

**GERIM2/RXCT : UNE PLATEFORME VERSATILE D'IMAGERIE X ROBOTISÉE POUR
L'INSPECTION DE COMPOSANTS DE GRANDES DIMENSIONS**

caroline.vienne@cea.fr

PRECEND | Vienne Caroline

list
cea tech

The logo for GERIM2, featuring a stylized blue and white graphic of a butterfly or a fan-like shape above the text "GERIM2" in a blue, sans-serif font.

The logo for Institut Carnot CEA LIST, consisting of a blue square with a white stylized 'C' shape inside, followed by the text "INSTITUT CARNOT" and "CEA LIST" in white on a blue background.

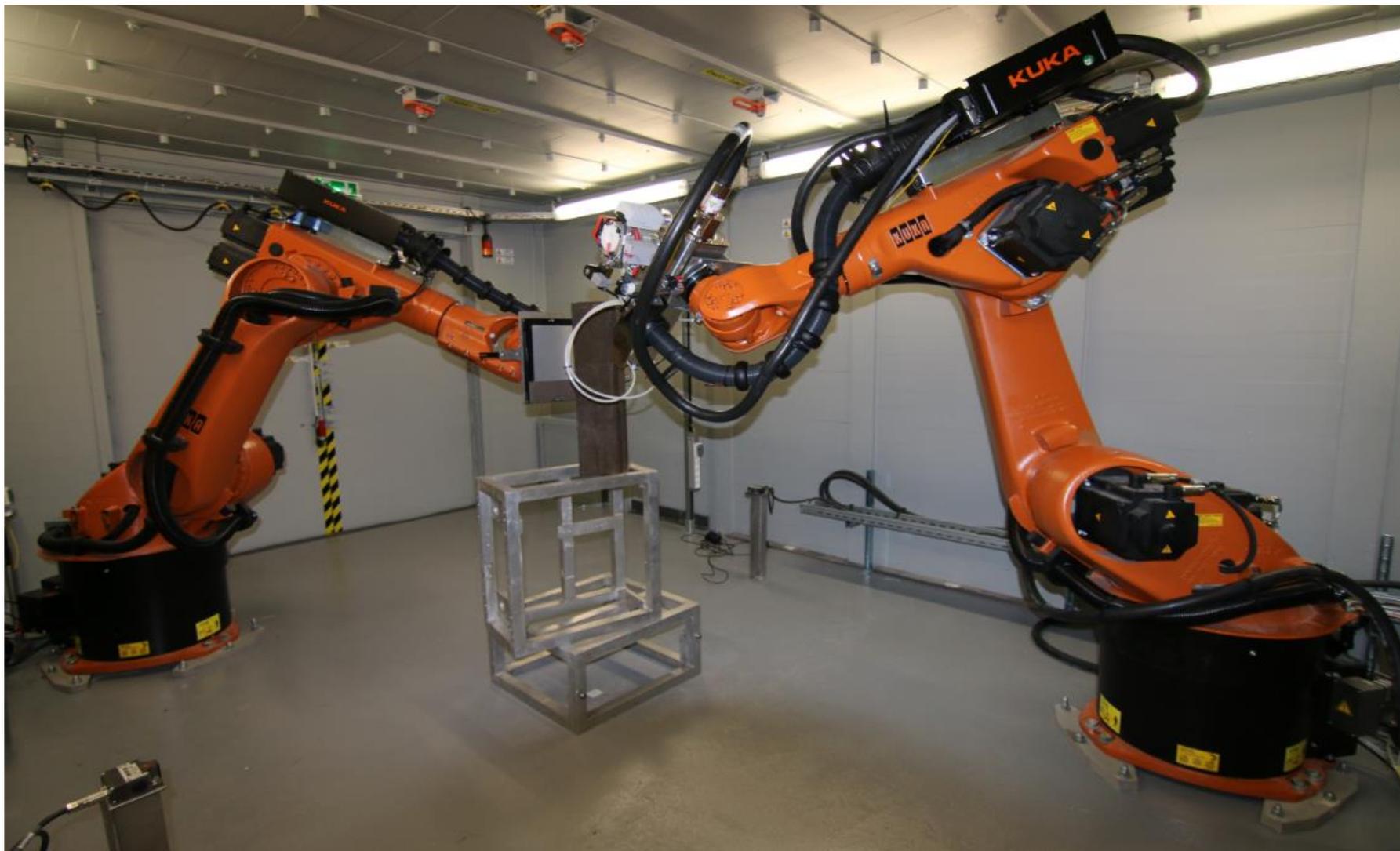
The logo for Université Paris-Saclay, featuring a purple square with a white dot and the text "université PARIS-SACLAY" in white.



