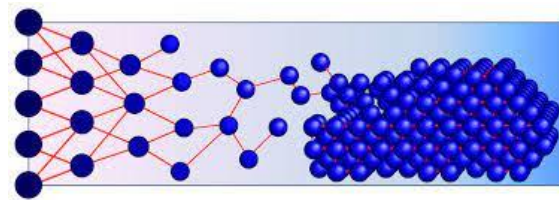


Algorithme IA pour la reconstruction tomographique : implémentation et résultats

L. Salvo (Grenoble INP-UGA, SIMaP), A. Monsimer (GRICAD), N. Cassereau (CNRS-IDRIS)
Julio César da Silva, F. Magaud (CNRS-NEEL), J.L. Parouty, (CNRS- SIMAP) A. Klos (SIMAP),

Support GDR IAMAT



Plan

la tomographie

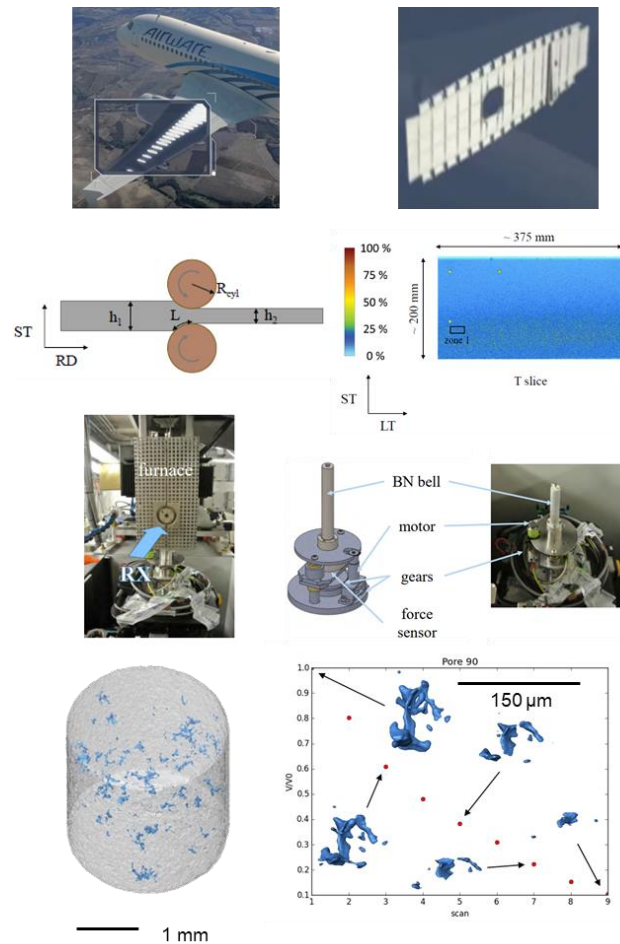
IA et tomographie

Implémentation GRICAD

Quelques exemples

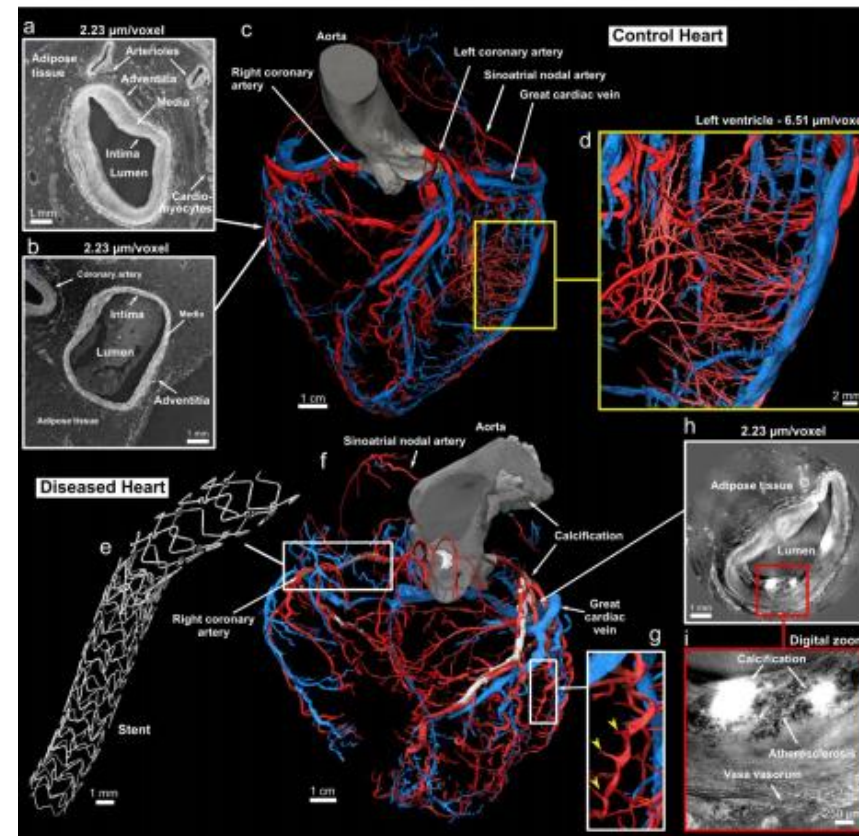
Contexte : la tomographie, un outil clé de plus en plus utilisé

Matériaux



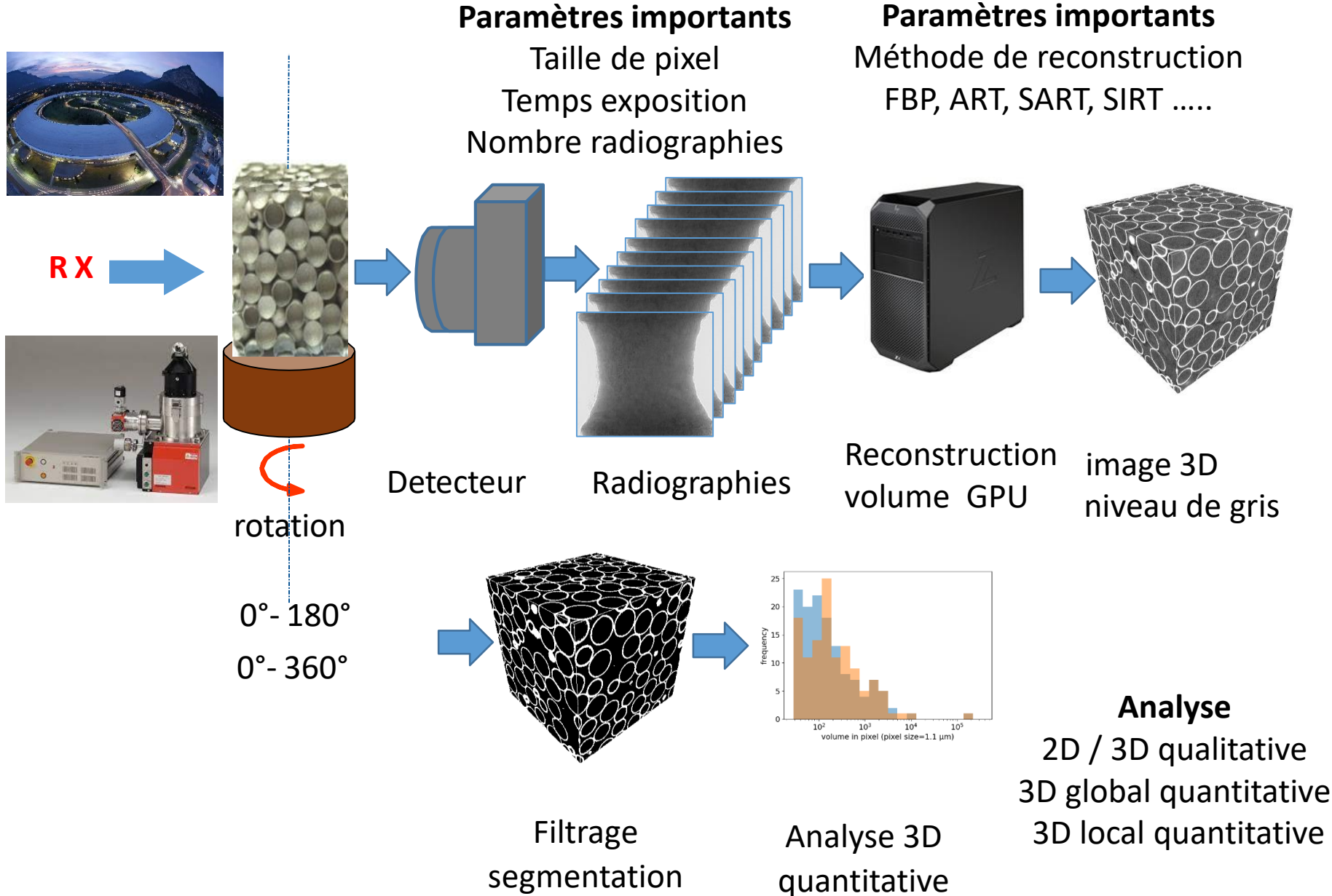
Gravier, P., Mas, F., Barthelemy, A., Boller, E., Salvo, L., & Lhuissier, P. (2022). Mechanisms and kinetics of pore closure in thick aluminum plate. *Journal of Materials Processing Technology*, 303, 117499.

Santé

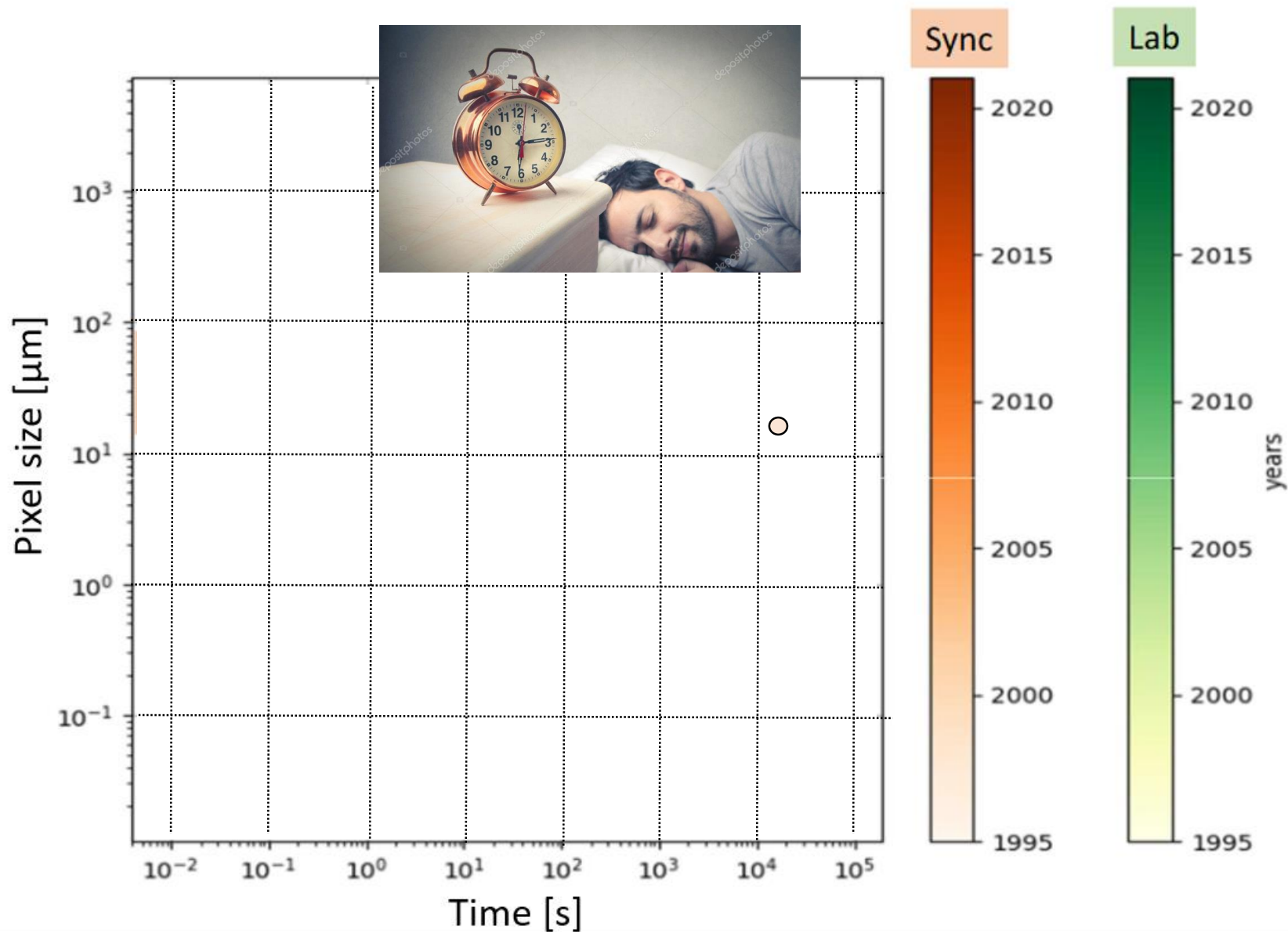


Brunet, J., Cook, A. C., Walsh, C. L., Cranley, J., Tafforeau, P., Engel, K., ... & Lee, P. D. (2023). Multidimensional Analysis of the Adult Human Heart in Health and Disease using Hierarchical Phase-Contrast Tomography (HiP-CT). *bioRxiv*, 2023-10.

