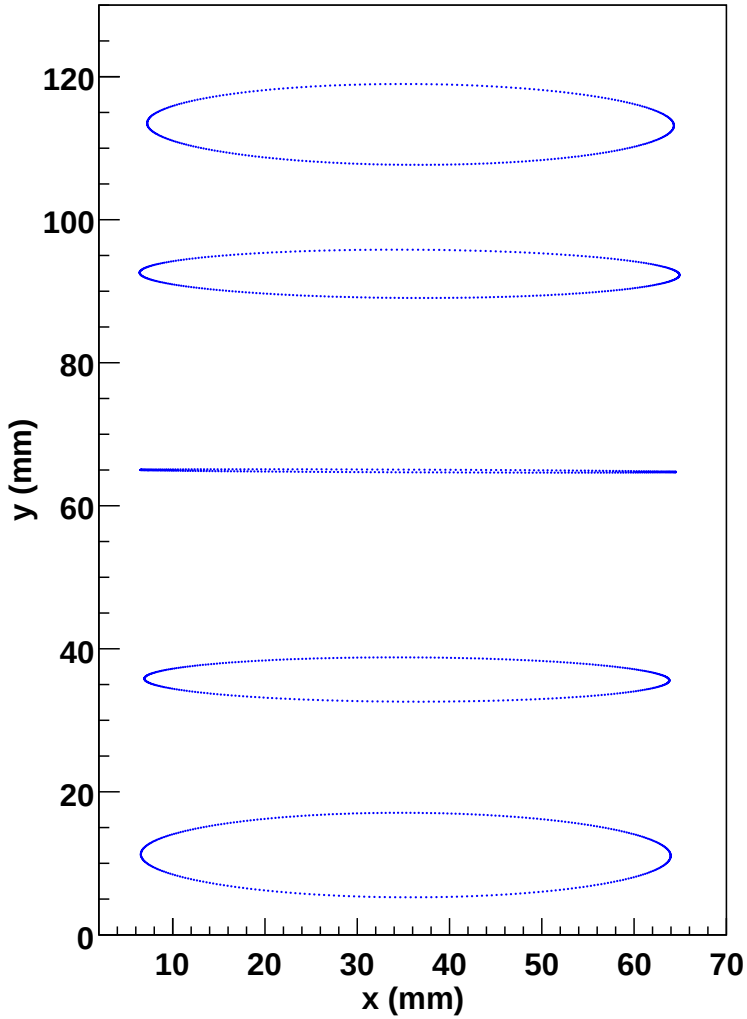


Image brute (simulation XPAD3)

$\Longrightarrow$



Trajectoires des billes dans le plan du détecteur

Necessité d'un code robuste...