- **Projet GERIM2 initié en 2012**
 - Fédérer la R&D francilienne dans le domaine du CND
 - Financement d'équipements mutualisés en Ile de France
 - Equipements pour le contrôle en US, CF, RX
 - RX : tomographie robotisée
 - Cellule installée au CEA Saclay

- **Partenaires :**
 - Recherche publique : CEA, ENS Cachan, Université Paris XI, CNRS, Supélec, Inria
 - Industriels utilisateurs : Areva, Cetim, Dassault Aviation, EADS Innovation Work, EDF, Extende, Snecma, Technip, Vallourec

PRÉSENTATION DE LA PLATEFORME



PRÉSENTATION DE LA PLATEFORME

TUBE MICRO-FOYER

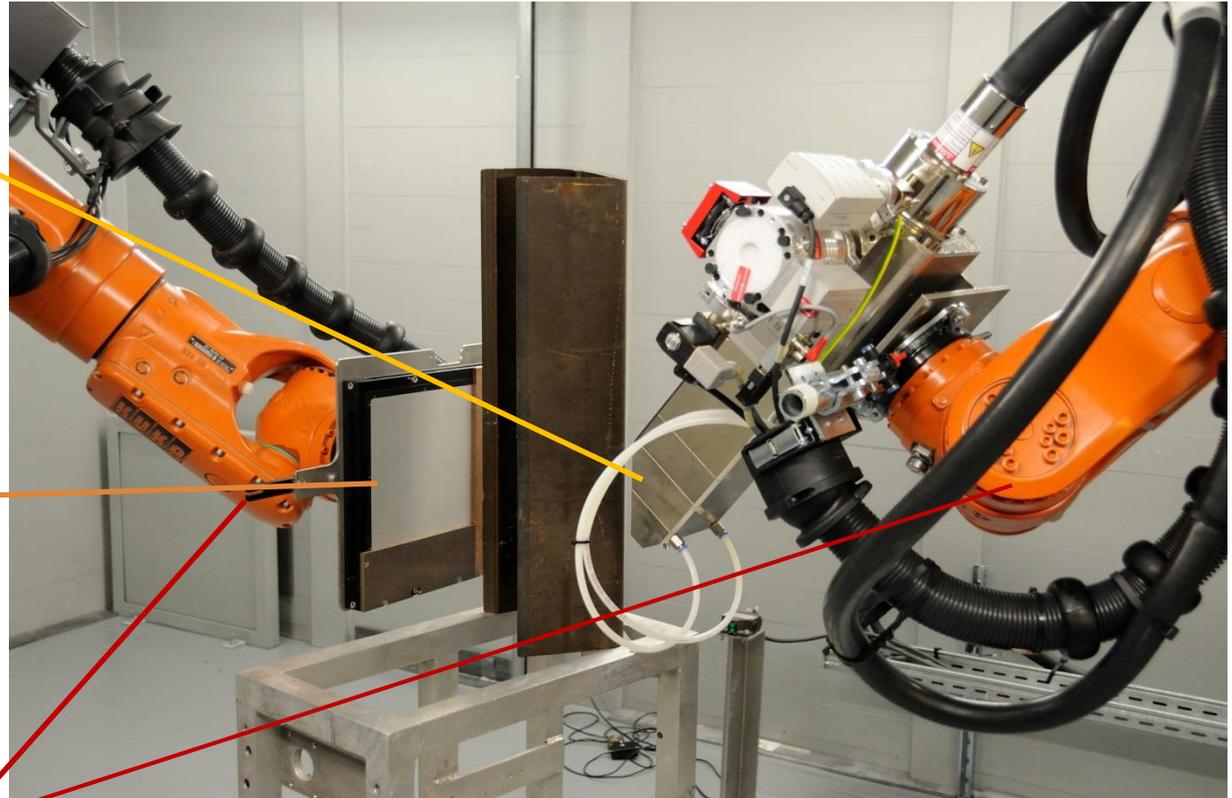