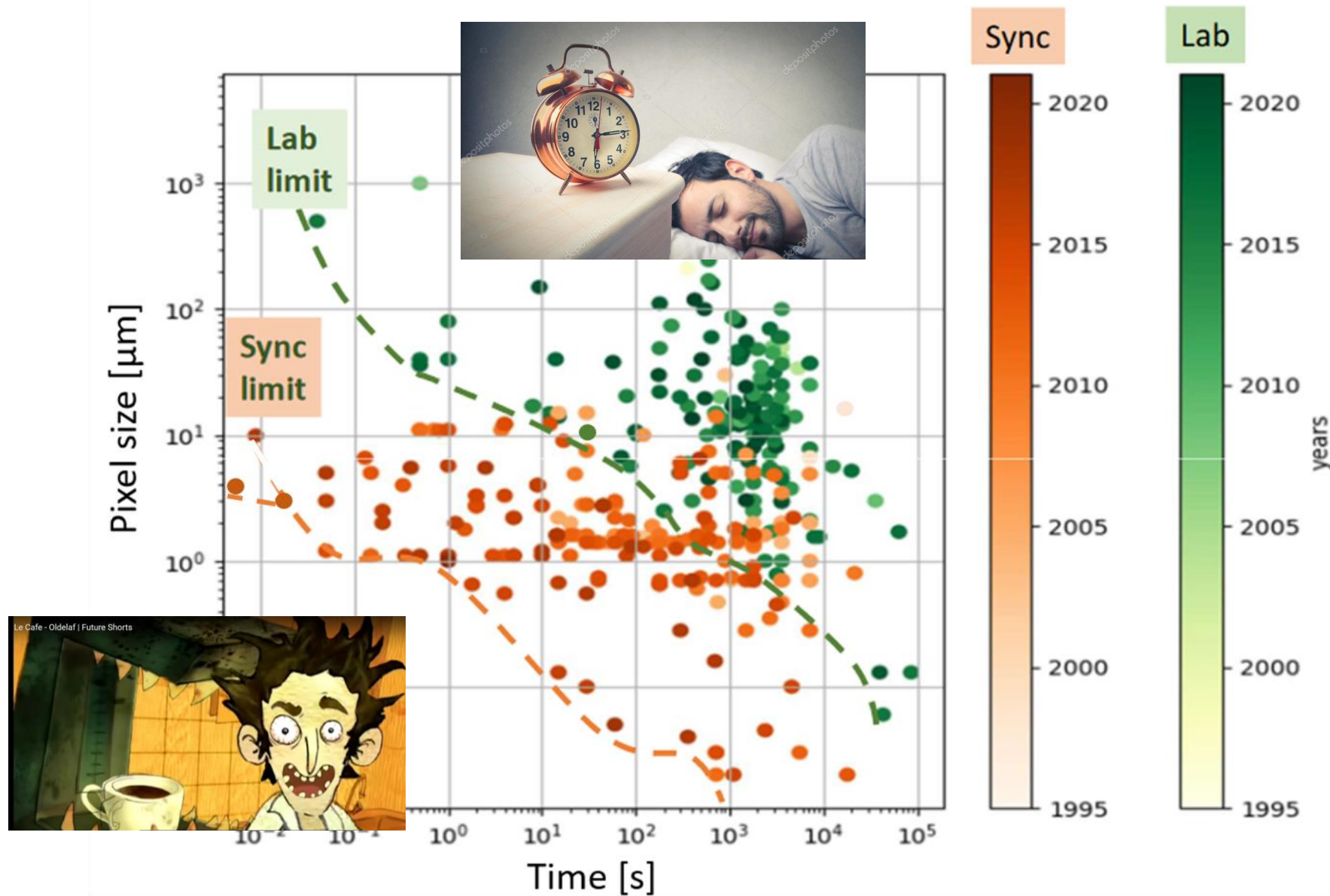
Contexte : la tomographie et l'IA



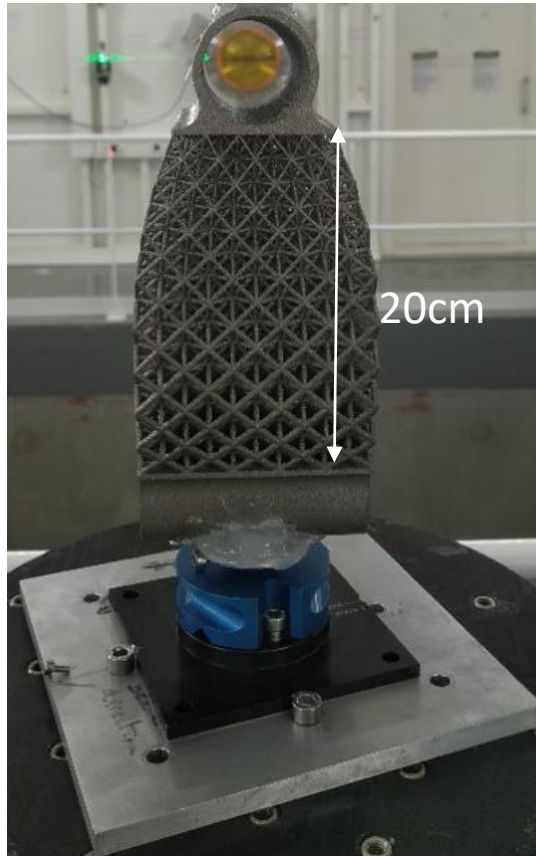
Contexte : la tomographie, quelques ordres de grandeurs



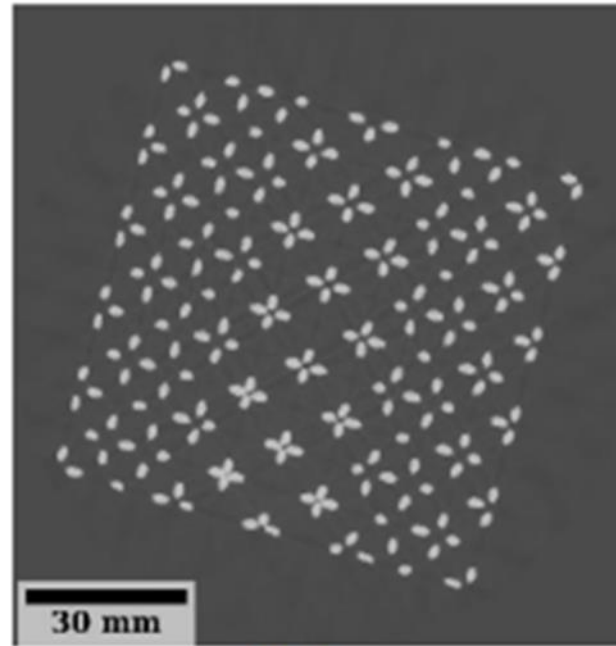
Contexte : la tomographie, quelques ordres de grandeurs



