



# Une approche multi-résolution pour la reconstruction tomographique d'un objet avec une région d'intérêt

**Marius COSTIN**

CEA LIST, SSTM, LID

INSA Lyon, CNDRI

Valérie KAFTANDJIAN / INSA Lyon, CNDRI

Delphine LAZARO / CEA LIST, SSTM, LID

---

# Sommaire



- Contexte – Projet **Saphir**

- Problèmes

4. ASDIR & ANDIR

6. Résultats préliminaires

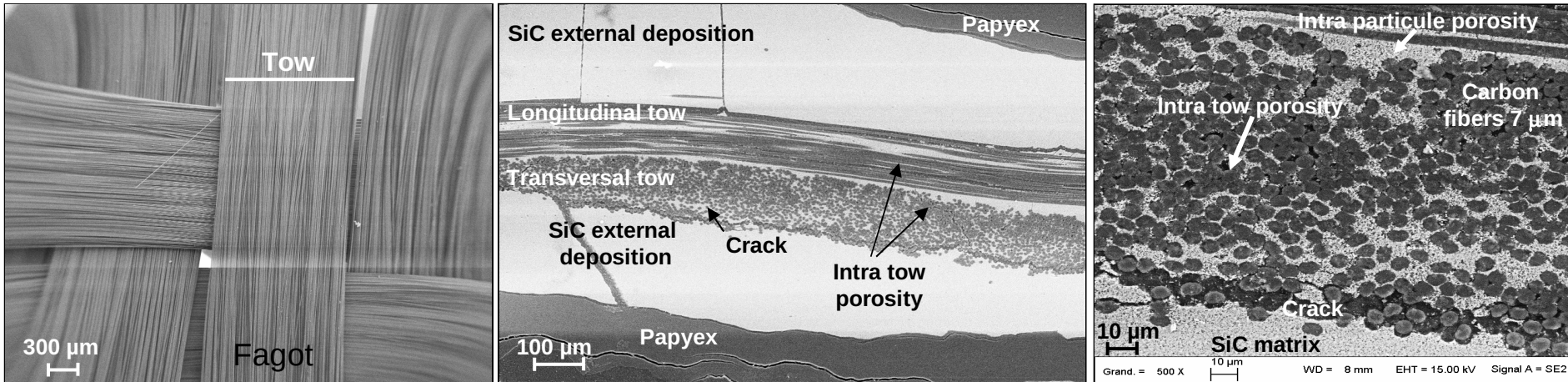
8. Limites et discussion

10. Conclusions et perspectives

# 1. Contexte



- ❖ Projet européen pour la production et le contrôle de matériaux nano-structurés pour l'industrie
- ❖ Echantillon envisagé : tissu de fibres de carbone ( $\varnothing 7\mu\text{m} \rightarrow 25\mu\text{m}$ ), renforcé avec des nanoparticules (SiC)
- ❖ Développer une méthode de contrôle non-destructif (CND) adaptée, pour déterminer la porosité  $\rightarrow$  x-ray micro-CT



(Courtesy : A. Coupe, CEA DEN/DMN/SRMA)

**But principal: imagerie RX avec une résolution micrométrique pour des objets de quelques centimètres de diamètre**

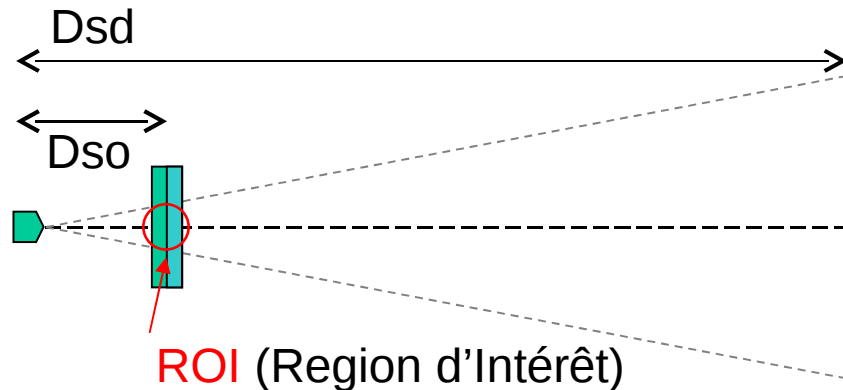
## 2. Problèmes

### 1. Rapport résolution / dimension de l'objet

- rapport d'environ 1:1000 pour les systèmes CT actuels
- notre cas :  $\varnothing=10\text{mm}$ , résolution  $\sim 5\mu\text{m}$  → rapport 1:2000
- rapport pouvant atteindre 1:5000

### 2. Haute résolution → facteur de grandissement élevée (10 à 40) → troncation transversale

### 3. Quantité importante de données (>7 Go / scan)



$$G = \frac{Dsd}{Dso}$$

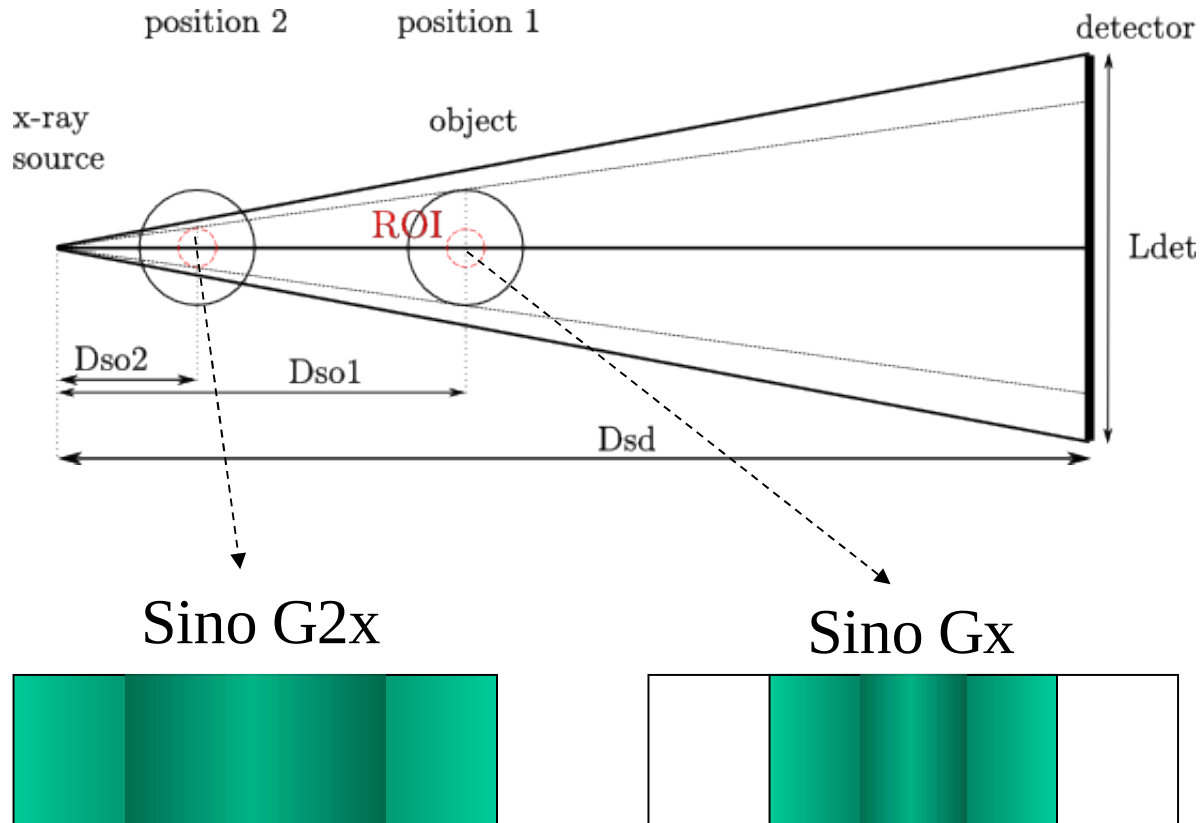
→ **Besoin de développer une méthode adaptée**