Viscom
10kV - 225 kV
<5 μ m

DÉTECTEUR PLAN

Perkin Elmer
1024 x 1024 pixels
200 μ m

ROBOTS 6 AXES

Kuka KR60HA
60 kg charge
< 0,05mm



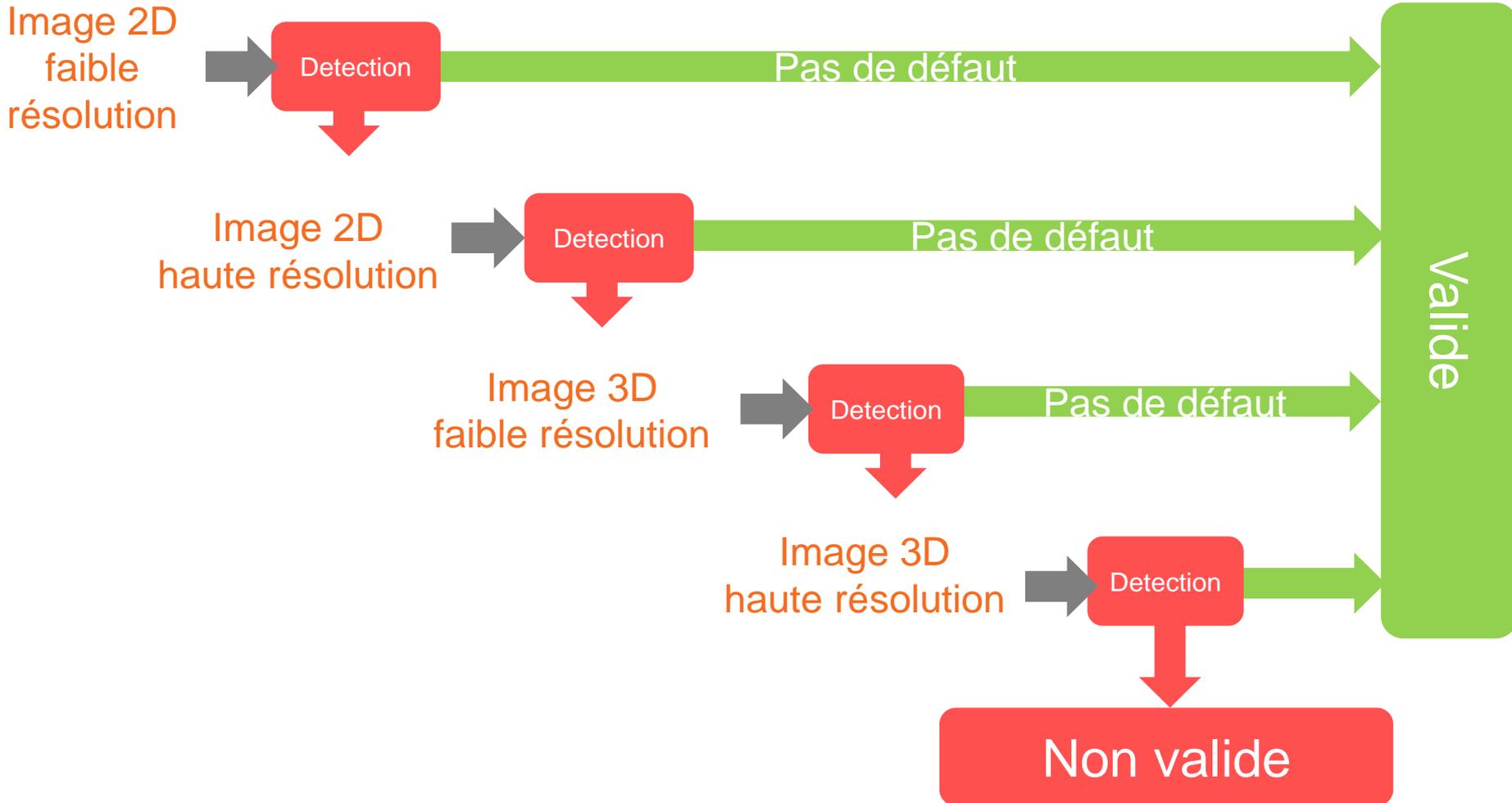
Cellule blindée de 4 m X 6 m
16 mm Pb

- **Assurer une inspection radiographique efficace :**
 - Balayage de la surface de la pièce
 - Optimisation de la position du couple source / détecteur par rapport à la pièce
- **Nouvelles applications de la tomographie X :**
 - Inspection de pièces larges ou assemblées
 - Flexibilité, optimisation de l'inspection
 - Réduction du temps d'acquisition