Contexte : la tomographie et l'IA : la multi-résolution synchrotron

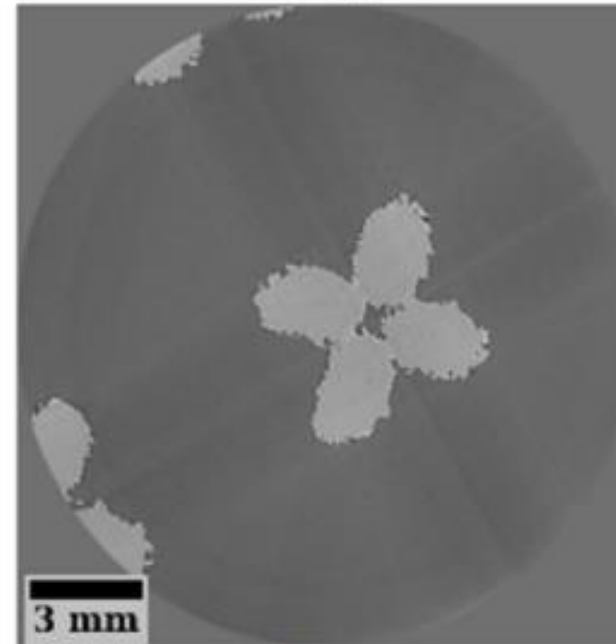


Toute la pièce 13 scans
100 mm x 100 mm x 200 mm



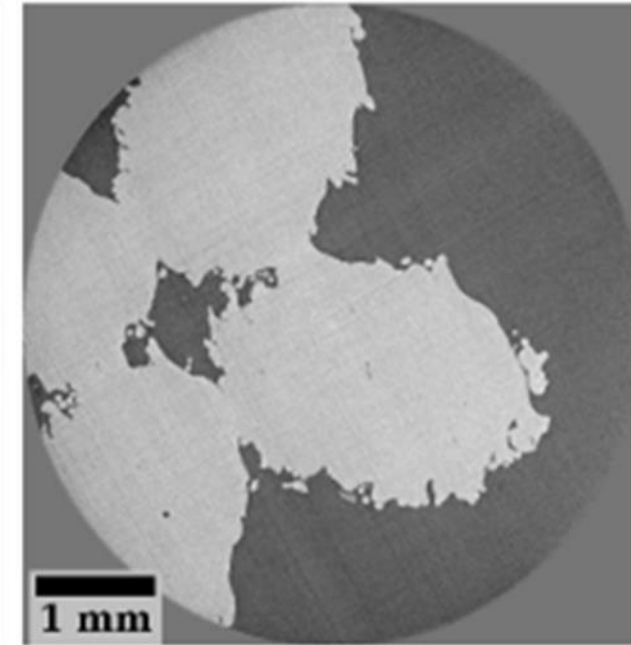
$13.2\mu\text{m}$

Une partie de la pièce 1 scan
10 mm x 10 mm x 10 mm



$6\mu\text{m}$

Une partie de la pièce 1 scan
4 mm x 4 mm x 4 mm

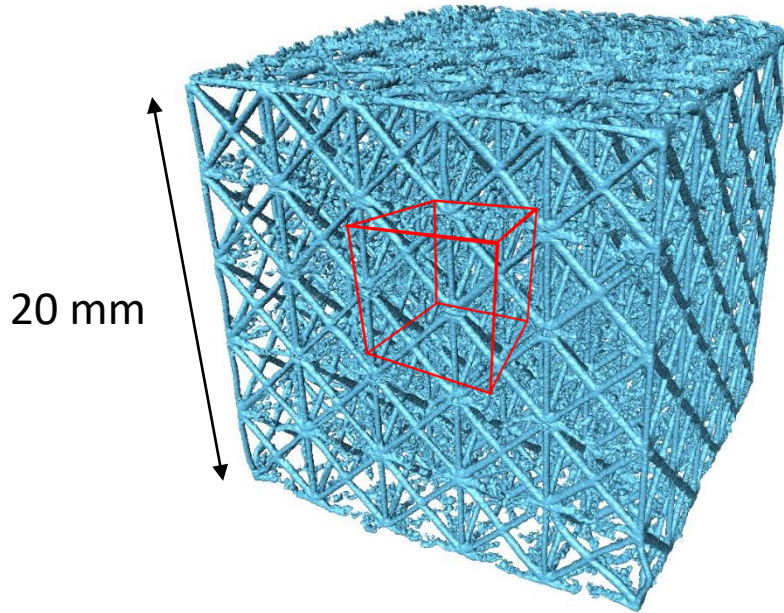


$2\mu\text{m}$

GSCOP TA6V EBM
BM18 ESRF



Contexte : la tomographie et l'IA : la multi-résolution en labo

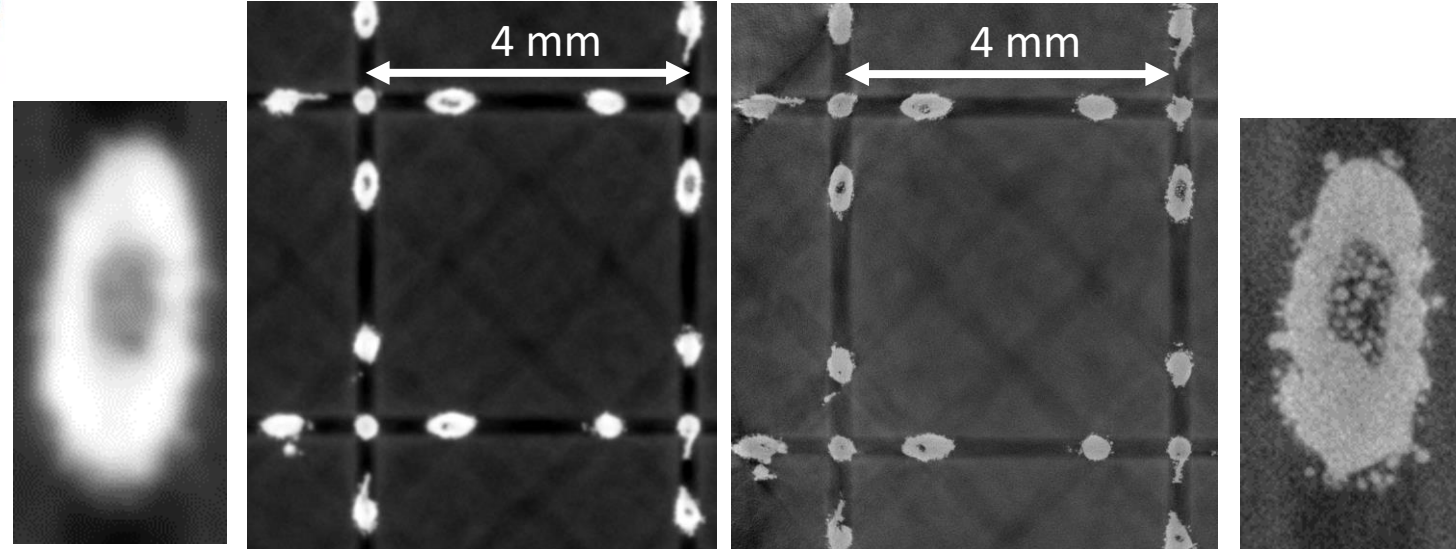


Treillis Acier SLM
Scan Easytom XL



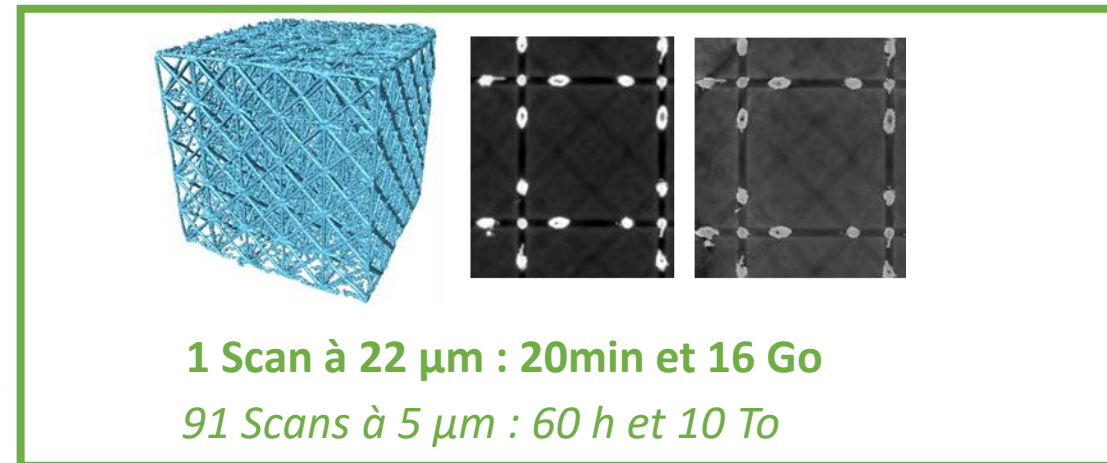
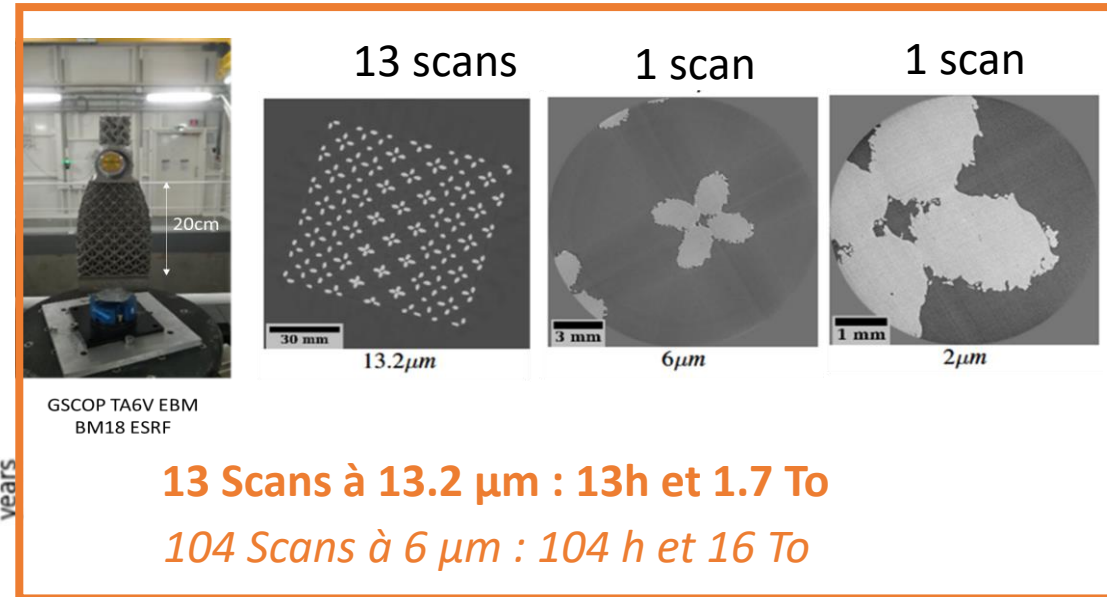
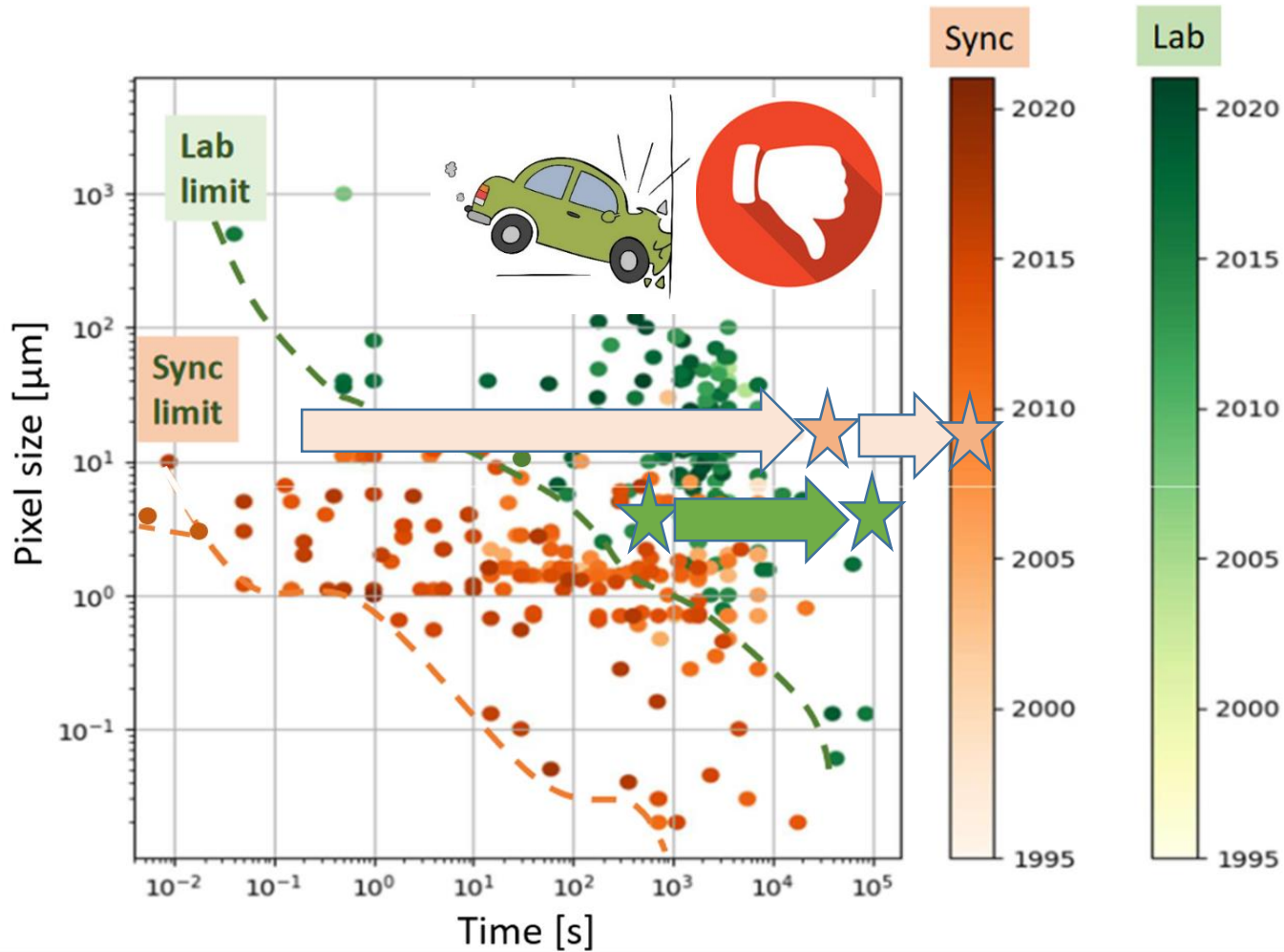
22 μm 20 minutes

5 μm 40 minutes



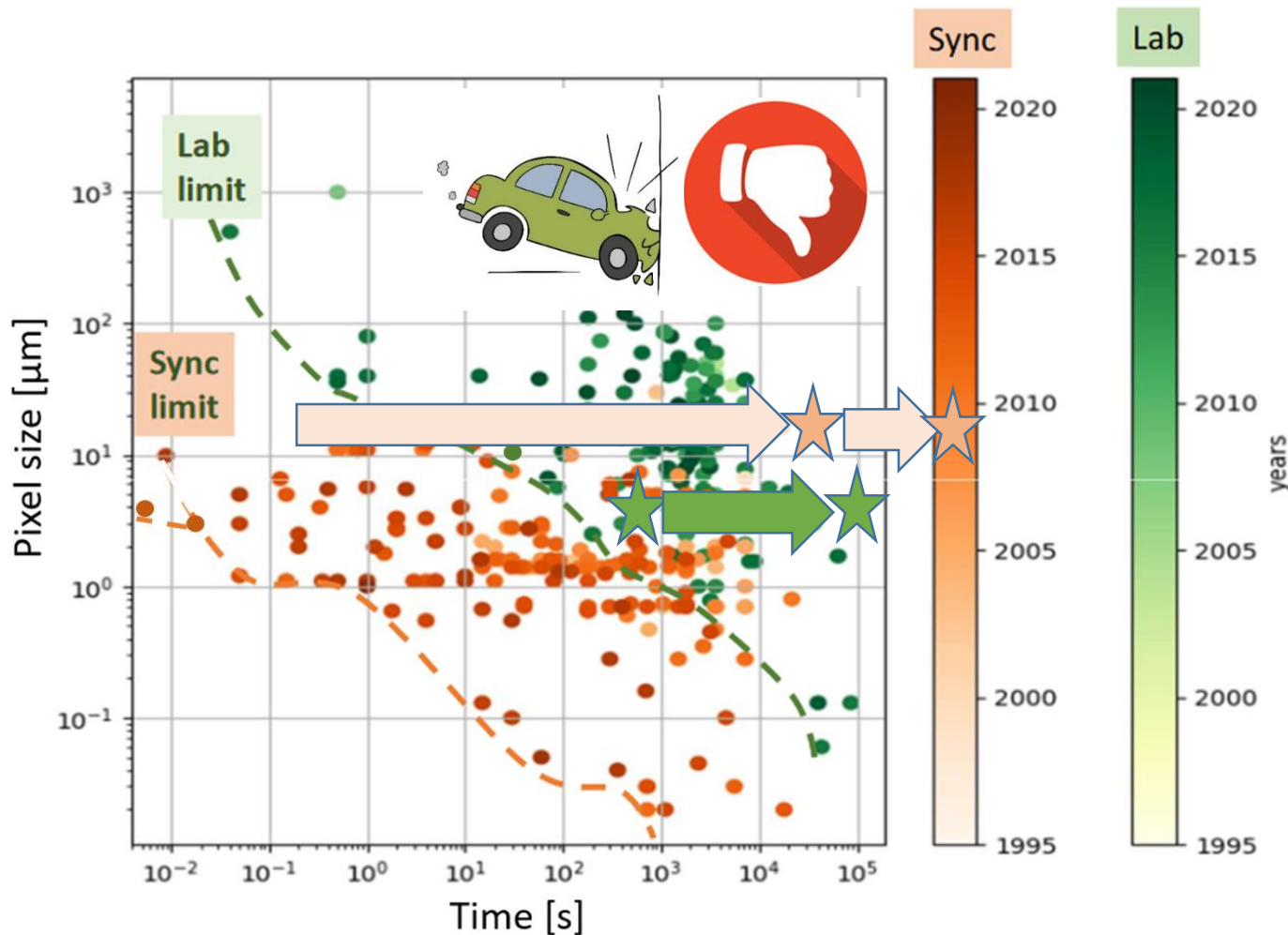
Impact pour obtenir ces belles images ?

Contexte : la tomographie et l'IA : la multirésolution en labo



ESRF 1h de manip = 300 kWh soit environ 18kg CO₂eq (Rapport ISTERRE)
 Labo 1h de manip = 5 kWh soit environ 0.3 kg CO₂eq (Estimation)

Contexte : la tomographie et l'IA : la multirésolution en labo



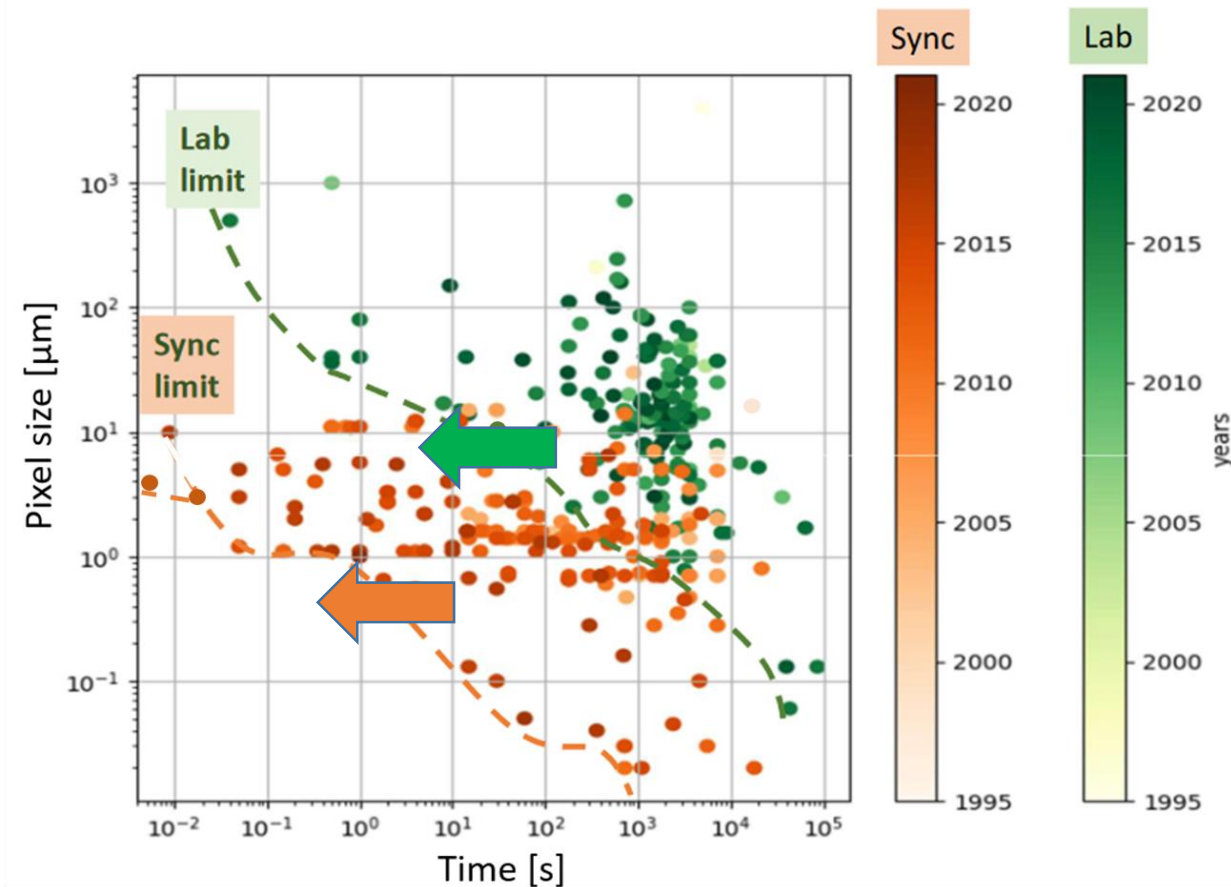
Des algorithmes IA permettent de réduire considérablement ce temps de scan tout en conservant une qualité d'image compatible avec des analyses d'images 3D

- Réduire le nombre de projections (MSDNET, TOMOGAN)
- Réduire le temps d'exposition (NOISE2INVERSE, TOMOGAN)
- Augmenter la résolution (MSDNET, TOMOGAN)

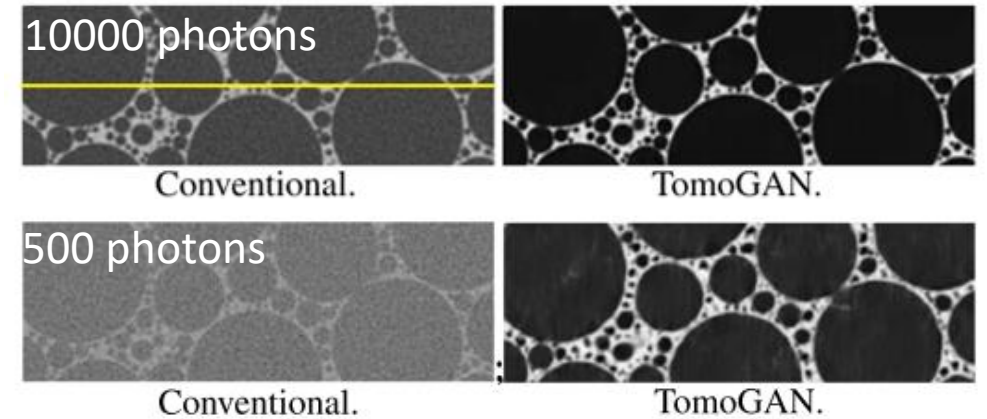
(1) Liu, Z., Bicer, T., Kettimuthu, R., Gursoy, D., De Carlo, F., & Foster, I. (2020). TomoGAN: low-dose synchrotron x-ray tomography with generative adversarial networks: discussion. *JOSA A*, 37(3), 422-434.
(2) Pelt, D. M., Batenburg, K. J., & Sethian, J. A. (2018). Improving tomographic reconstruction from limited data using mixed-scale dense convolutional neural networks. *Journal of Imaging*, 4(11), 128.
(3) Hendriksen, A. A., Pelt, D. M., & Batenburg, K. J. (2020). Noise2inverse: Self-supervised deep convolutional denoising for tomography. *IEEE Transactions on Computational Imaging*, 6, 1320-1335.