### 3. ASDIR&ANDIR

## Approximate Single Detail Image Reconstruction (ASDIR)



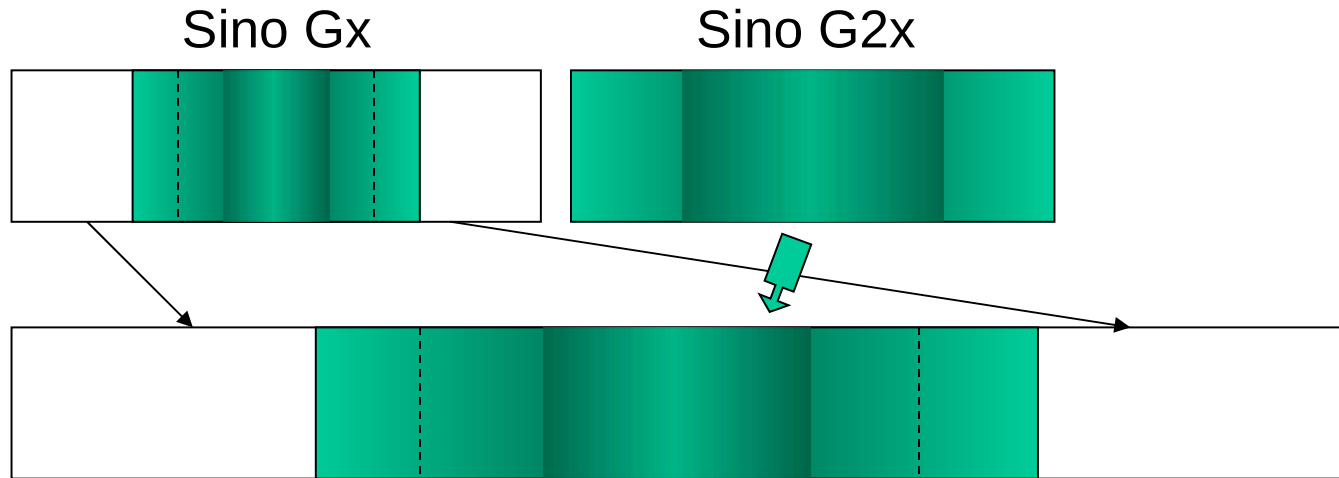
- Méthode de type “Zoom-in”
- Facteur de grossissement doublé → multi-résolution



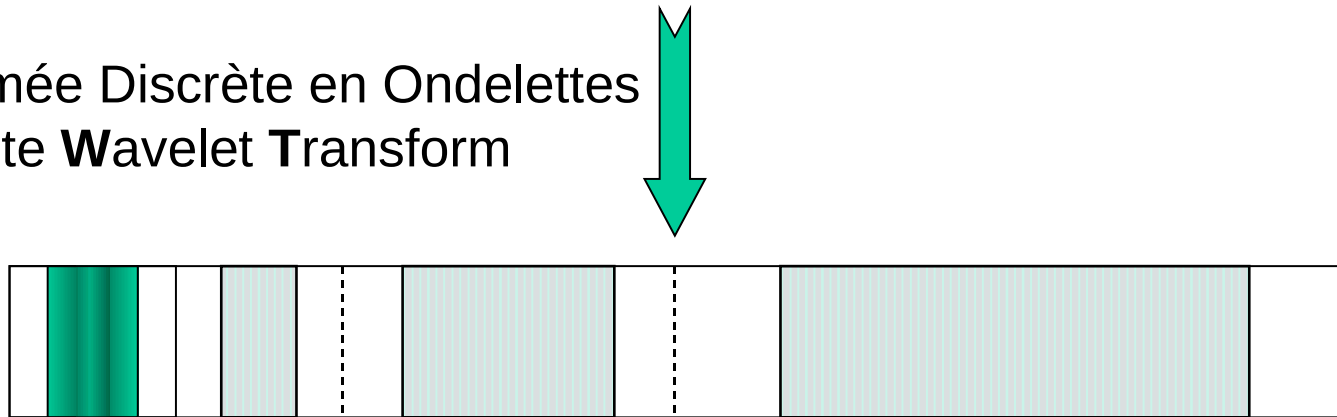
### 3. ASDIR&ANDIR

## ASDIR/ANDIR - algorithme

#1. Création du sinogramme élargi



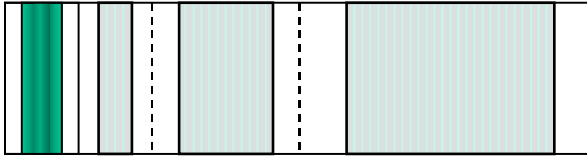
#2. Transformée Discrète en Ondelettes  
/ **D**iscrete **W**avelet **T**ransform