Contrôle géométrique 3D
Porosités
Délaminages
Fissures



UNE PROCÉDURE DE CONTRÔLE PROGRESSIVE 2D / 3D



- Quatre étapes qui reposent sur des logiciels de simulation CT et robotique

Modèle de la pièce

Définition de la trajectoire

Validation de la trajectoire

Acquisition des projections

Reconstruction



Définition de la trajectoire

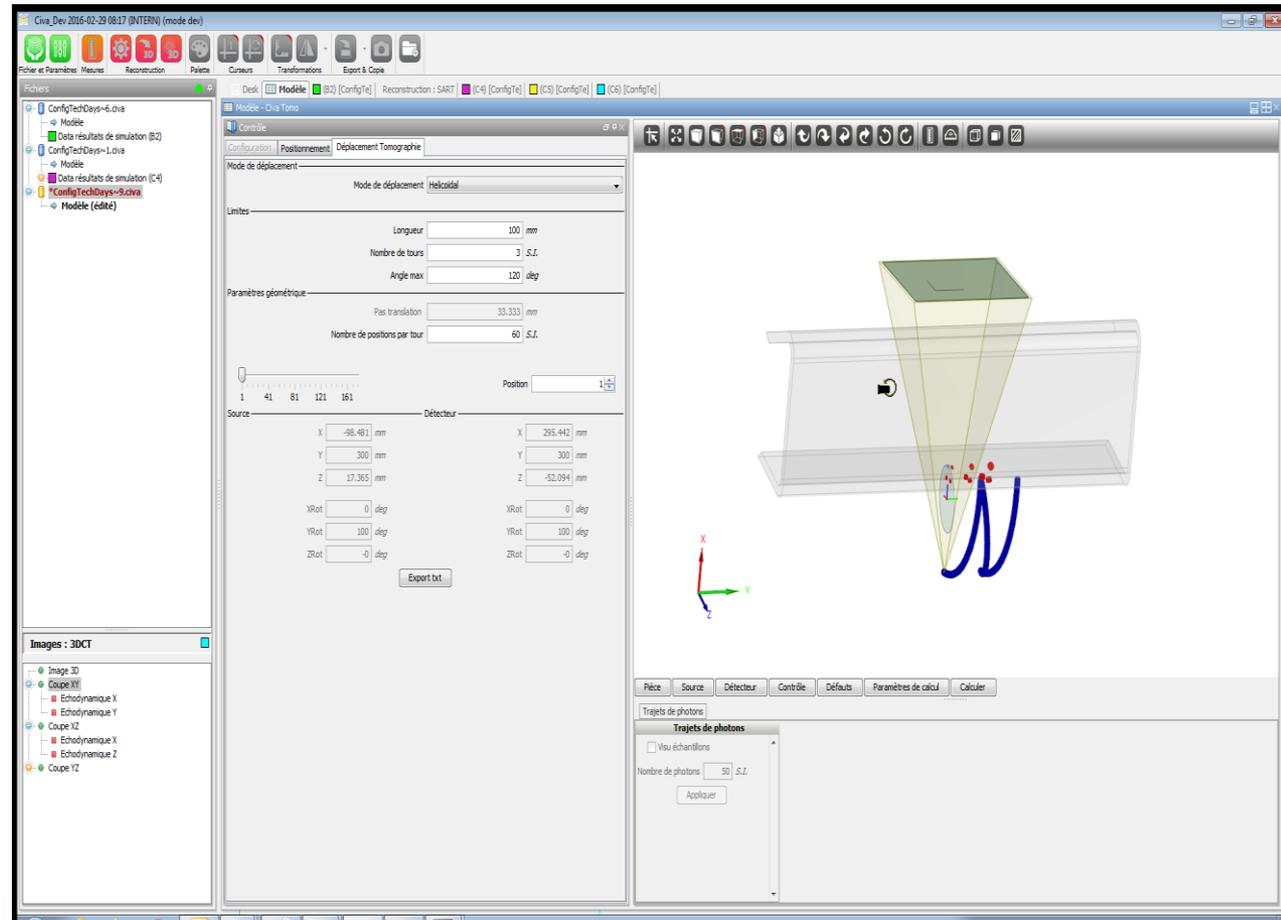
Validation de la trajectoire

Acquisition des projections

Reconstruction

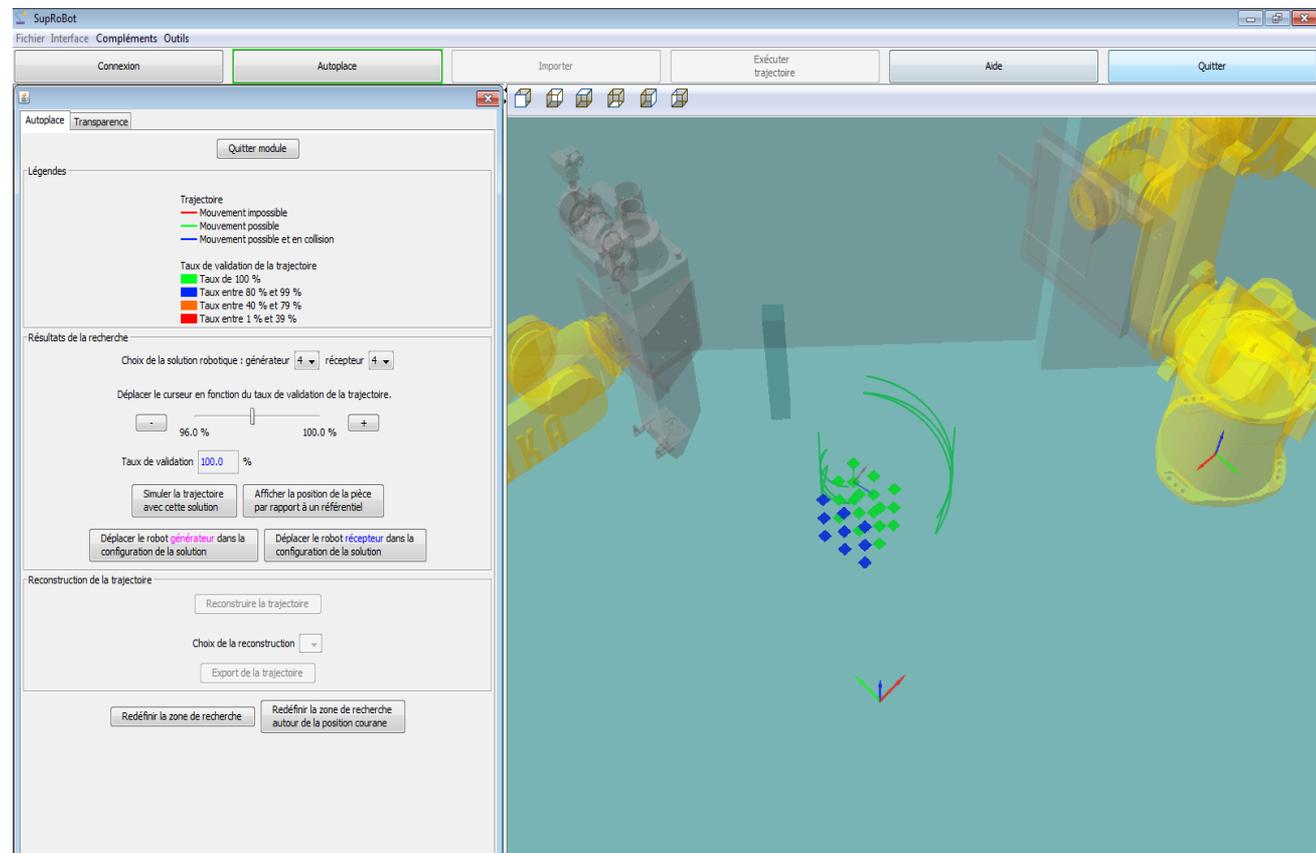
Logiciel CIVA

- Paramètres d'acquisition
- Géométrie
- Trajectoire
- Evaluation des limites de détectabilité