Contexte : la tomographie et l'IA : réduire le temps d'acquisition (supervisé)

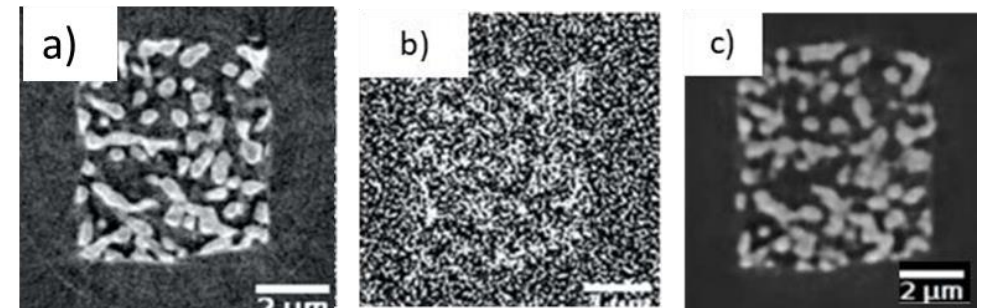
IA supervisée



(TomoGan)



(Msdnet)



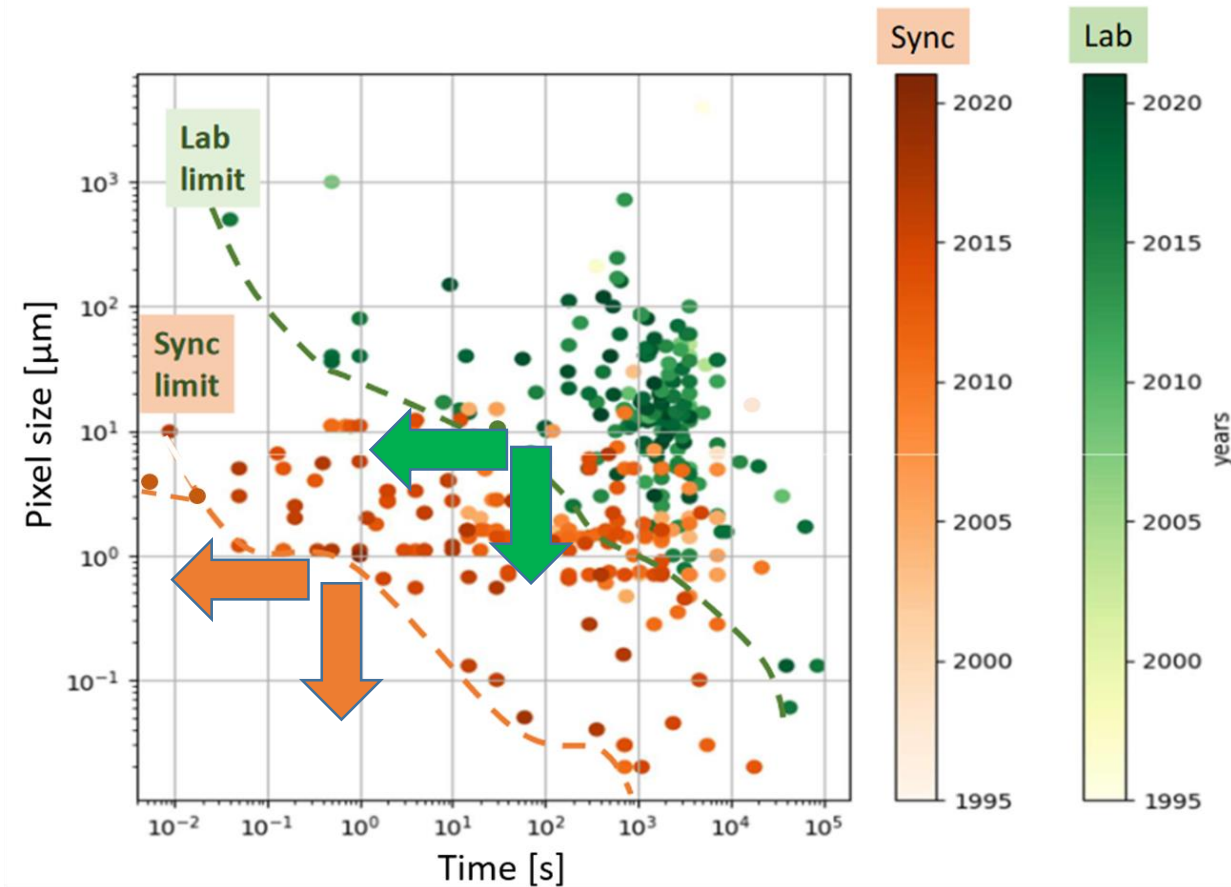
[Liu et al *JOSA A*, (2020) 37(3), 422-434.
Flenner et al *JSR* (2020). 27, 1339-1346]

Quantification : MSE / SSIM ou inspection qualitative 2D

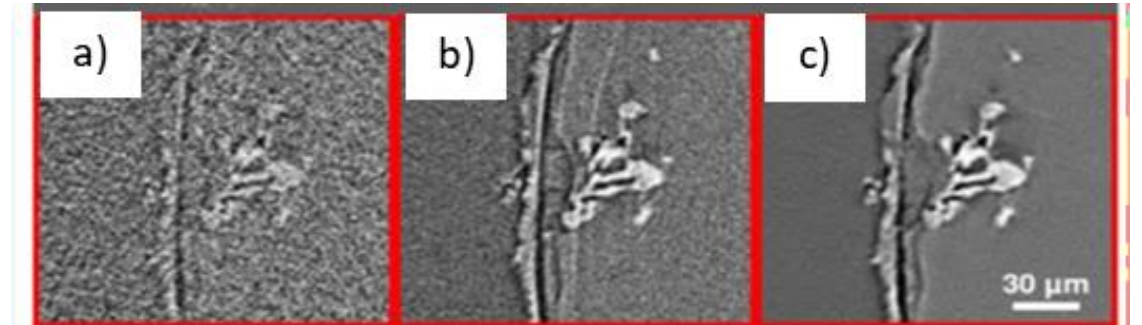
Meilleur que SIRT, TV reconstruction ...

Contexte : la tomographie et l'IA : réduire le nombre de projections (supervisé)

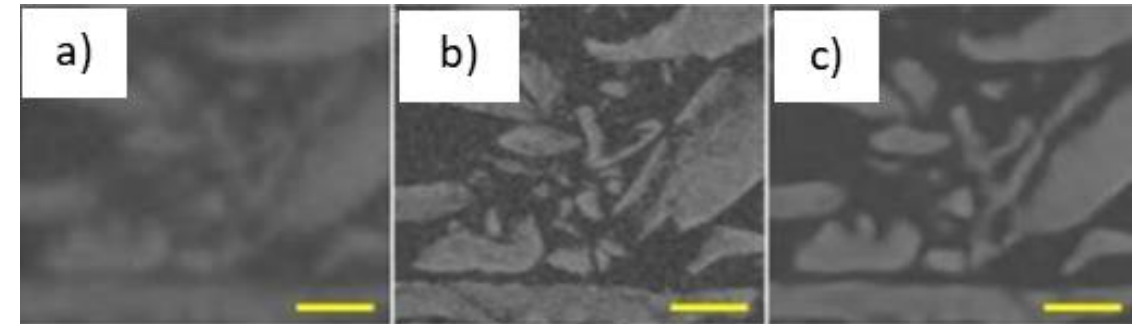
IA supervisée



(Msdnet)



a) 150 projections b) 1500 projections, c) IA 150 projections



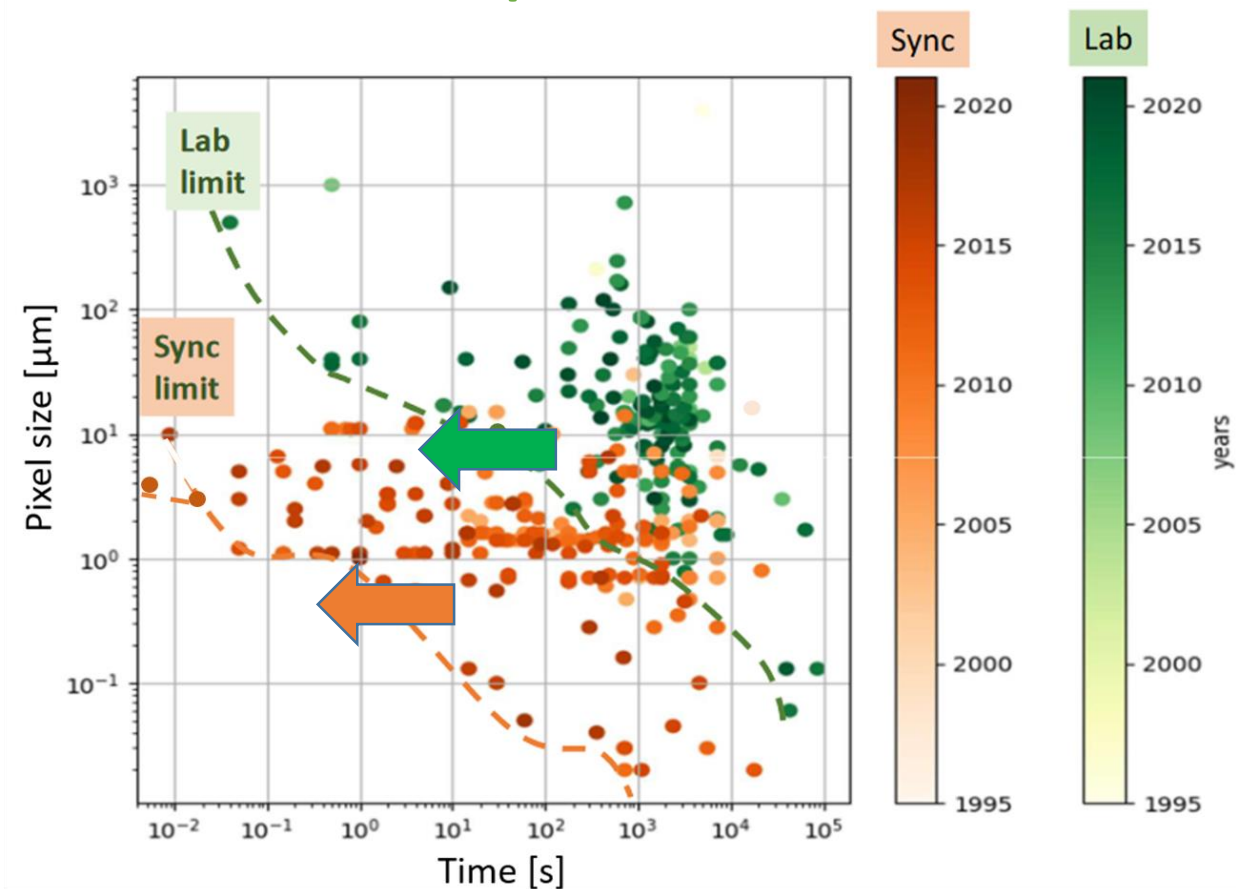
a) low resolution b) high resolution c) IA low resolution based on high resolution

[Pelt et al J. Imaging 2018, 4, 128;
Hendriksen et al Appl. Sci. 2019, 9, 2445;]