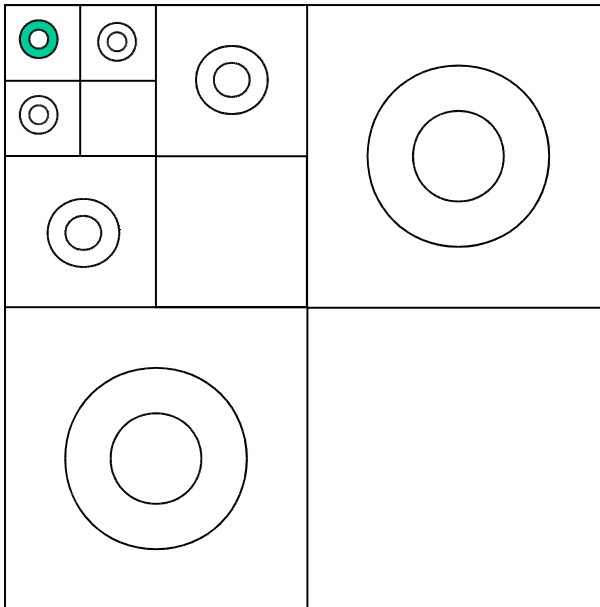
### 3. ASDIR&ANDIR

## ASDIR/ANDIR - algorithme

3#. Rétroprojection

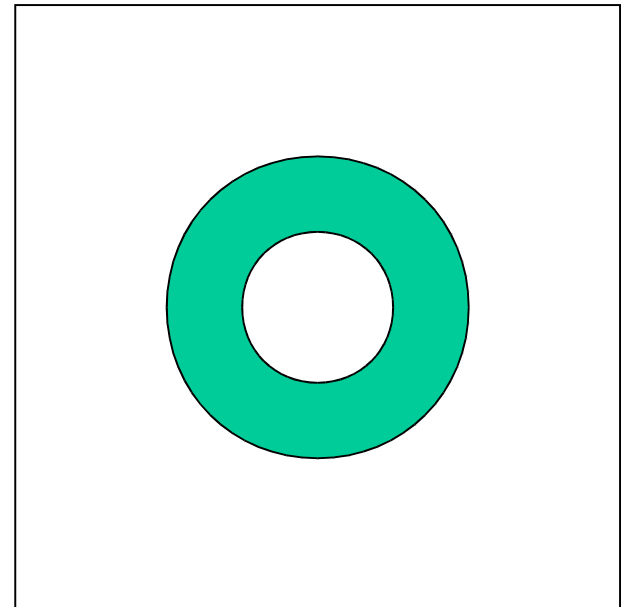


rétroprojection



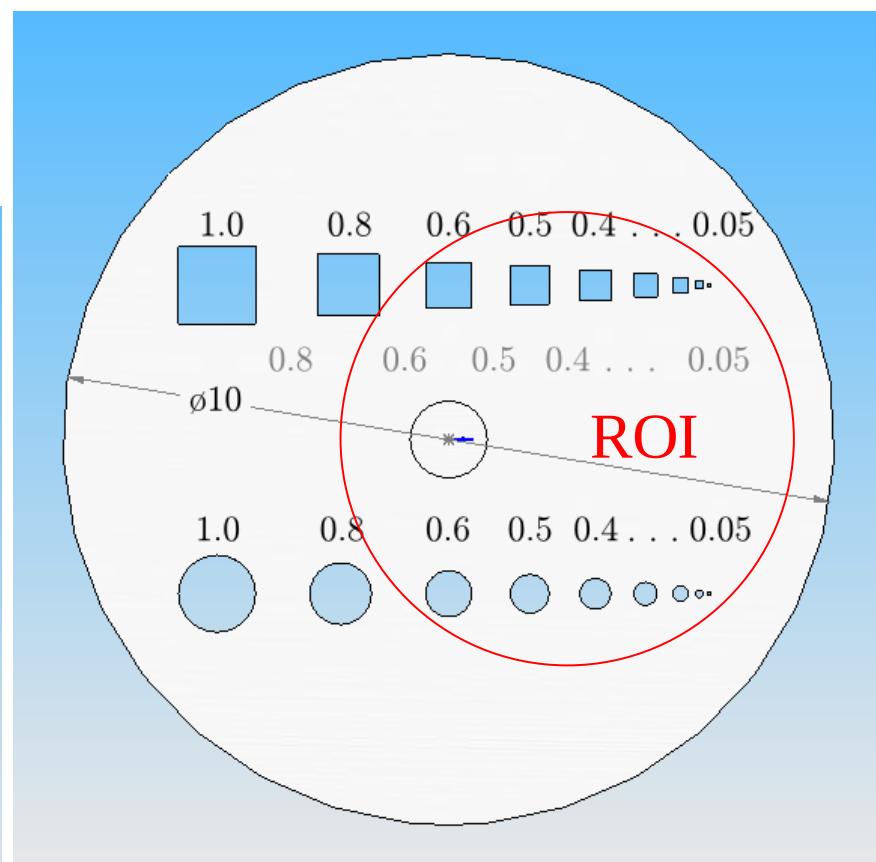
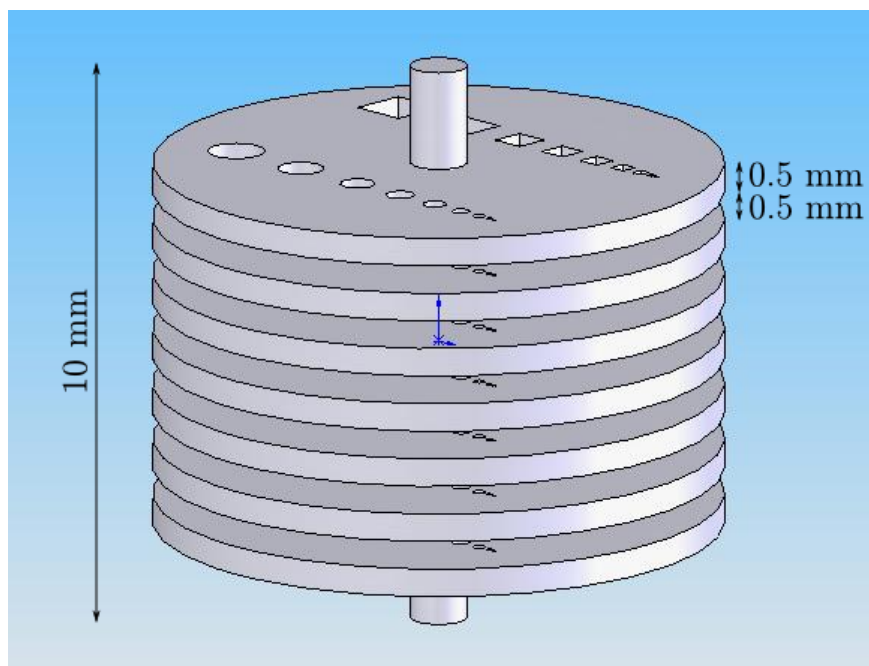
4#. Récupération d'image par DWT inverse