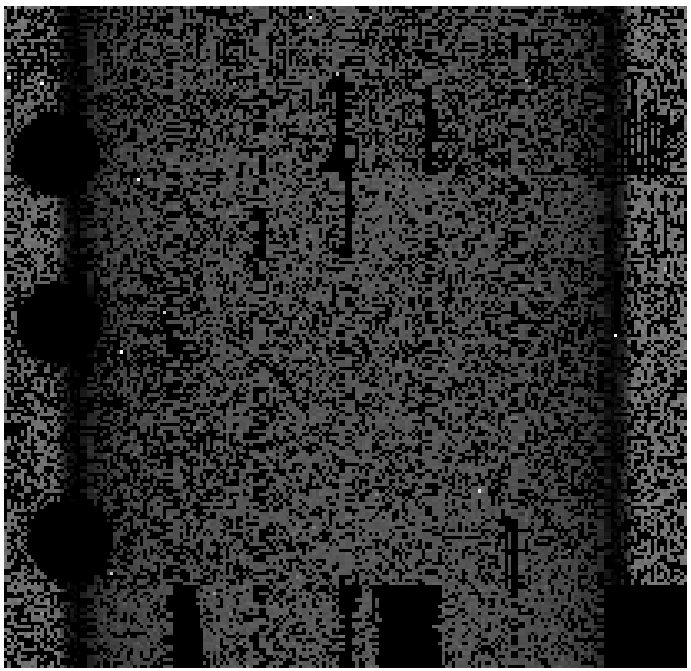
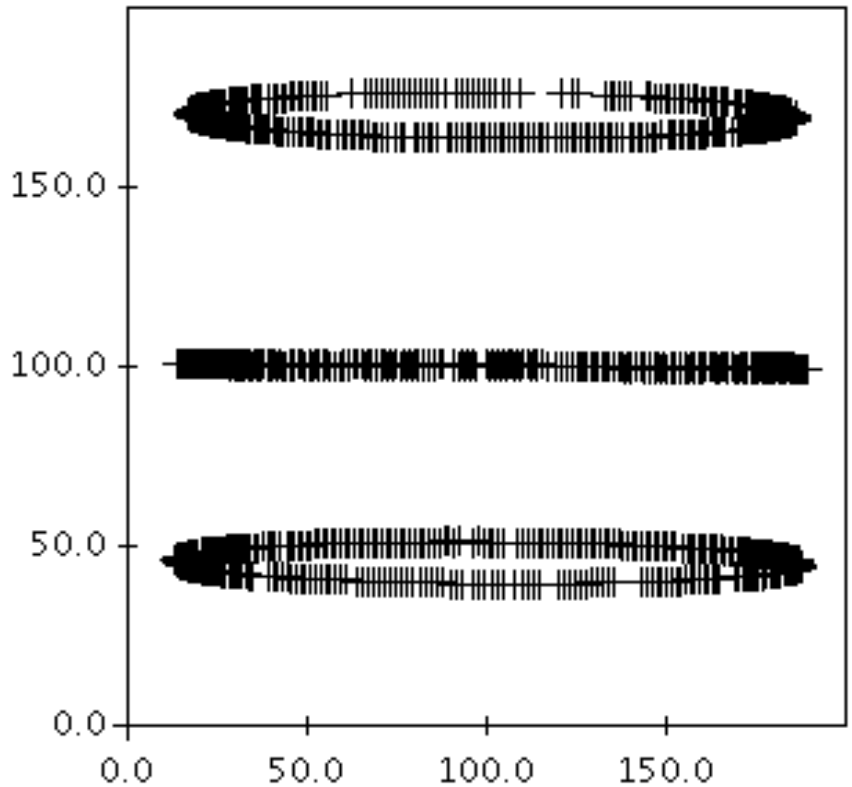


Image brute (données XPAD2)