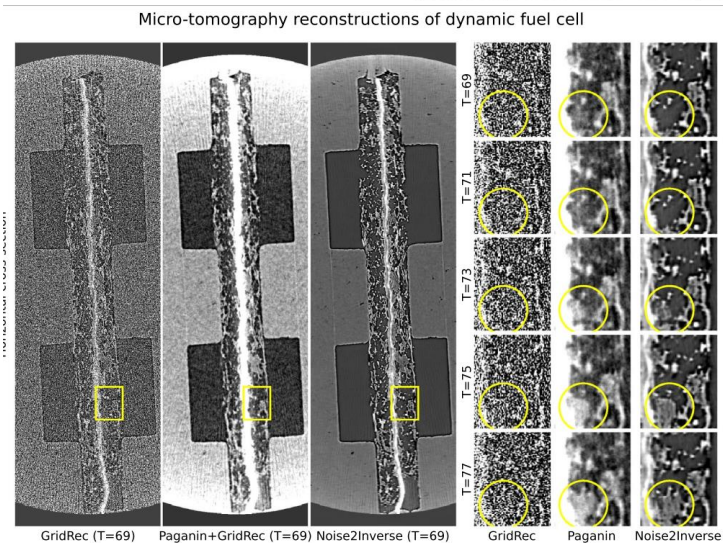
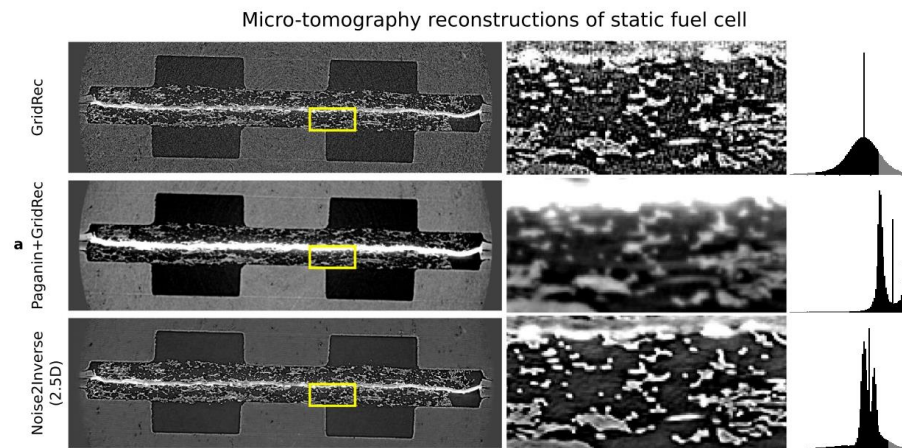
Quantification : MSE / SSIM ou inspection qualitative 2D prometteur

Contexte : la tomographie et l'IA : réduire le bruit (non supervisé)

IA non supervisée



(Noise2inverse)



[Hendriksen et al Scientific Reports | (2021) 11:11895]

Quantification : MSE / SSIM ou inspection qualitative 2D prometteur

IAMAT project AIAX : Implementation et modification des algos (TomoGan, Msdnet, Noise2inverse ...) sur GRICAD et validation sur analyse image 3D



Fiche projet CNRS Centre AISSAI

Fiche Projet CNRS Centre AISSAI

Cette fiche recense la demande de l'équipe de recherche pour la soumission d'un projet en IA dans le cadre du nouveau centre AI for Science and Science for AI (AISSAI) du CNRS. Ce centre vise à être le creuset de la cross-fertilisation entre l'IA et la science sous toutes ses formes. La fiche permettra d'affecter des ressources humaines du réseau des ingénieurs IA du CNRS en cas de réponse positive. En cas de questions, adressez vous à gerald.dherbomez@cnrs.fr ou jalal.fadili@cnrs.fr

1. Description scientifique |

1.1. Nom du projet : Apport de l'IA pour la tomographie aux rayons X : AIAX

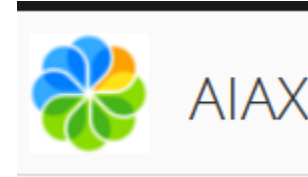
1.2. Résumé scientifique du projet (10 lignes max) :

La tomographie aux rayons X est une technique non destructive très utilisée dans les domaines de la science de matériaux, des procédés, de la biologie et de l'environnement, de l'archéologie, de la santé¹. De nombreux laboratoires en France utilisent soit les rayonnements synchrotron (ESRF, SOLEIL, SLS...) soit disposent de tomographes de laboratoire. De récents développements d'algorithmes d'intelligence artificielle (TomoGAN², GANRec³, MSDNET⁴, Noise2Noise⁵) permettent d'améliorer les images bruitées (pour des acquisitions à faible dose ou temps d'exposition courts lors d'essais in situ), d'augmenter la résolution des images obtenues (pour des acquisitions multi-échelles). Cependant si ces algorithmes commencent à être utilisés par certaines équipes ils ne sont pas encore accessibles à tous malgré le potentiel important pour la communauté utilisant la tomographie aux rayons X. Nous souhaitons donc implémenter ces algorithmes sur les clusters GPU de l'UAR GRICAD et mettre en place le workflow qui permettra à un utilisateur non spécialiste IA de la communauté de les utiliser de manière simple à partir de ses données stockées sur des sites de stockage massifs.



Implémentation des algorithmes et modification

pr-aiax



```
/bettik/PROJECTS/pr-aiax/COMMON/
```

Nom

- ..
- MSDNET
- NOISE2INVERSE
- TOMOGAN
- aiax
- create_aiax

```
parser = argparse.ArgumentParser(description='MSDNet - Train a network for segmentation', fromfile_prefix_chars='@', formatter_class=argparse.ArgumentDefaultsHelpFormatter)
parser.add_argument('-e', '--expName', type=str, default='debug', help='Experiment name')
parser.add_argument('--user', type=str, help='Username from perseus. This is an automatic argument.')
parser.add_argument('-c', '--loss', type=str.upper, default='L2LOSS', choices=list(choose_loss('_')), help='Loss function to use')
parser.add_argument('-L', '--prefixLow', type=str, default='V500b', help='Prefix name lowquality volume (without tif)')
parser.add_argument('-H', '--prefixHigh', type=str, default='V1250b', help='Prefix name highquality volume (without tif)')
parser.add_argument('-D', '--nbDilations', type=int, default=10, help='Number of dilations. Define dilations in [1,10] as in paper.')
parser.add_argument('-l', '--nbLayers', type=int, default=100, help='Number of layers.')
parser.add_argument('-S', '--nbSlices', type=int, default=5, help='Number of slices or input channels.')
parser.add_argument('-b', '--nbLabel', type=int, default=1, help='Number of label')
parser.add_argument('-a', '--chanIn', type=int, default=2, help='')
parser.add_argument('-f', '--fileArgs', type=str, help='Name of the file in which to save the configuration. It must be a .txt file.')
parser.add_argument('-P', '--perso', type=int, default=0, choices=[0,1], help='Work with personal repository, 0 commun, 1 perso')
parser.add_argument('-u', '--userPerso', type=str, help='Name of user if you work in personal repertory')
parser.add_argument('--oarJobID', type=str, help='OAR Job ID. This is an automatic argument.')
```

Accueil Mes fichiers Fichiers partagés Sites Tâches Personnes Entrepôt

AIAX Privé

Sélectionner Créer Importer Eléments sélectionnés

Documents

- Tous les documents
- Modifiés par moi
- Modifiés par d'autres
- Récemment modifiés
- Récemment ajoutés
- Mes favoris
- Lien Webdav

Fichiers

- Documents
 - DATABASE
 - DOCUMENT UTILE
 - MSDNET
 - NOISE2INVERSE
 - TOMOGAN

Catégories

- Catégorie racine

Tags

PERSEUS NG

Project: Apport de l'IA pour la tomographie aux rayons X : AIAX

Main information

Admins of project

Members of project

Project name: pr-aiax

Status of project: Active

Laboratory: imsp

Start of project: 03/05/2022

End of project: 22/04/2024

Annual check date: 02/05/2024

Checked by: boostep et 16/05/2023

Project type: 1

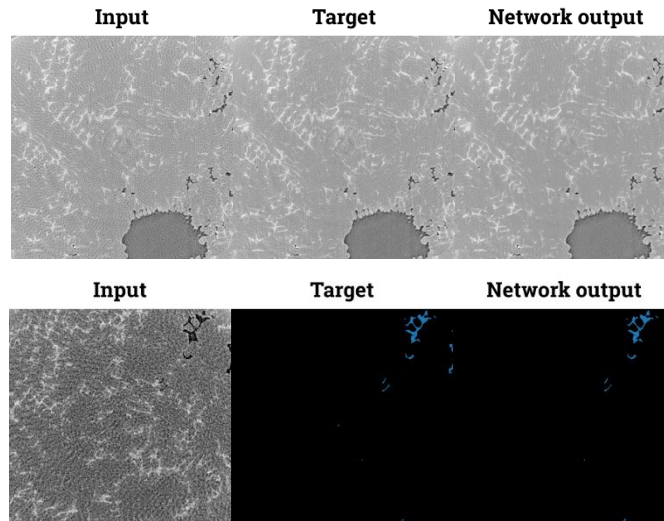
Website: 1181.asp

Accounting: Autometric

Scientific description

Technical description

Additional information



<https://perseus.univ-grenoble-alpes.fr/my-projects/project/pr-aiax>

<https://espaces-collaboratifs.grenet.fr/share/page/site/aiax/dashboard>

Modification de la fonction de perte dans TomoGan

Stage (F. Magaud, J.C Da Silva)