iDWT



## 4. Objet de test : fantôme de Defrise

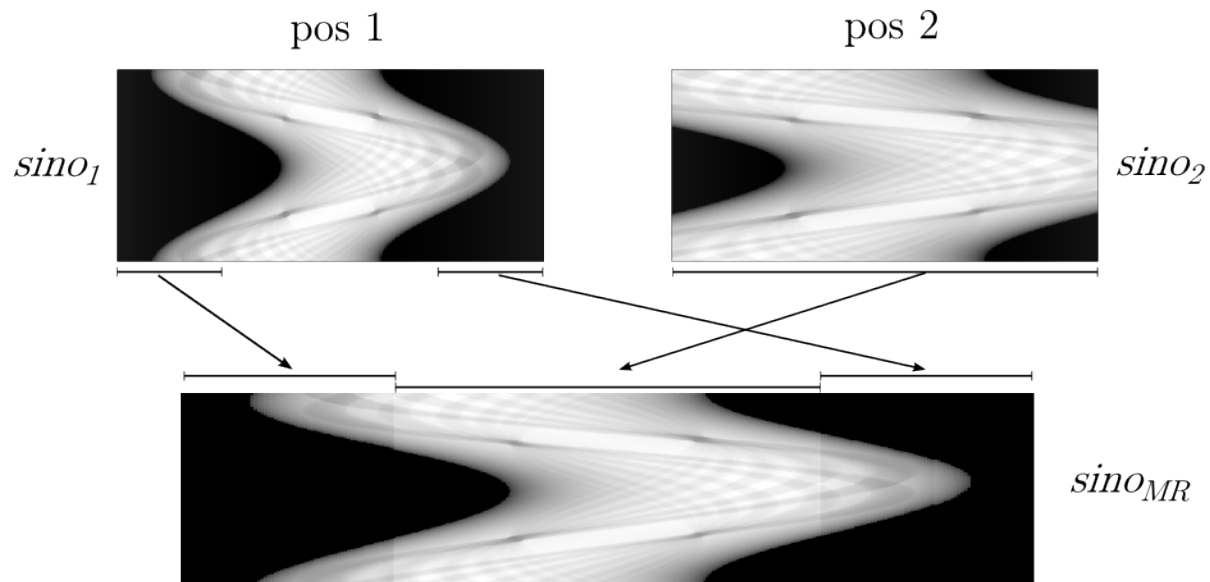
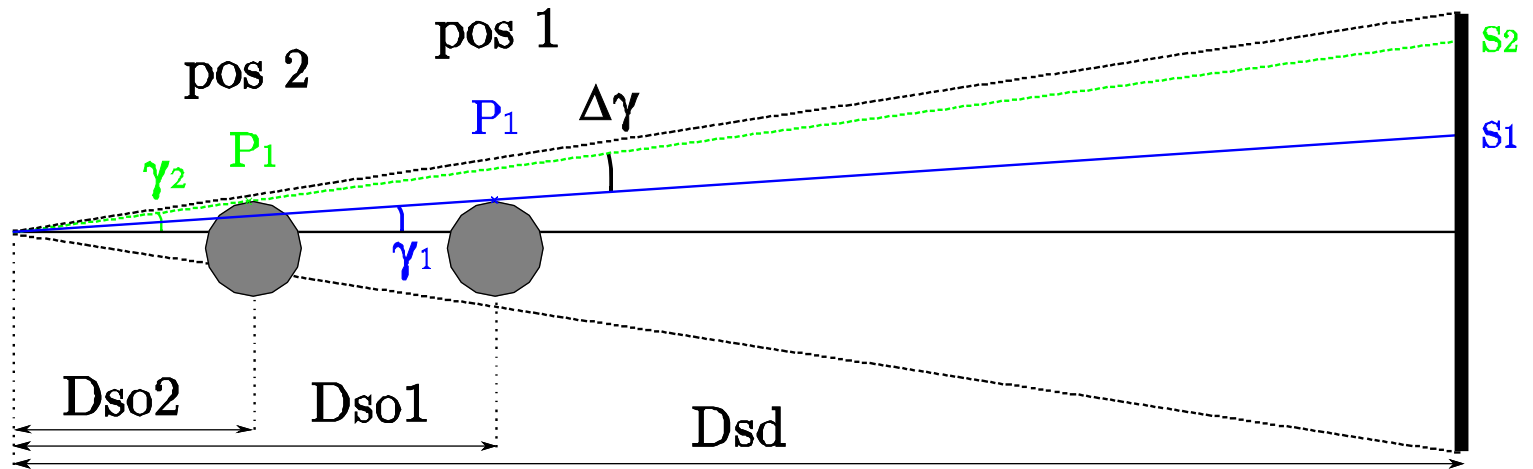
- 7 disques → variation axiale (= “Feldkamp killer”)
- 2 lignes avec des trous :
  - taille décroissante pour évaluer la résolution
  - trous ronds et carrés pour évaluer les artefacts
- Modèle CAO → projections simulées avec **VXI 1.0**





## 4. Résultats préliminaires

- Données simulées, pos1=6x et pos2=12x, 256<sup>2</sup>pixels, 240 proj.