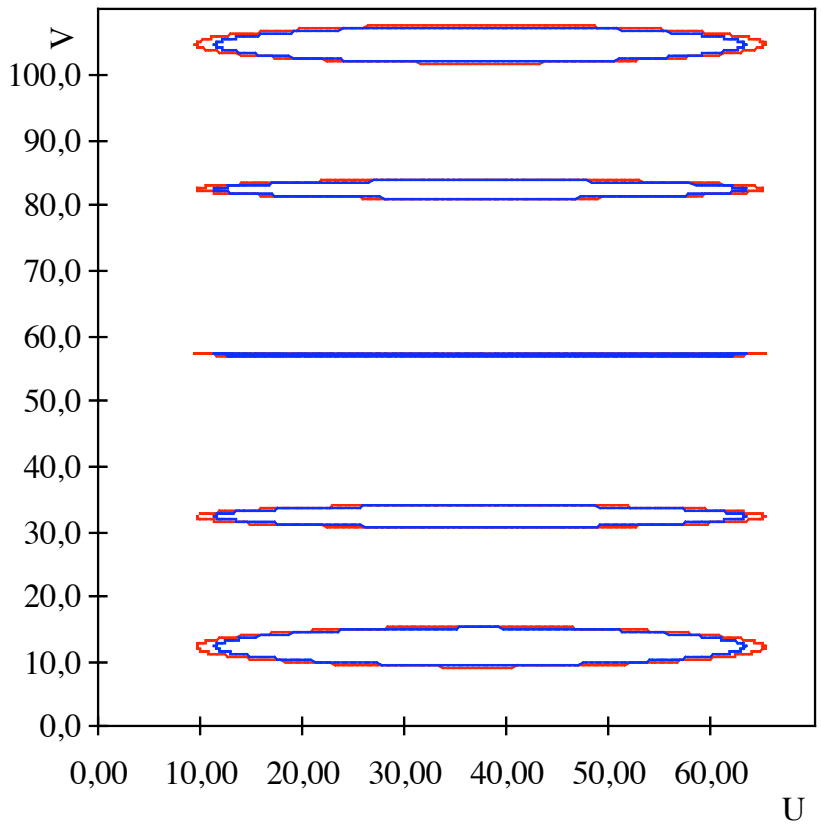
$\Longrightarrow$



Trajectoires des billes dans le plan du détecteur

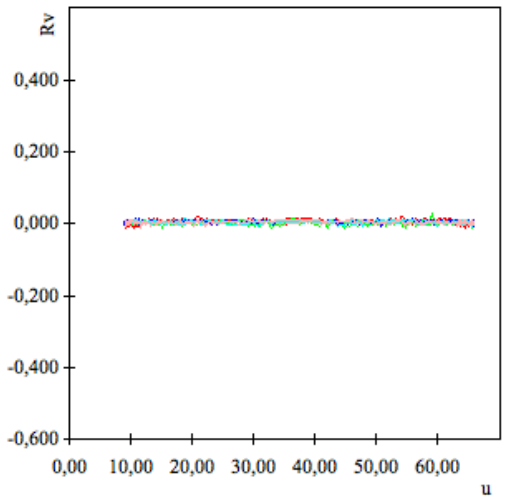
Minimisation des écarts aux équations de projection

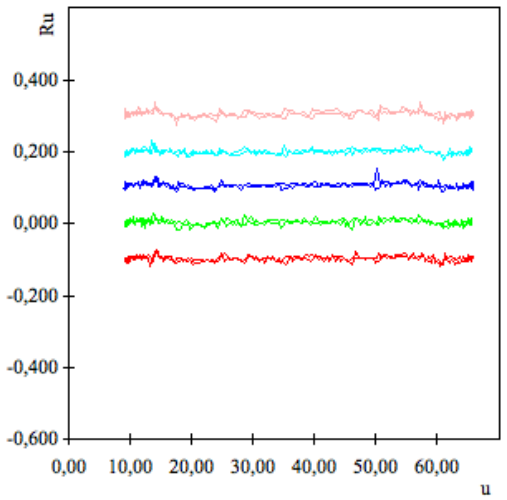
Calibration complète à partir de 360 images de 560 x 960 pixels en moins de 100 secondes

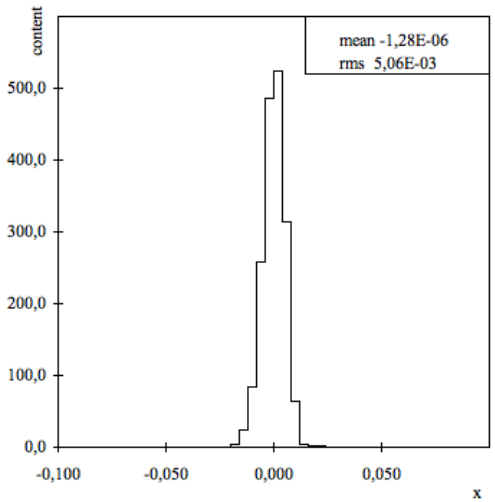


Ajustement du modèle analytique sur les données du détecteur.

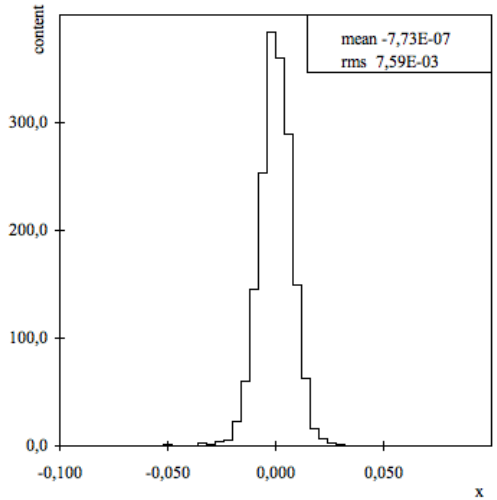
Résultats







Résiduels verticaux

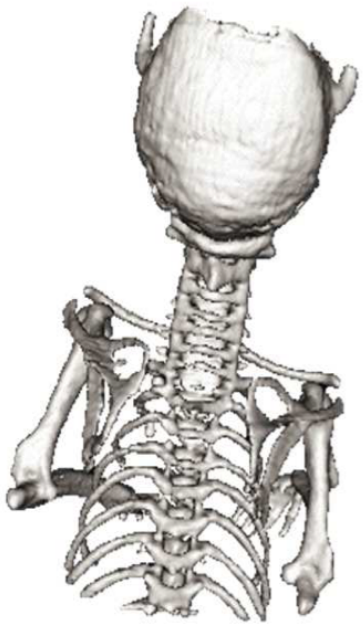


Résiduels horizontaux

Reconstruction tomographique

Calcul du coefficient d'atténuation de chacun des volumes élémentaires (voxels) au niveau de l'objet imagé

Inversion analytique de la Transformée de Radon qui permet d'obtenir les projections d'un objet à partir de sa représentation 2D



Rendu surfacique d'une souris, obtenu avec le scanner PIXSCAN I.