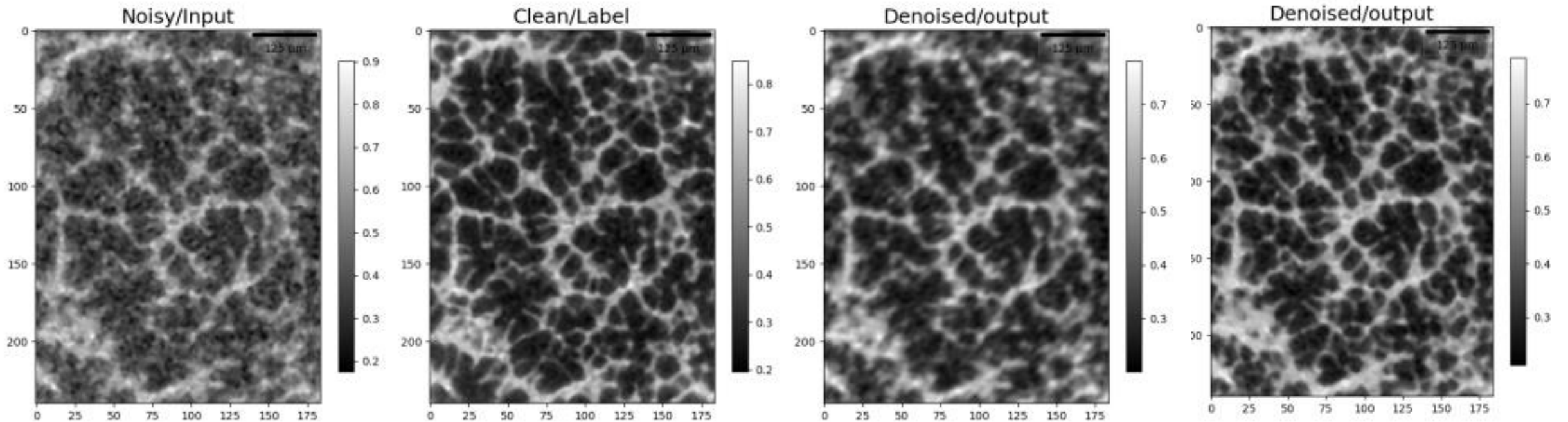


Image bruitée

Image de qualité

Distance Jensen
Schannon

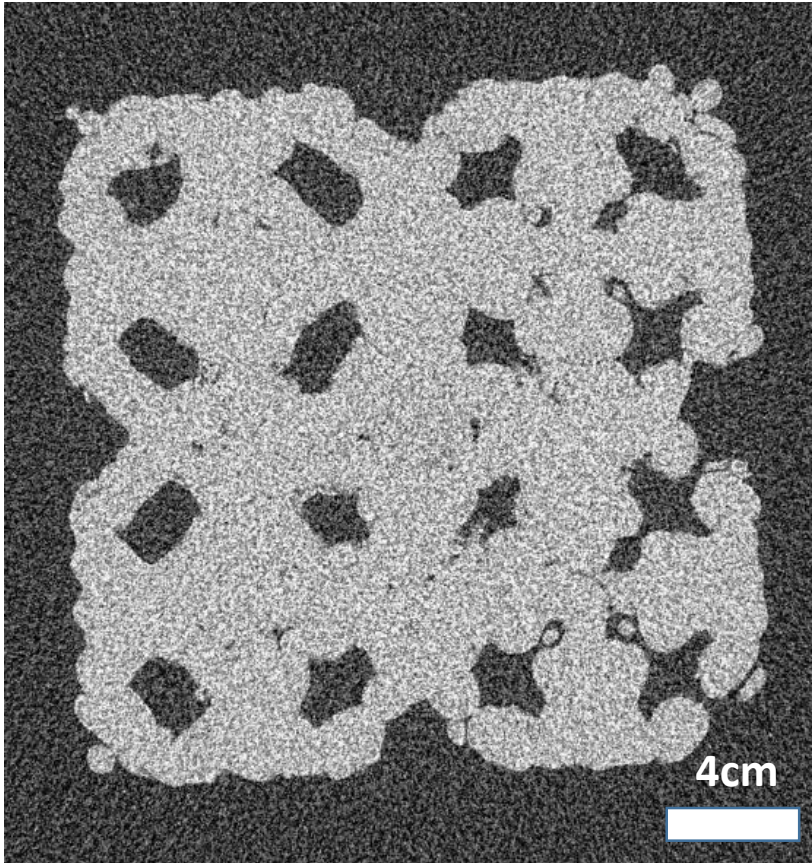
Distance Wasserstein

Modification de la fonction de perte dans MSDNET

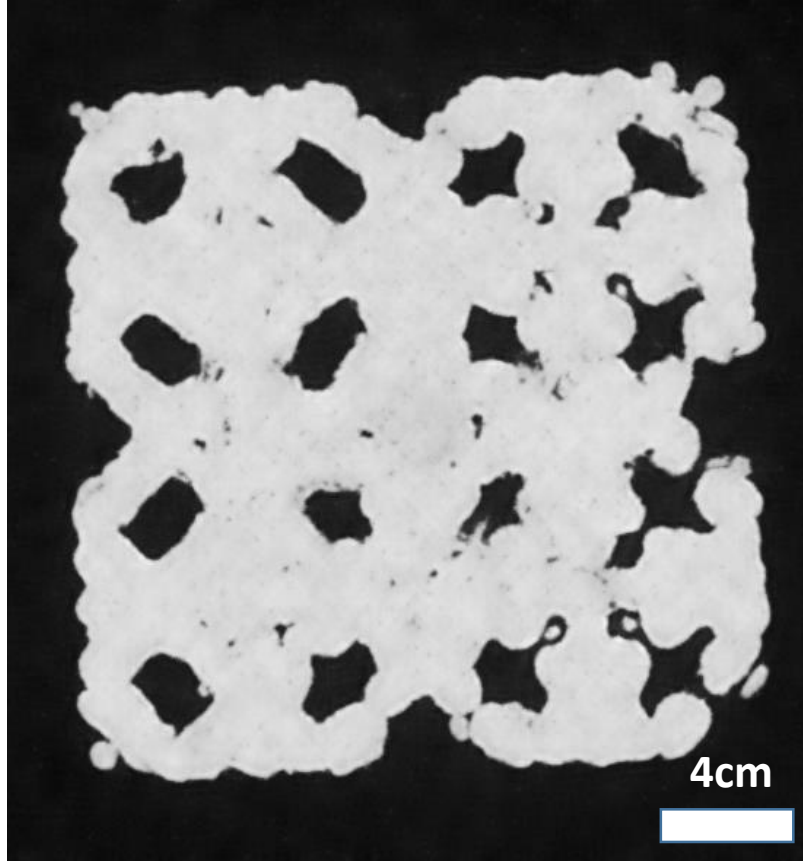
IAMAT , N. Casserau

Premiers tests avec noise2inverse : réduction du bruit

Scan Labo Desktom150 : Cubic octet foam ABS



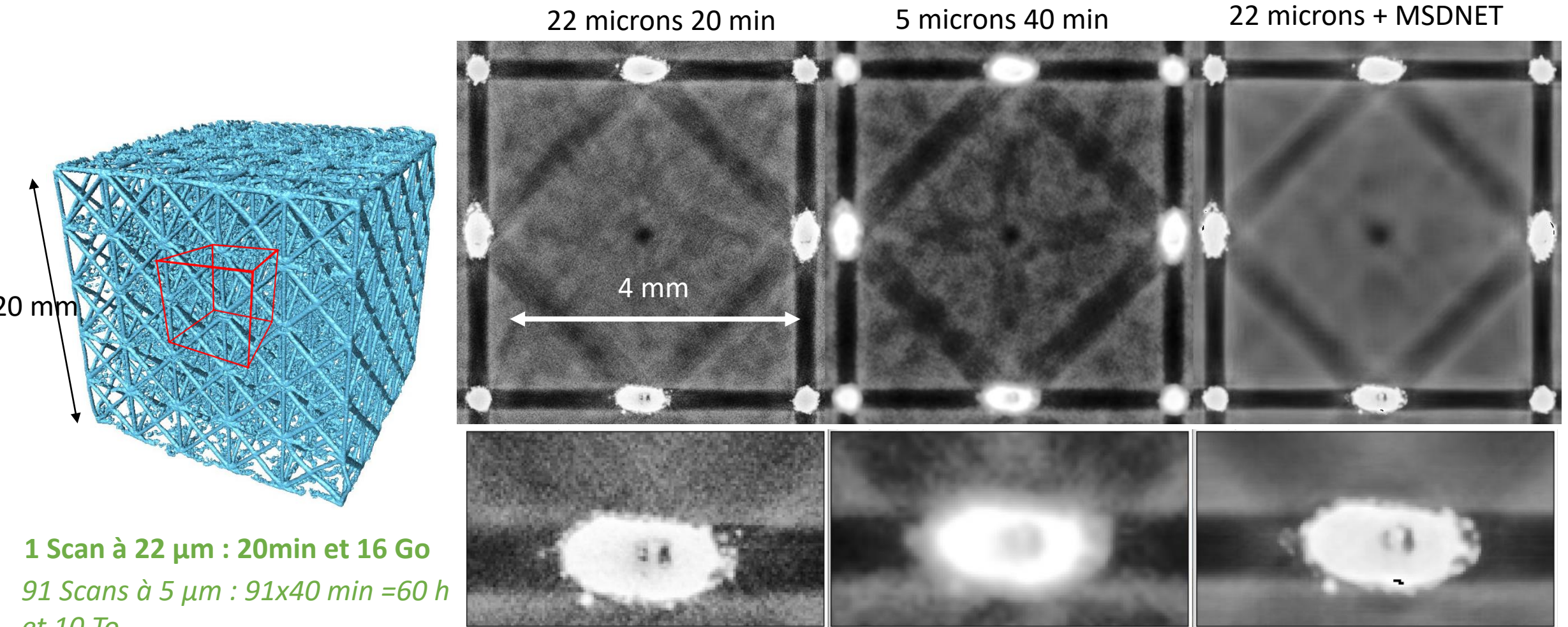
80 s @ 30 μ m



Temps / data / CO2
divisé par 5 à 10 !!



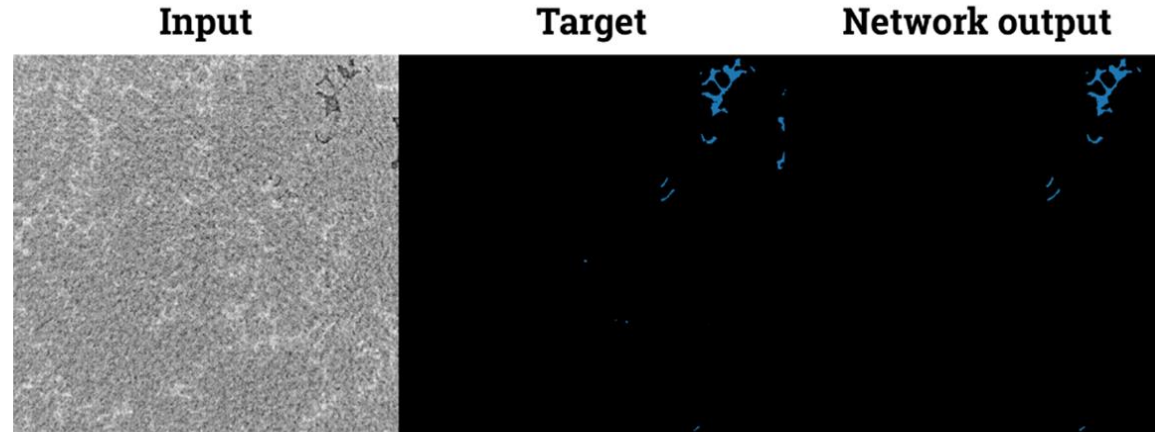
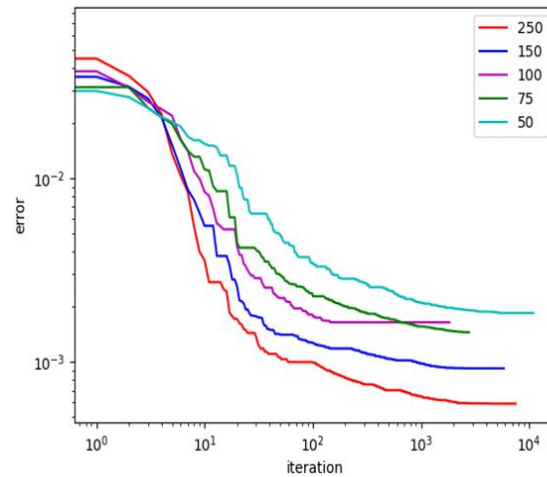
Premiers tests avec MSDNET multi-résolution



Temps / data / CO2 divisé par 90 !!



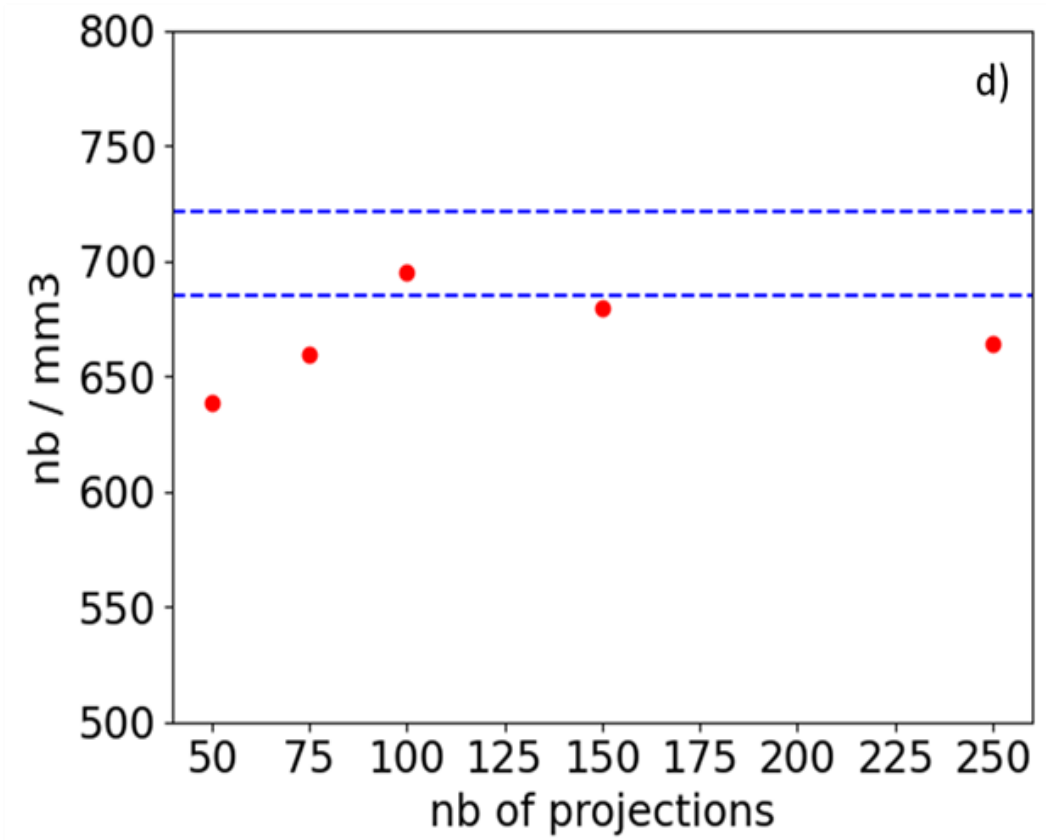
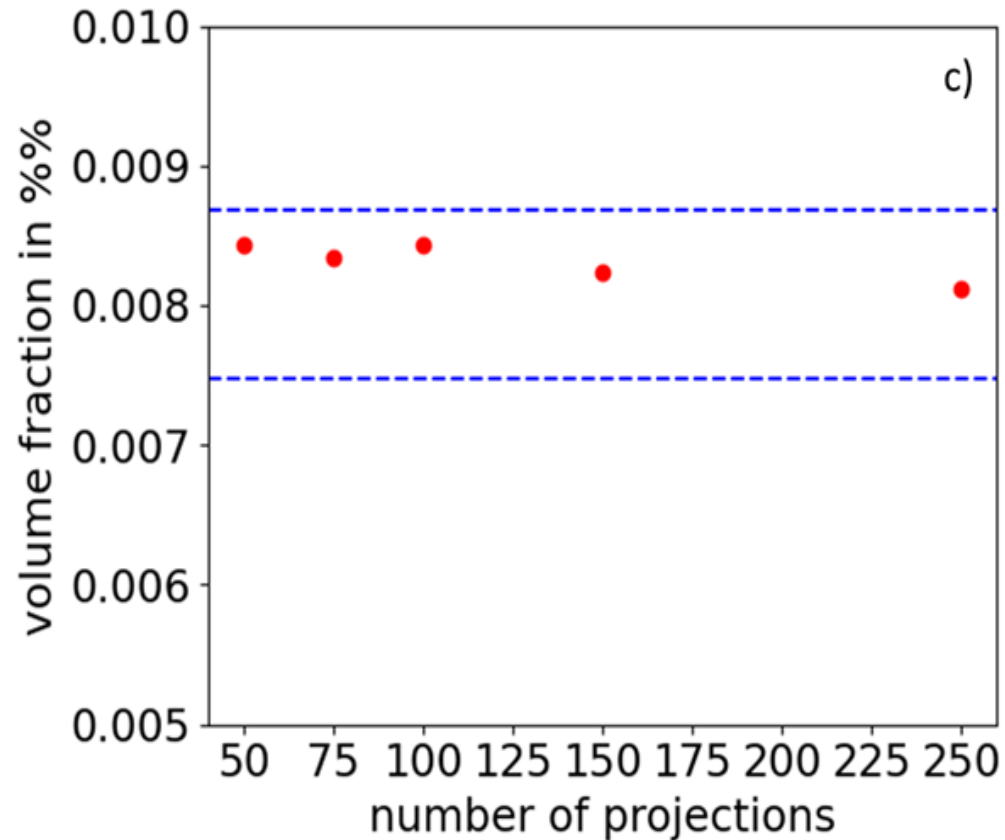
Test complet MSDNET : influence nombre projection step by step



Comparaison sur de l'analyse 3D quantitative des porosités (pas SSIM/MSE/PSNR ...)
50, 75, 100, 150, 250 projections sur 500 (step by step)