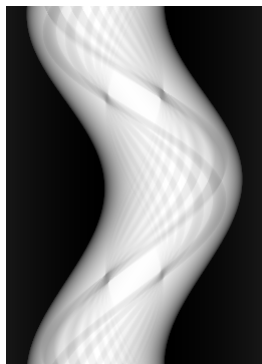


## 4. Résultats préliminaires

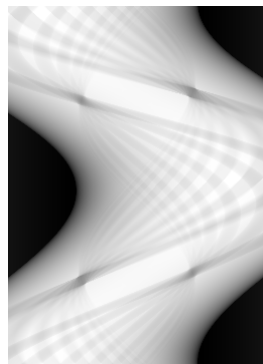
Copie directe ( 2 x 256x240 pixels → 512<sup>2</sup> pixels )



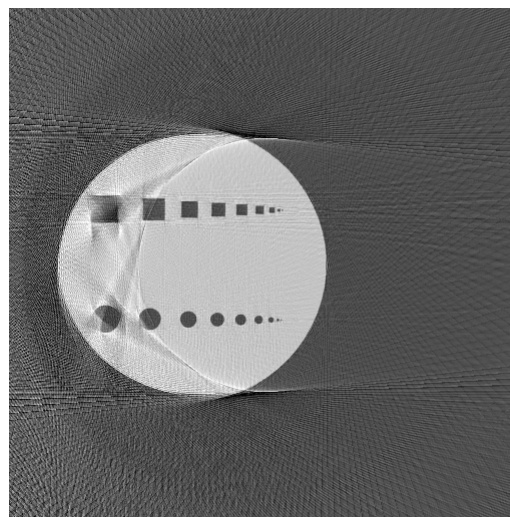
Pos 1  
6x



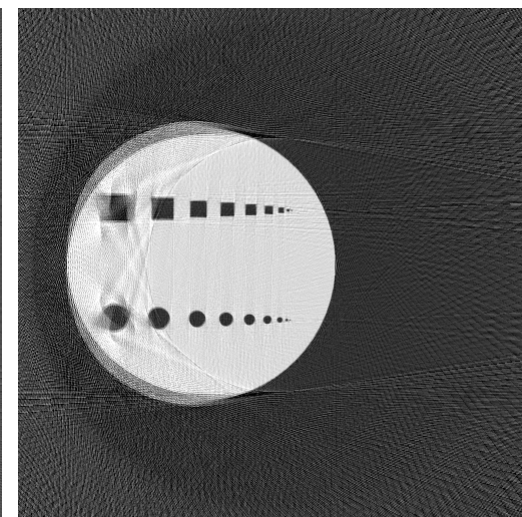
Pos 2  
12x



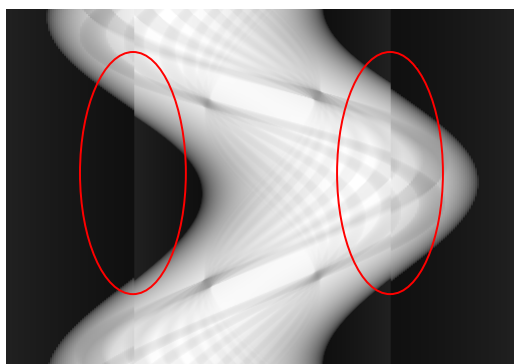
Short scan  
144 projections



Full scan  
240 projections



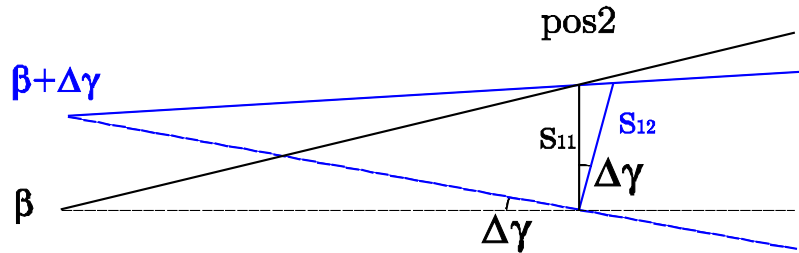
Sinogramme élargi



# 4. Résultats préliminaires

## Correction

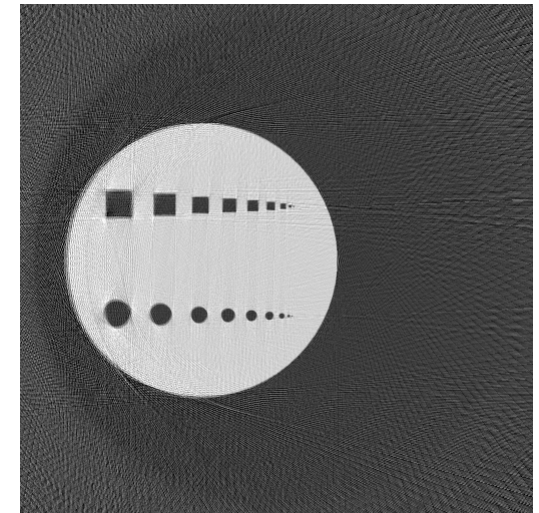
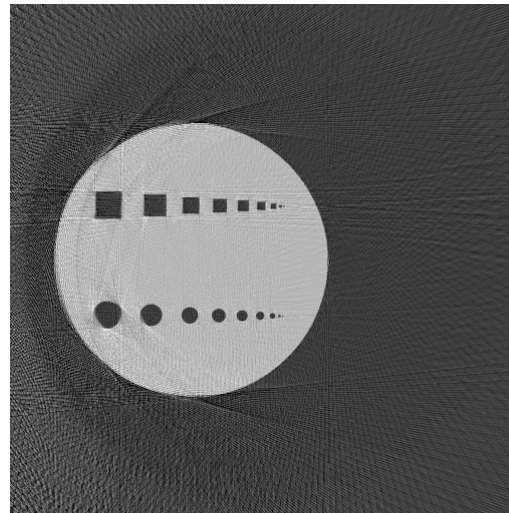
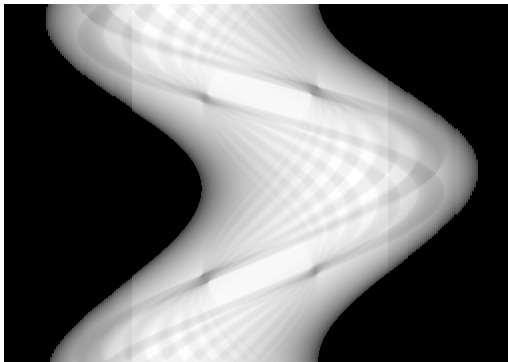
$$\text{ino2}(\beta, s_{11}) = \text{ino1}(\beta + \Delta\gamma, s_{12} \cos(\Delta\gamma))$$