Algorithmes implémentés sur deux cartes graphiques

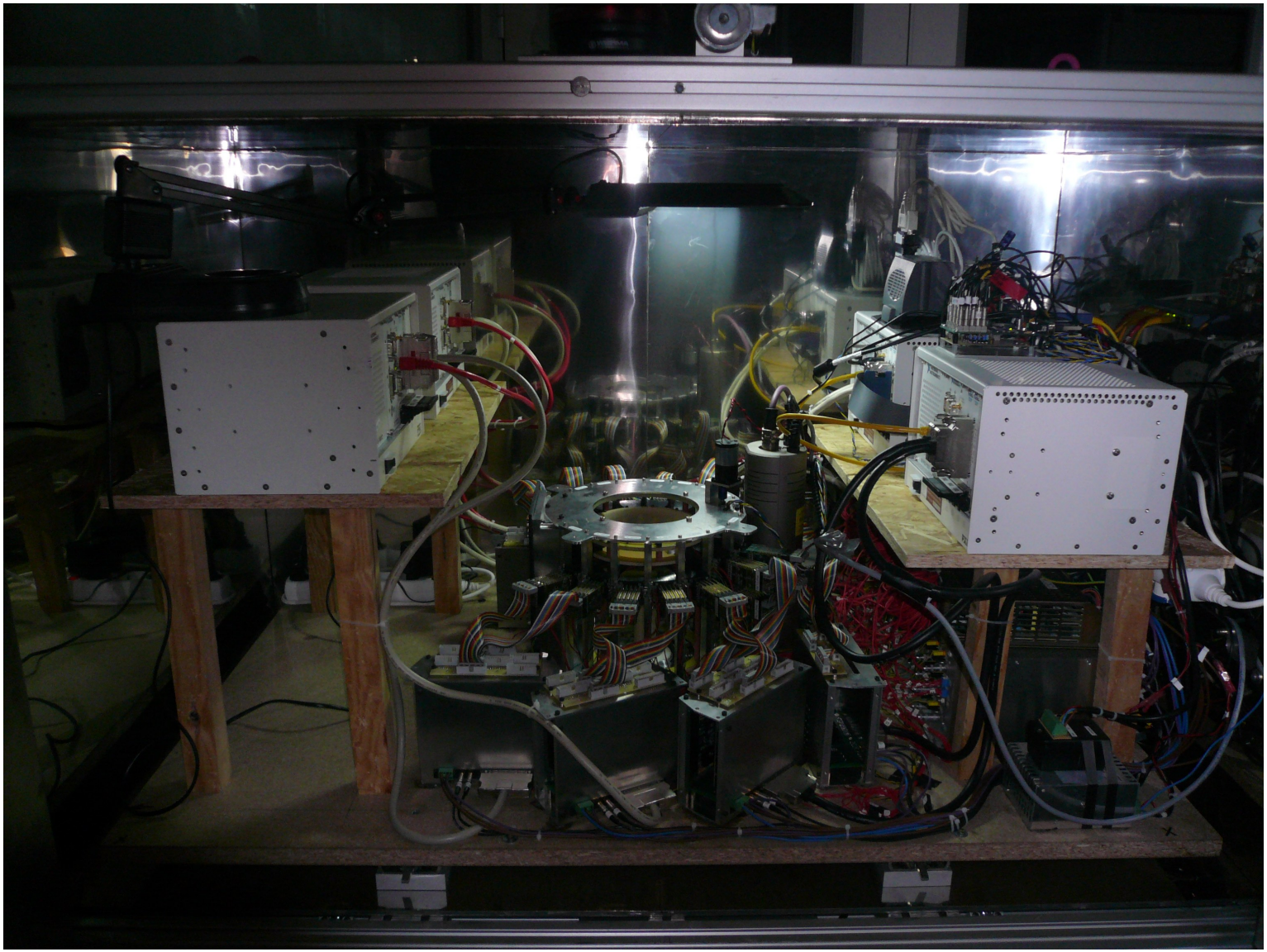
$\Downarrow$

Reconstruction de 360 images pour un volume de 560 x 560 x 960 voxels en 120 secondes

Perspectives

- Assemblage du détecteur XPAD3 mi-juin
- Premières acquisitions dans la configuration ClearPET/XPAD
- Mise en fonctionnement du PIXSCAN II à l'automne.

Configuration ClearPET/XPAD



Evaluation des performances en imagerie

- Comparaison des performances avec un détecteur classique de type CCD
- Imagerie de contraste (produits iodés)
- Réduction de la dose délivrée