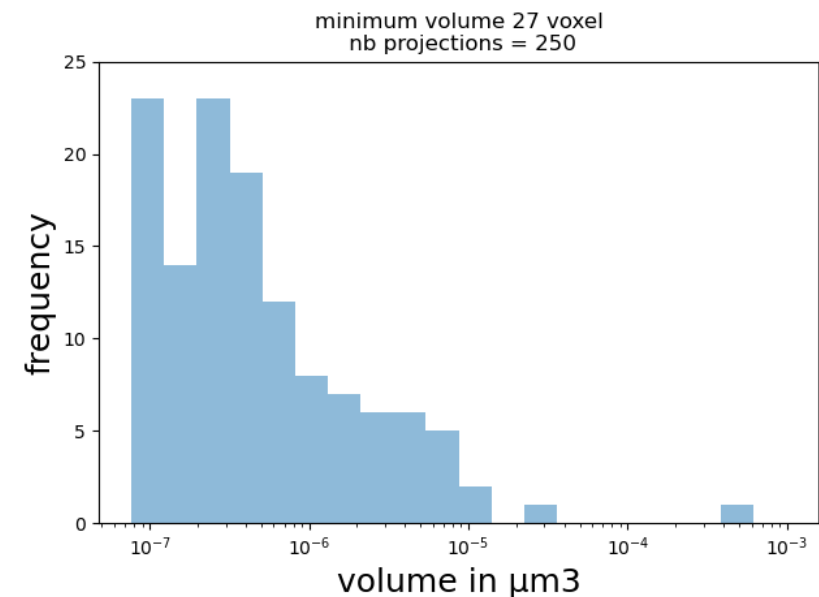
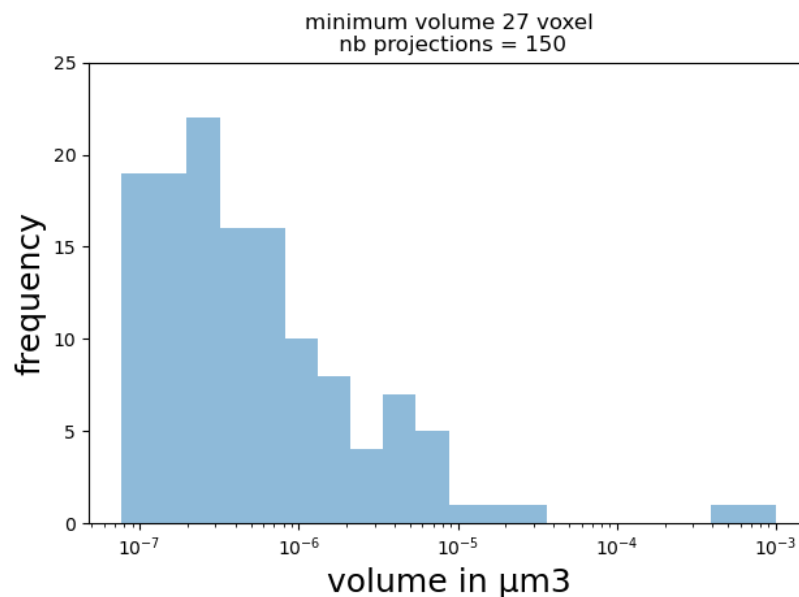
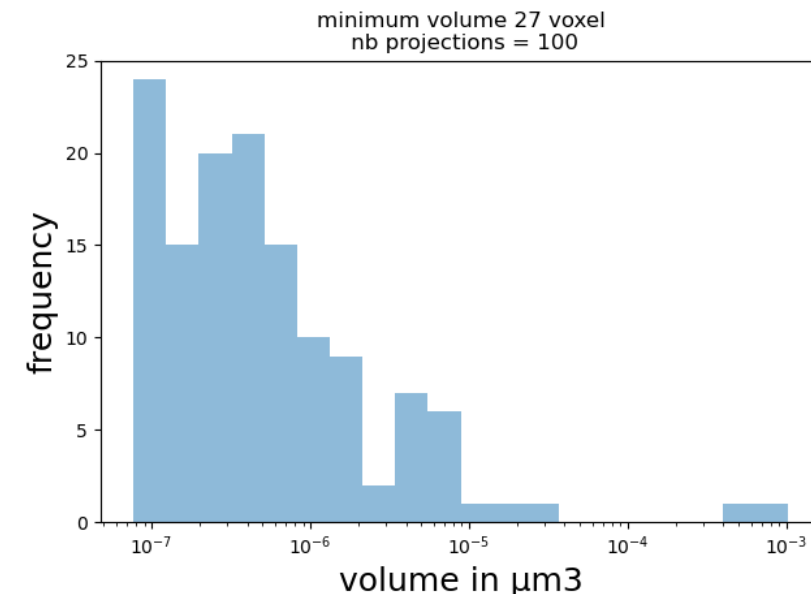
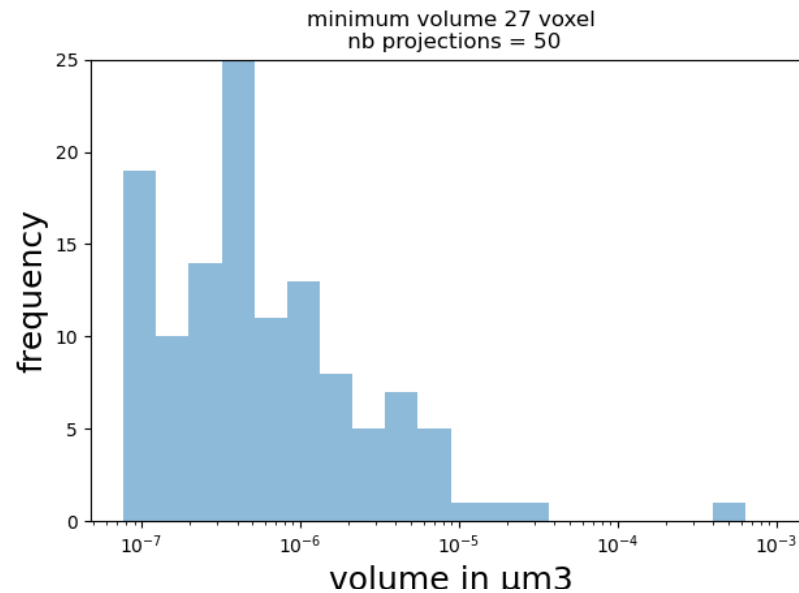
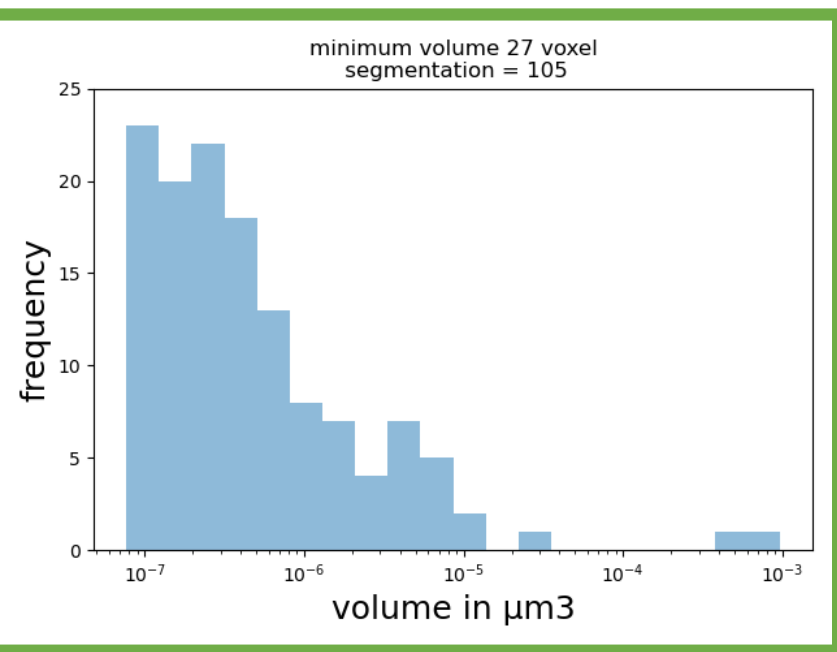
- Fraction volumique des porosités
- Nombre de porosités / mm³
- Histogramme des volumes
- Rendu 3D

Test complet MSDNET : influence nombre projection step by step



➤ Résultats satisfaisants même à faible nombre de projections

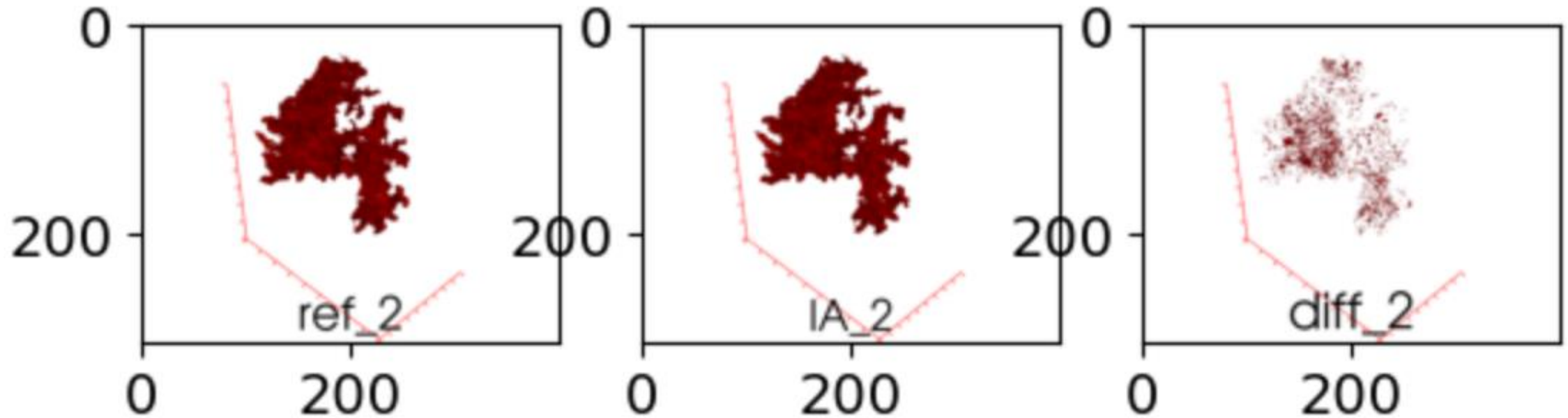
Test complet MSDNET : influence nombre projection step by step



➤ **Résultats**
satisfaisants même
à faible nombre de
projections

Test complet MSDNET : influence nombre projection step by step

Rendu 3D comparé 100 projections / 500 projections

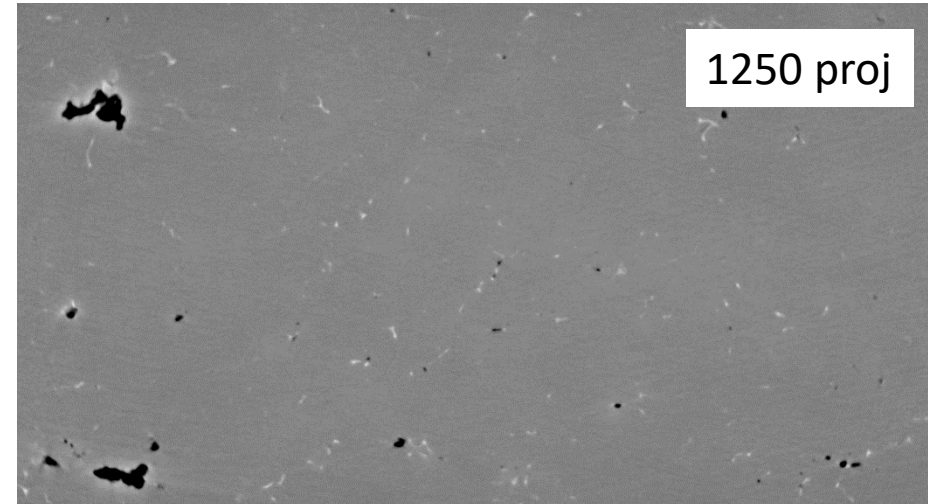
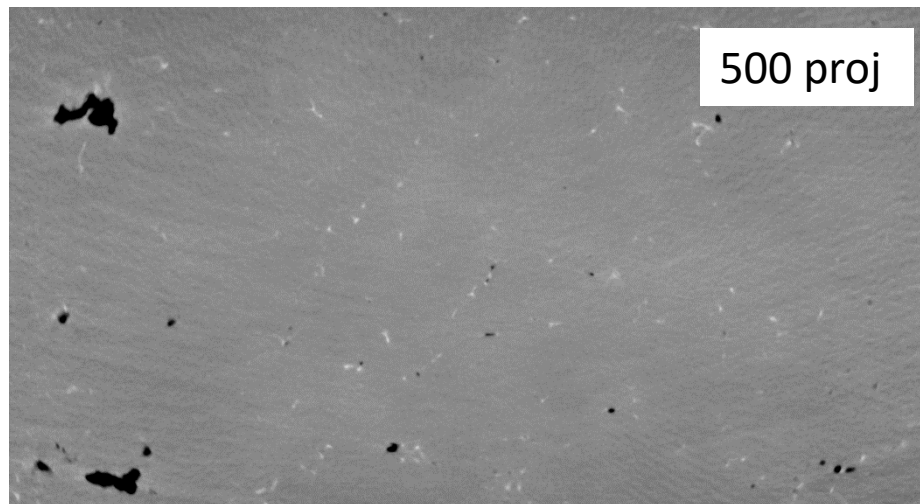
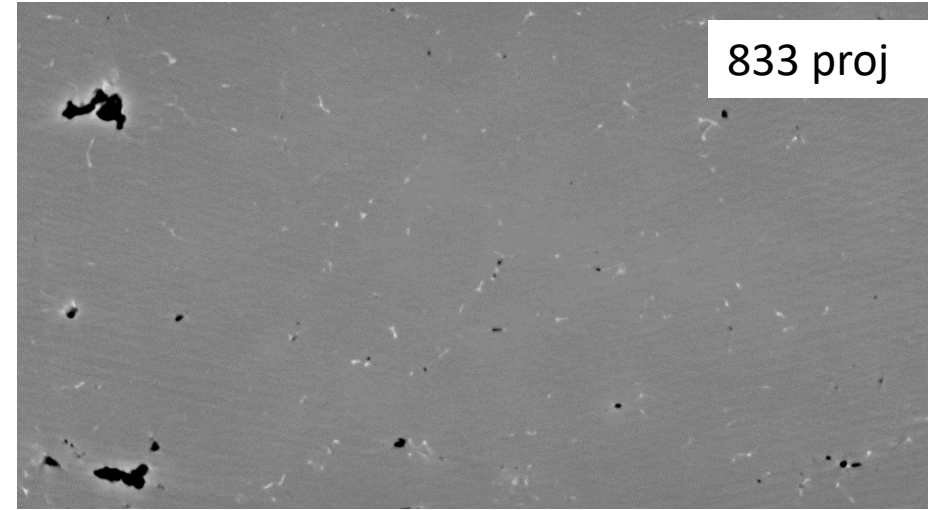
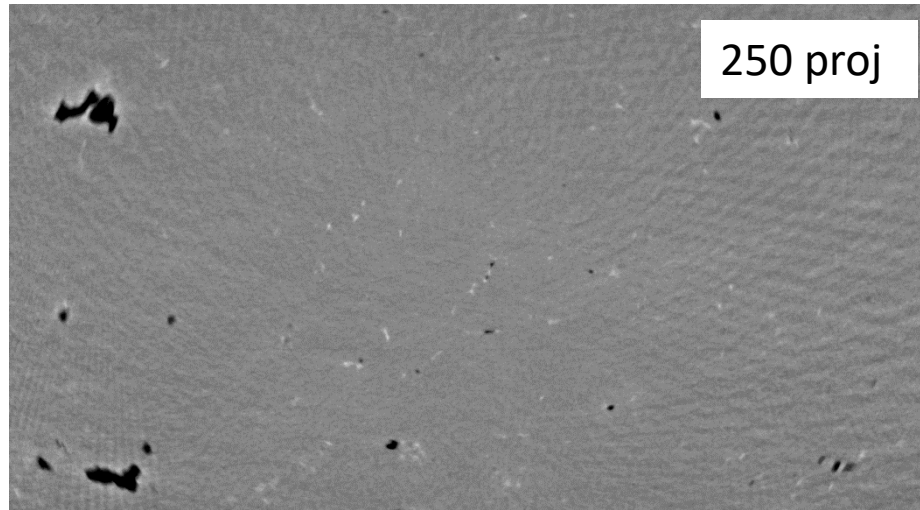


Temps / data / CO2 divisé par 5 à 10 !!