Short scan  
144 projections

Full scan  
240 projections

Sinogramme élargi



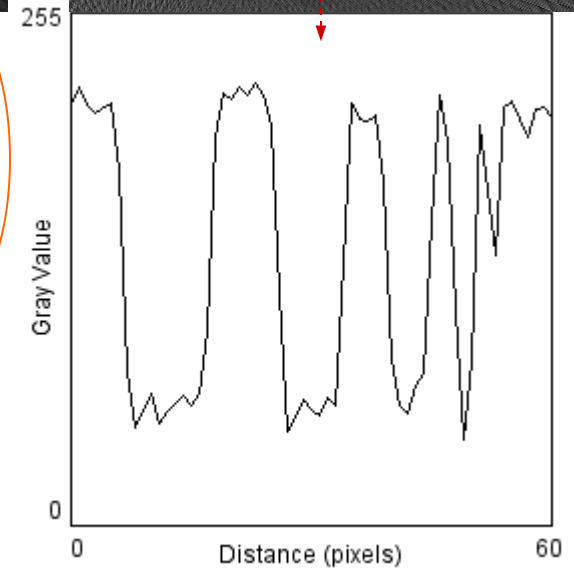
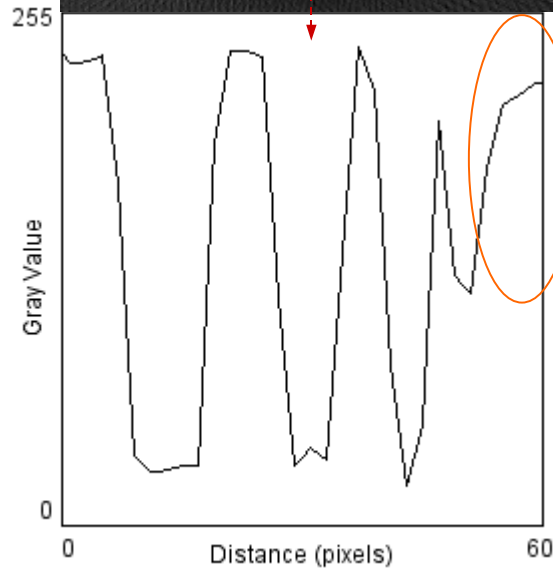
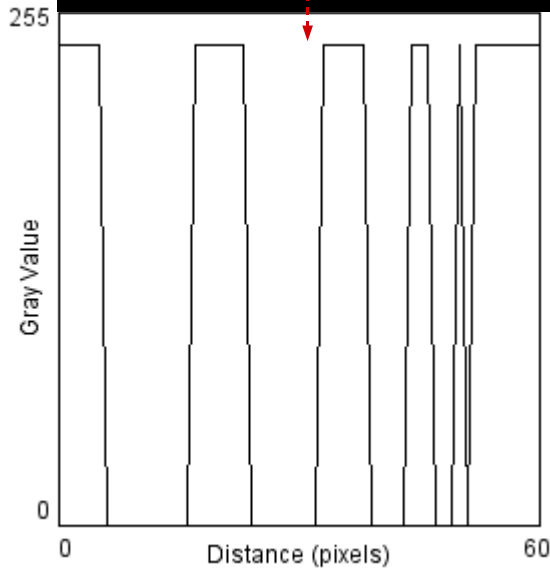
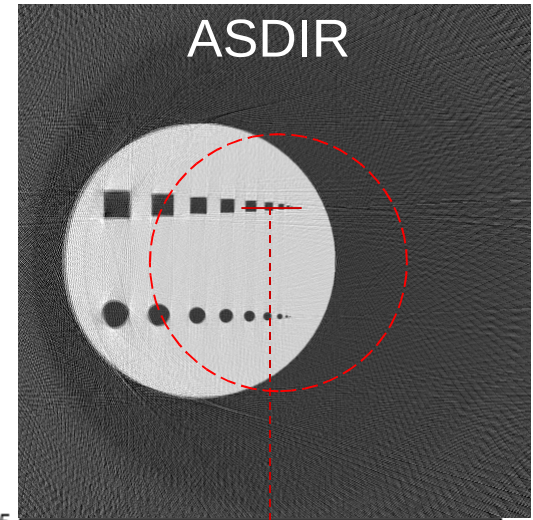
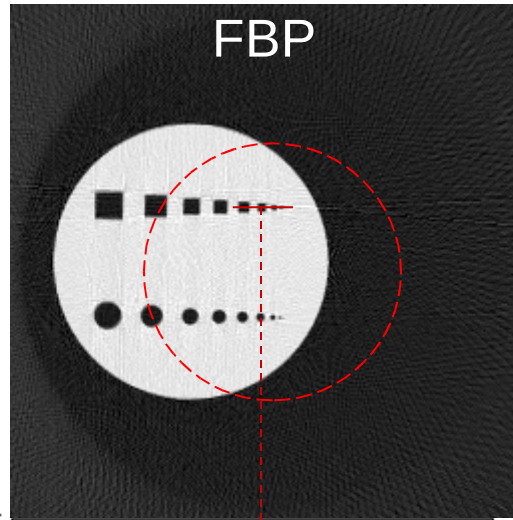
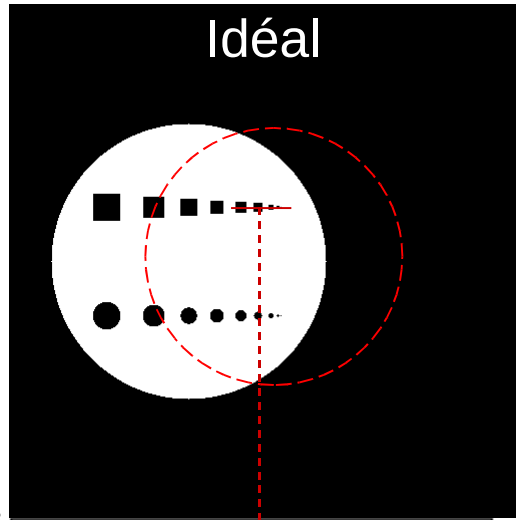
# 4. Résultats préliminaires : comparaison