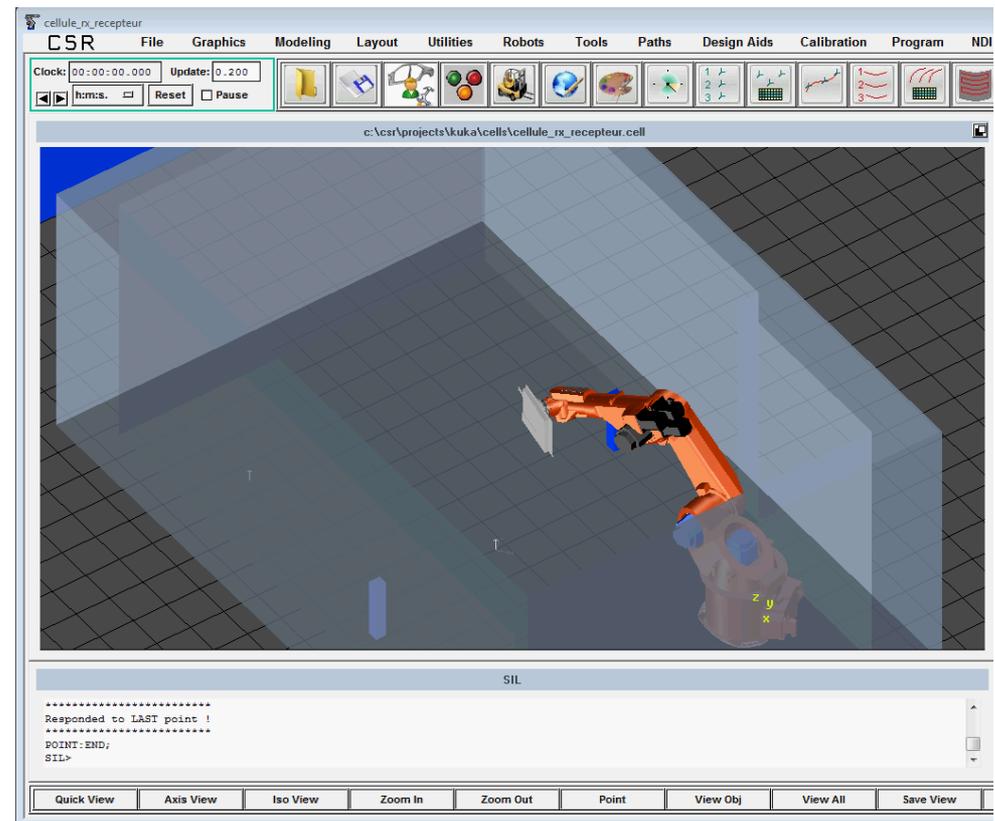
Outil de simulation robotique

- Chargement de la trajectoire
- Assistance pour le positionnement de la trajectoire dans l'environnement



Outil de simulation robotique

- Validation des points atteignables par les robots
- Alerte de collision
- Sélection de la configuration robotique la mieux adaptée
- Envoi des points de trajectoire au contrôleur du robot