512<sup>2</sup>px

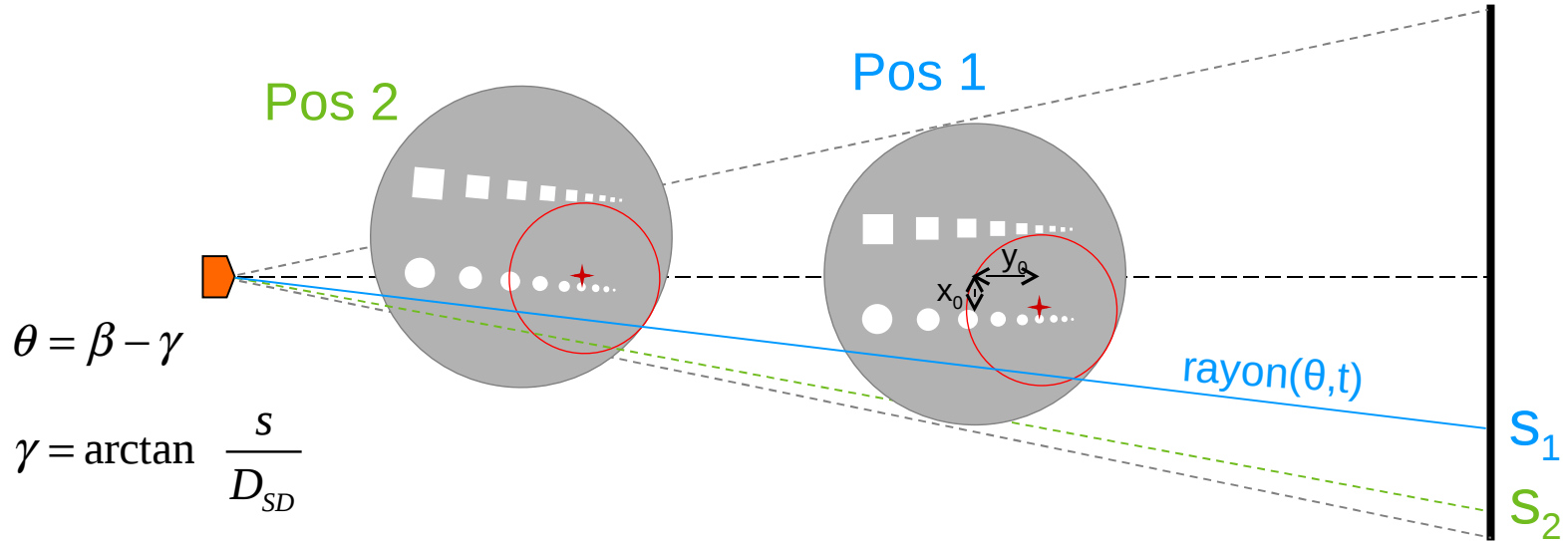
256px×240proj → 256<sup>2</sup>px

2×256px×240proj → 512<sup>2</sup>px



## 5. Limites et discussion

Correction avec offset:  $\sin\alpha_1(\beta_1, s_1) = \sin\alpha_2(\beta_2, s_2)$



$$\theta = \beta - \gamma$$

$$\gamma = \arctan \frac{s}{D_{SD}}$$

$$t = \frac{s}{G} \cos \gamma$$

$$\beta_2 = \beta_2 + \Delta\gamma = \beta_2 - \arctan \frac{s_1}{D_{SD}} + \arcsin \frac{f_1 t_1 - f_2 \sqrt{(x_0^2 + y_0^2)} \cos f_3 \arctan \frac{|x_0|}{|y_0|} + \theta}{D_{SD}}$$

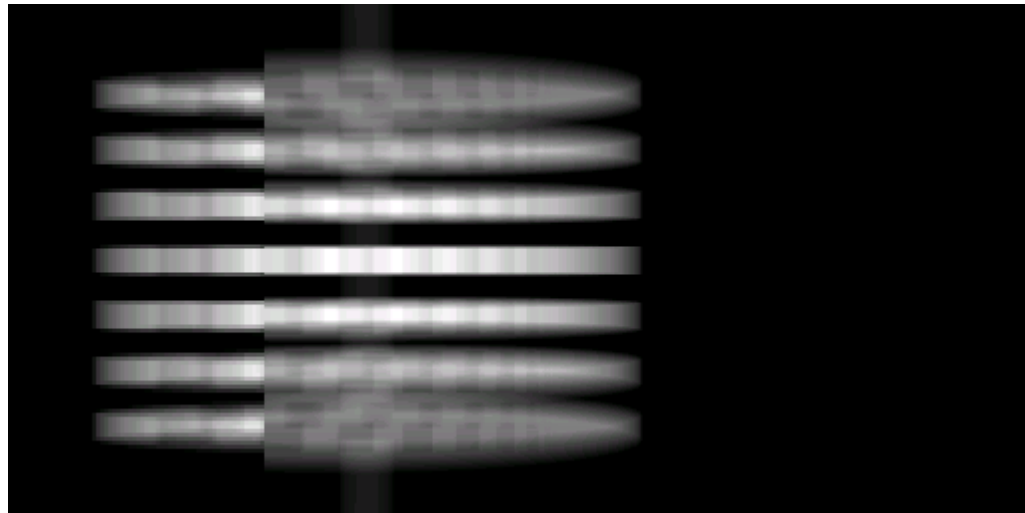
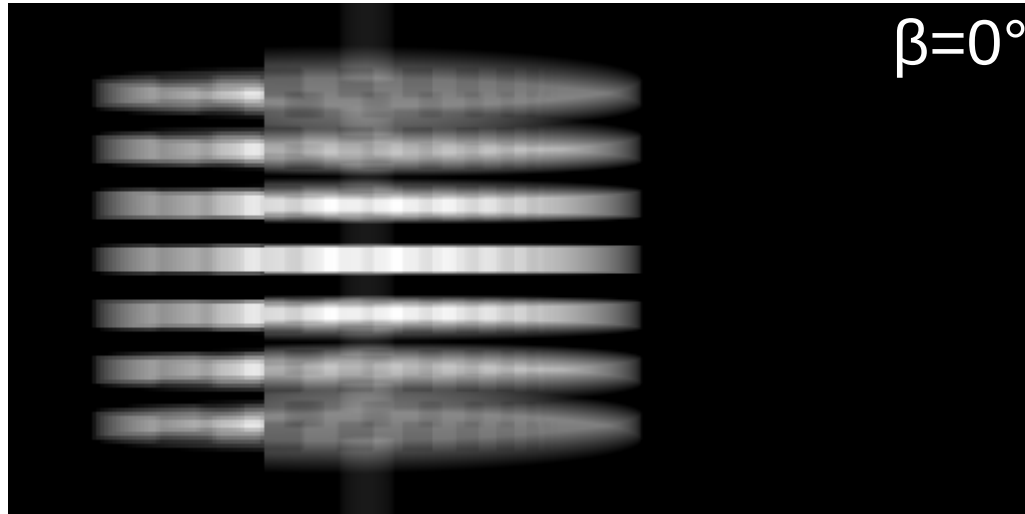
$$s_2 = D_{SD} \tan \arcsin \frac{f_1 t_1 - f_2 \sqrt{(x_0^2 + y_0^2)} \cos f_3 \arctan \frac{|x_0|}{|y_0|} + f_2 \theta}{D_{SD}}$$

## 5. Limites et discussion

---

### Extension au cas 3D

cea

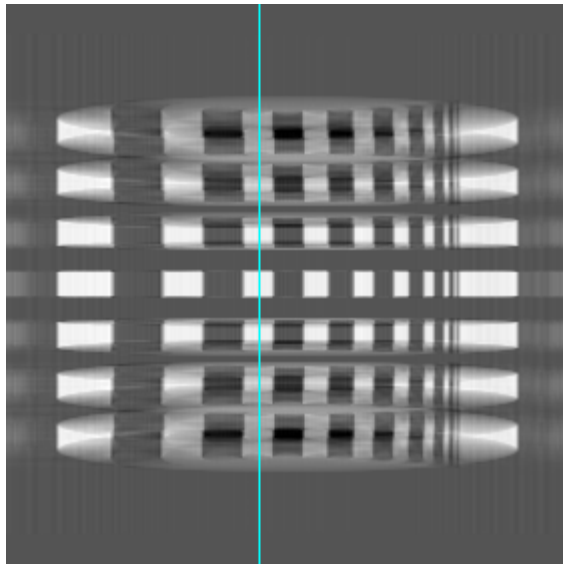




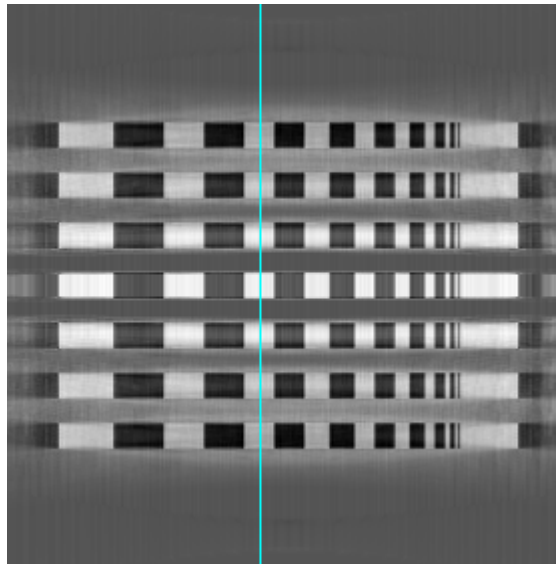
## 5. Limites et discussion

### Extension au cas 3D – limité a $\sim 6^\circ$

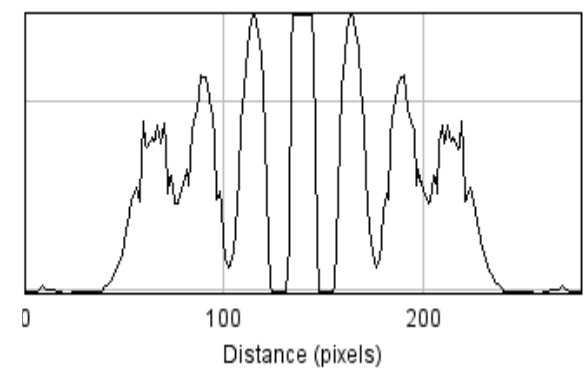
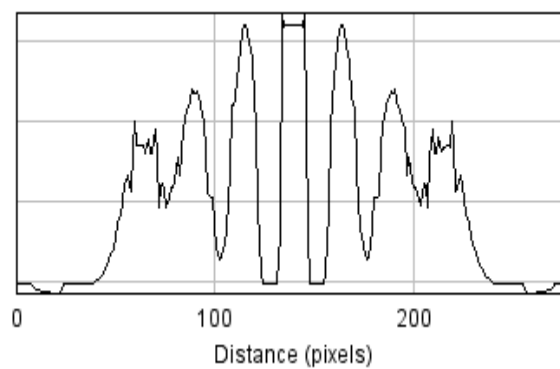
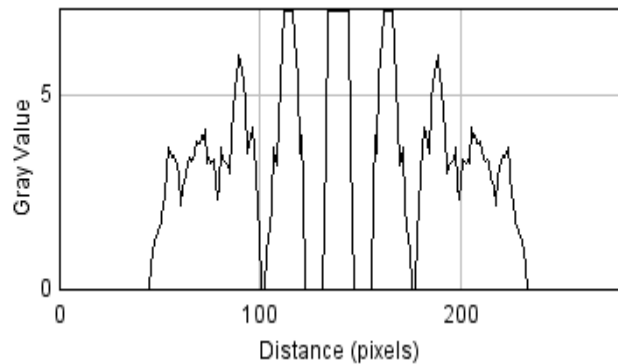
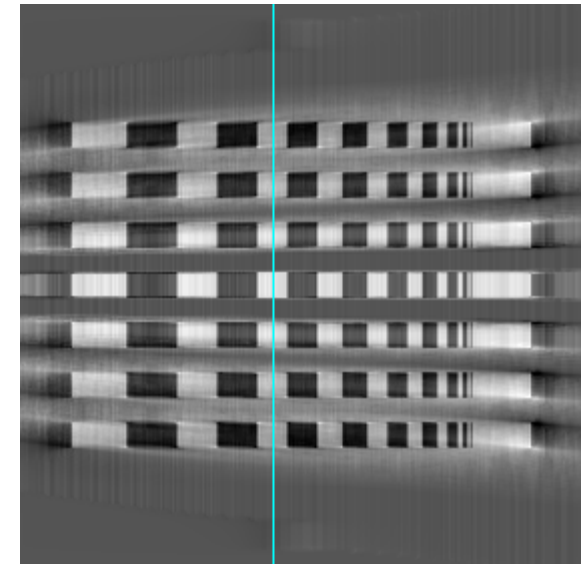
2D (360proj)



3D Full scan (360proj)



3D Short scan (199proj)



## 6. Conclusions et perspectives

---

### ❖ Méthodes ASDIR/ANDIR

#### •Avantages :

- Image multi-résolution – en gardant seulement les coefficients d'ondelettes on réduit la demande de stockage
- Rapport résolution-objet > 1:1000
- ANDIR peut être utilisé pour pré-visualiser l'objet reconstruit

#### •Limites :

- Extension au 3D seulement pour petites angles d'ouverture  
→ pseudo-3D (coup par coup)

### ❖ L'alignement du système est très important

### ❖ Test de ASDIR sur des images expérimentales (nano-CT)