Définition de la trajectoire

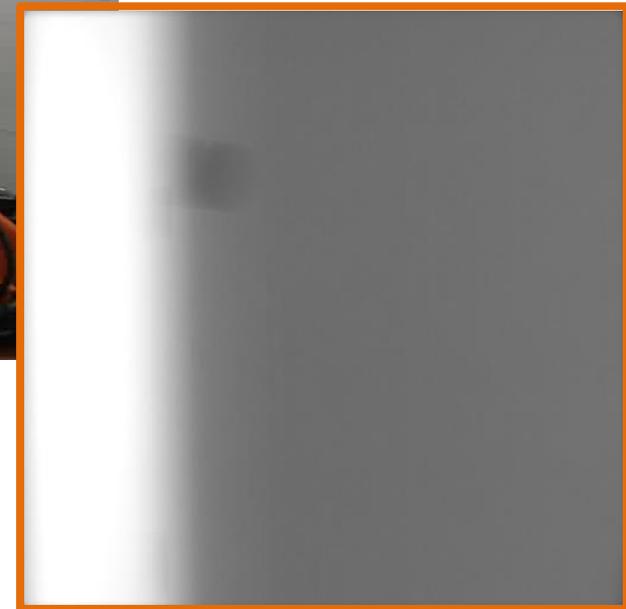
Validation de la trajectoire

Acquisition des projections

Reconstruction



2D X-ray projections

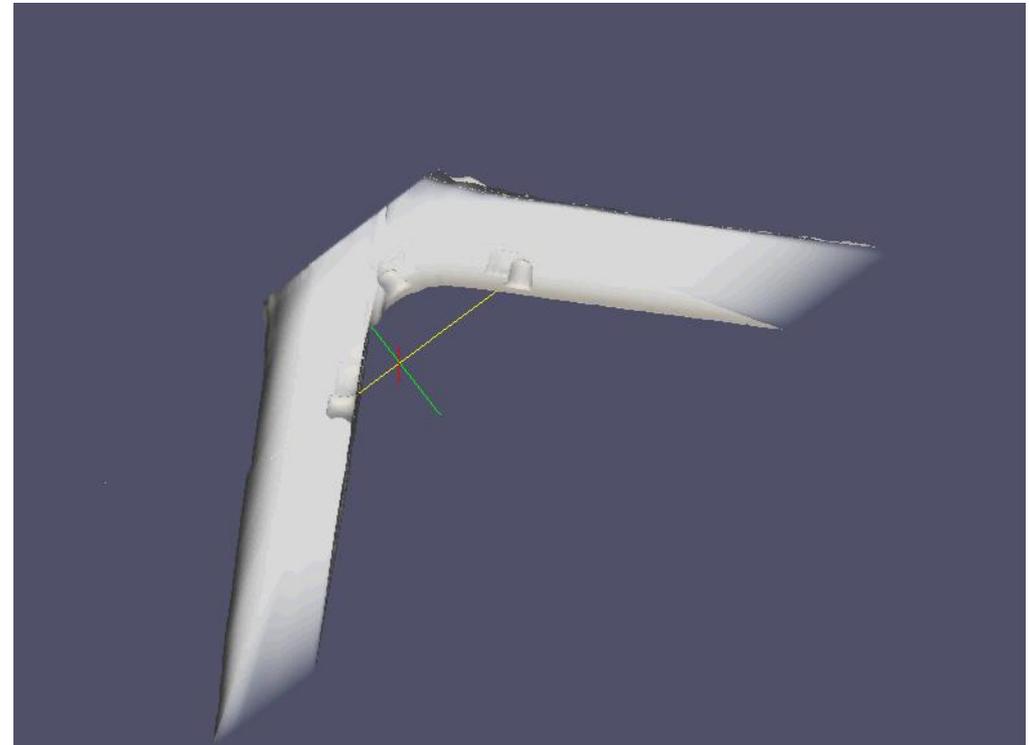
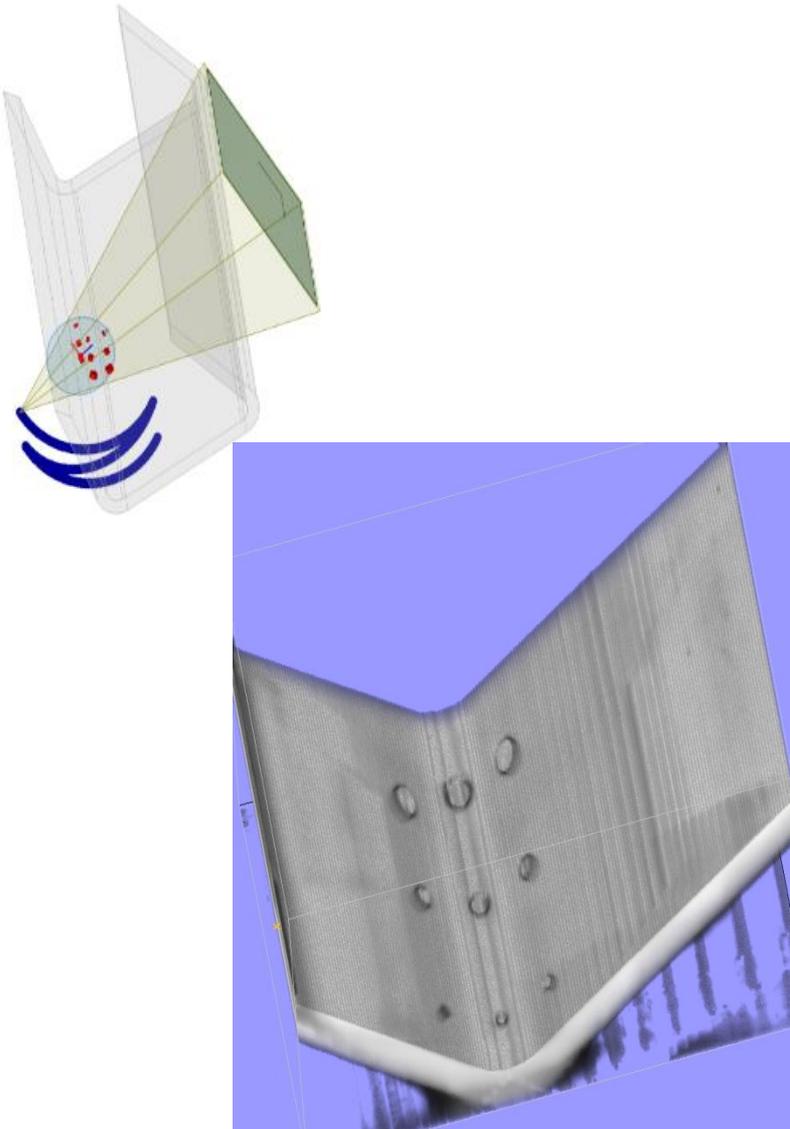


Définition de la trajectoire

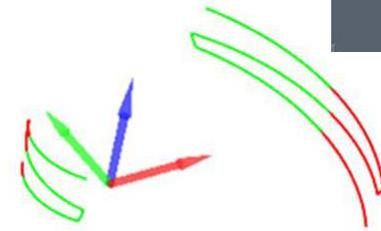
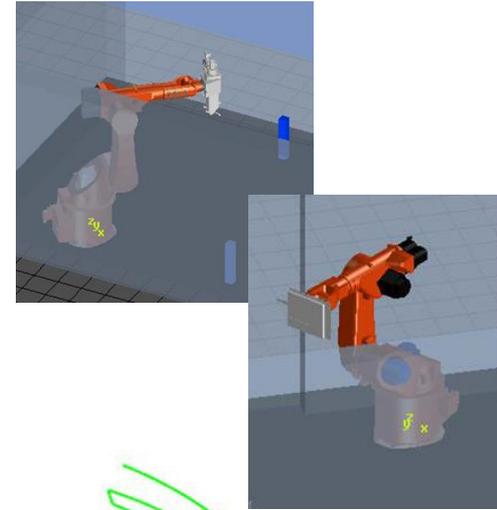
Validation de la trajectoire

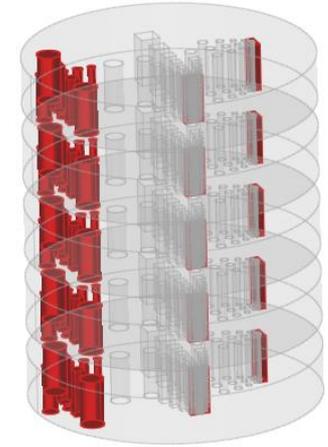
Acquisition des projections

Reconstruction



- **Algorithmes de reconstruction adaptés**
 - Approche classique basée sur une trajectoire circulaire
 - Angle de vue limité avec l'encombrement des robots
 - Algorithmes adaptés à une couverture angulaire de 160° environ
- **Localisation du couple source / détecteur**
 - Erreur de positionnement des robots
- **Optimisation de trajectoire**
 - Réduire le nombre de vues
 - Pas de limitation à un plan unique



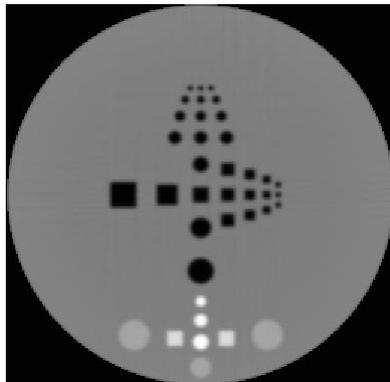


- **Algorithmes itératifs**

- Adaptés aux trajectoires quelconques
- Réduction significative du nombre de projections
- Amélioration possible avec régularisation

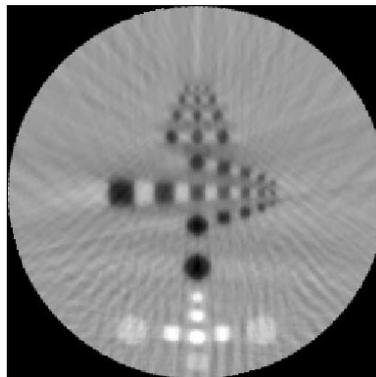
FDK algorithm

Complete circular trajectory
360 projections
Image resolution: 256^3



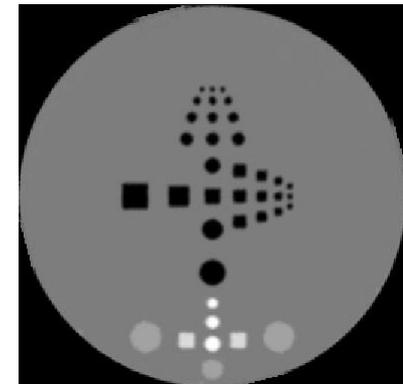
SART algorithm

Circular trajectory limited to 150°
30 projections
Image resolution: 256^3



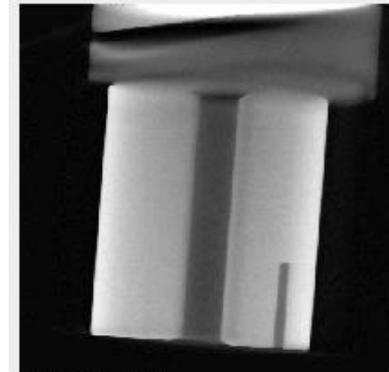
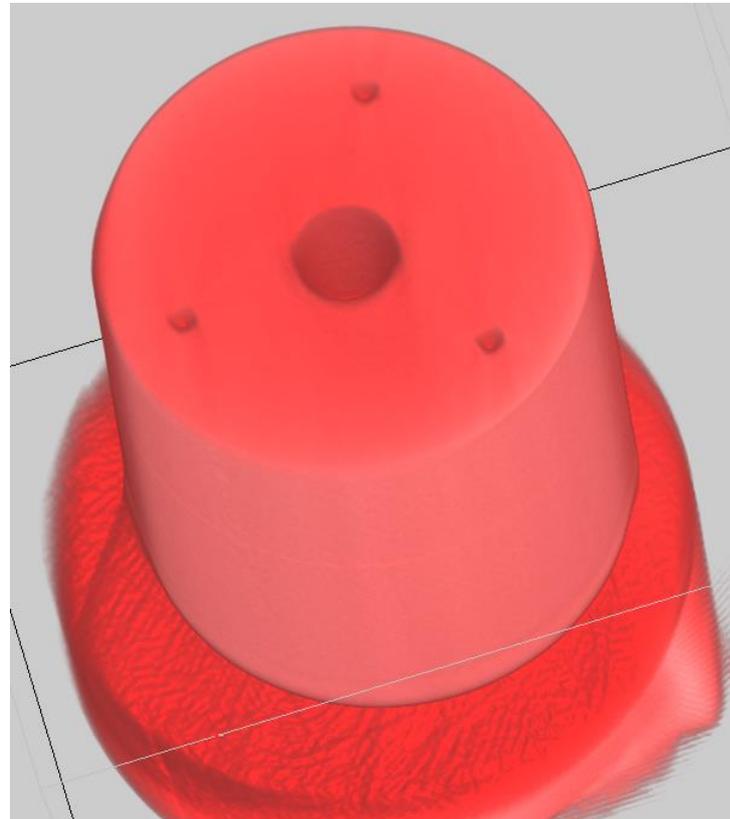
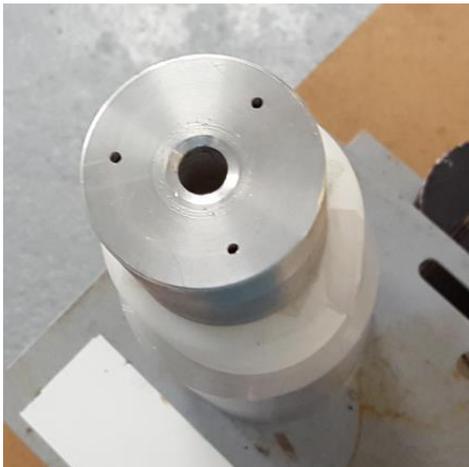
DART algorithm

Circular trajectory limited to 150°
30 projections
Image resolution: 256^3

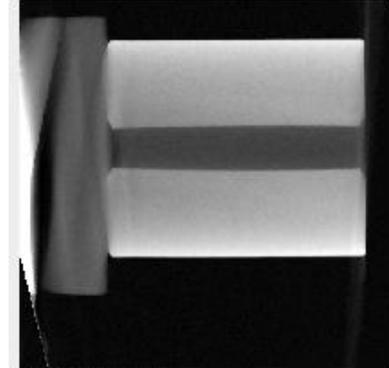


[1] Batenburg, K. J., & Sijbers, J. (2011). DART: a practical reconstruction algorithm for discrete tomography. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 20(9), 2542-2553.

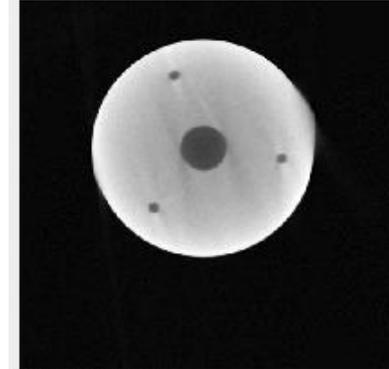
- Angle de vue de 150°
 - Résultats satisfaisants pour objets convexes, non tronqués



xy slice z=285



yz slice x=249

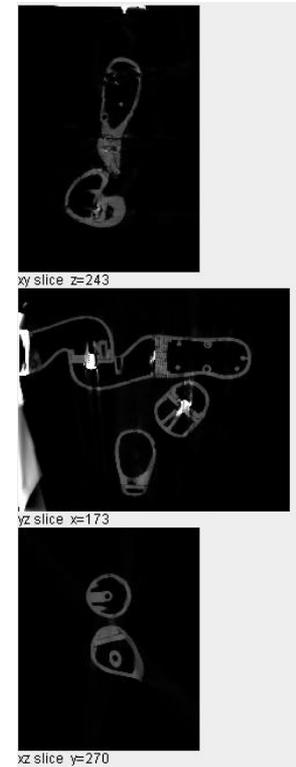
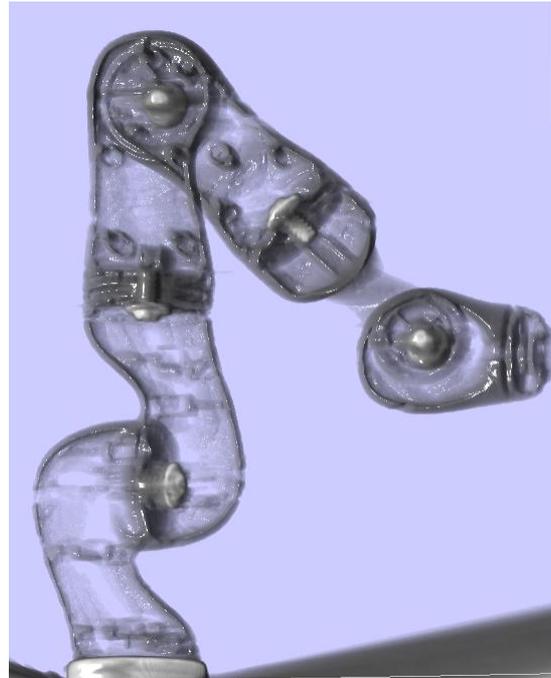
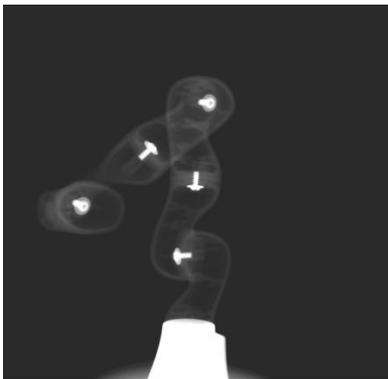


xz slice y=405

- Angle de vue de 150°
 - Résultats satisfaisants pour objets convexes, non tronqués



12,5cm



- **Evaluation des performances de la cellule**
 - Etude métrologique : reconstruction d'une mire de calibration
 - Etude robotique : limites de trajectoire

- **Amélioration des algorithmes de reconstruction**
 - Gestion des troncations
 - Prise en compte de la CAO de la pièce

- **Optimisation des trajectoires**
 - Réduction du nombre de vues
 - Choix des vues apportant le plus d'informations

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Institut List | CEA SACLAY NANO-INNOV | BAT. 861 – PC142
91191 Gif-sur-Yvette Cedex - FRANCE
www-list.cea.fr

Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019