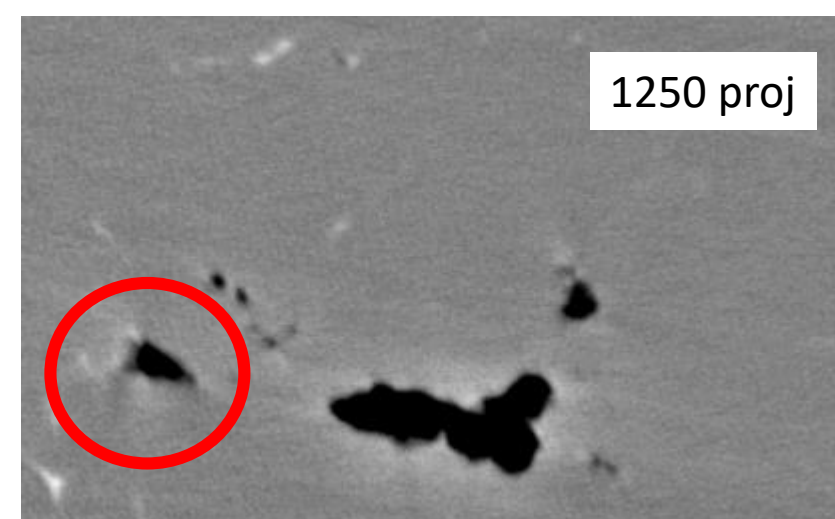
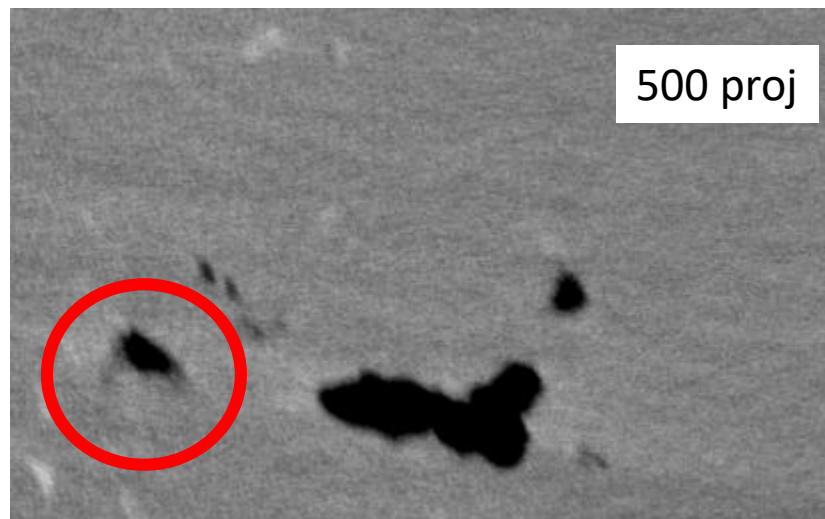
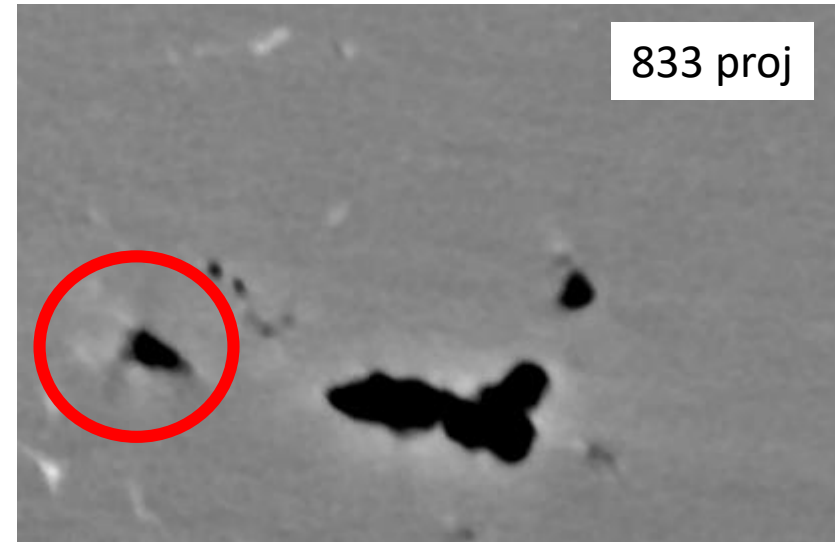
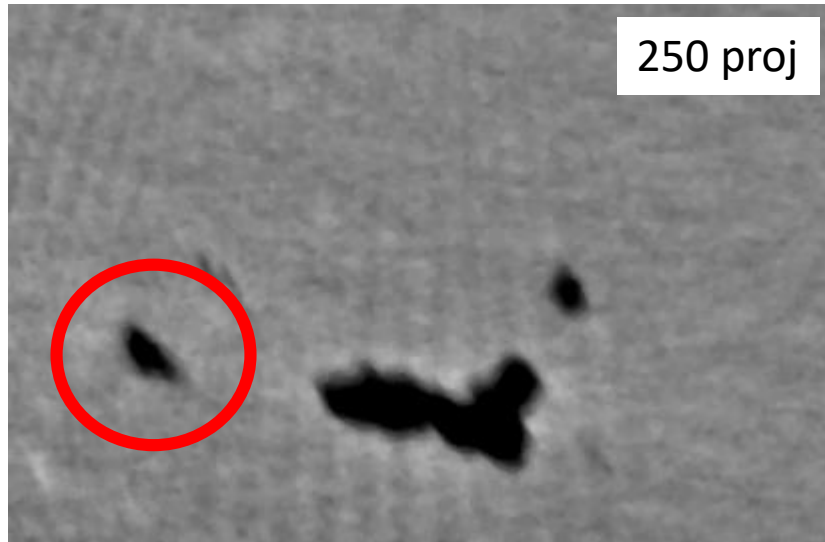
Test complet MSDNET : influence nombre projection continuous

Acquisition à l'ESRF BM05 en mode continu



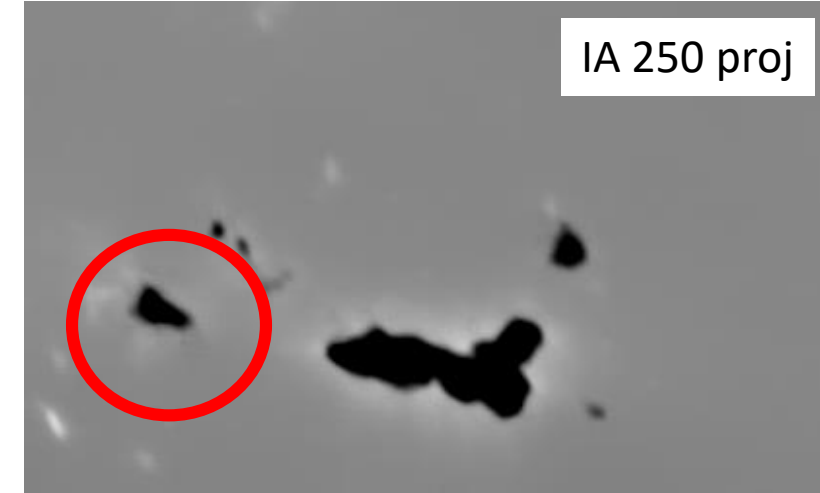
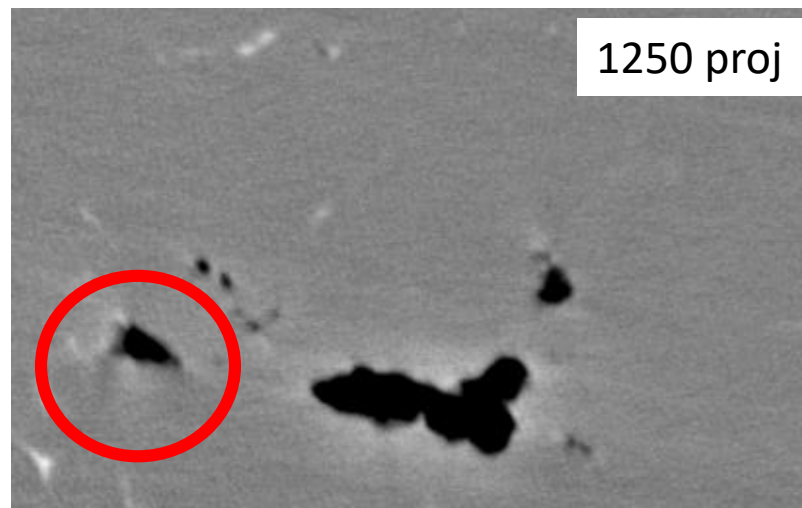
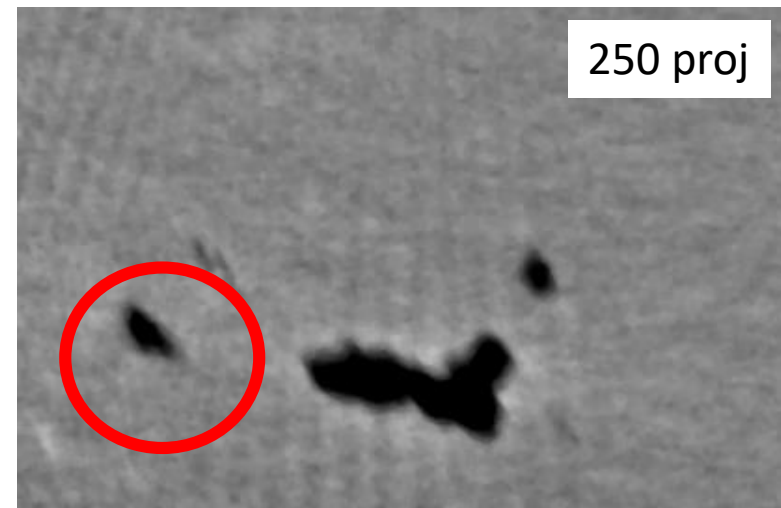
Test complet MSDNET : influence nombre projection continuous

Acquisition à l'ESRF BM05 en mode continu



Test complet MSDNET : influence nombre projection continuous

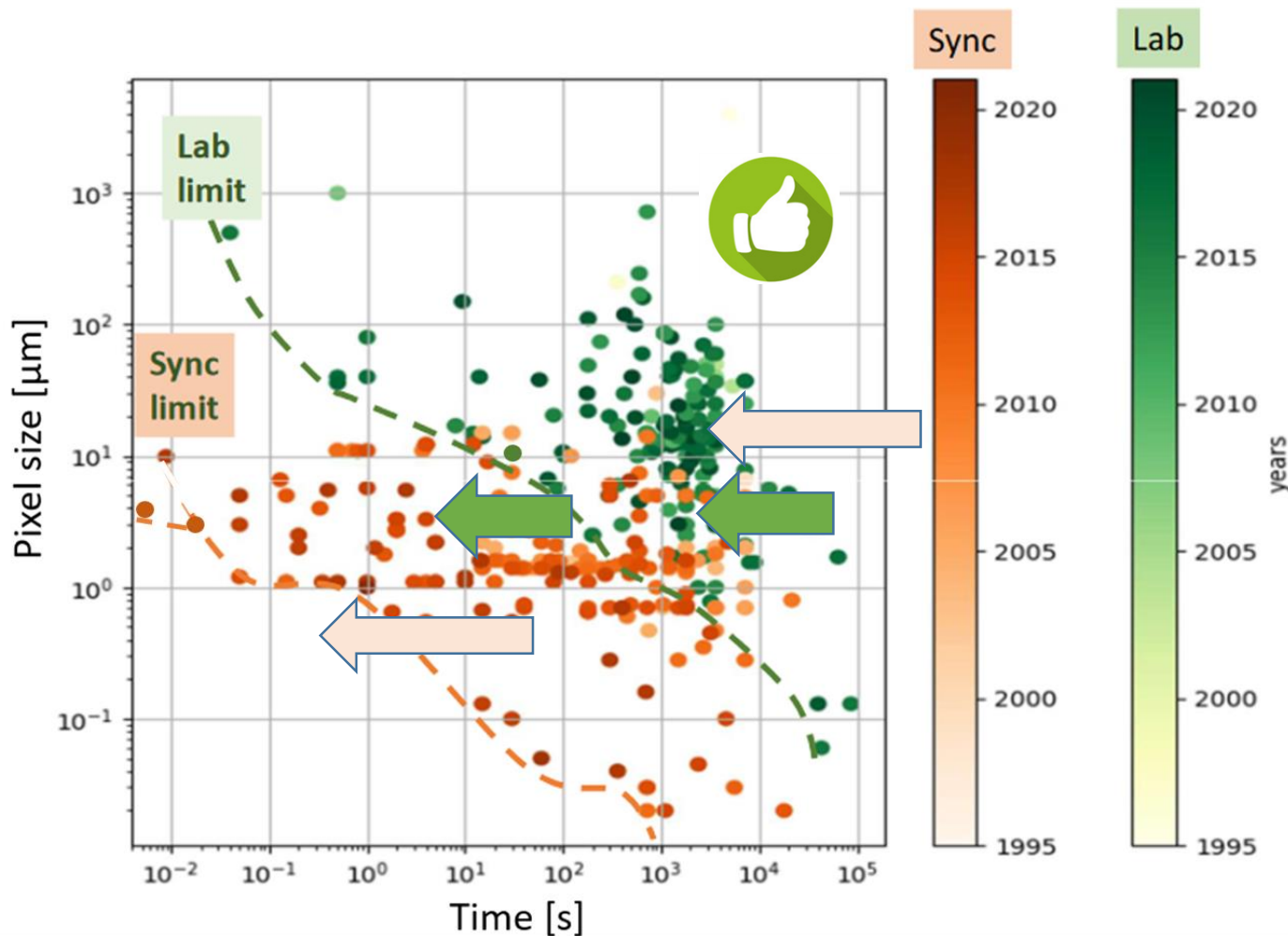
Acquisition à l'ESRF BM05 en mode continu



Temps / data / CO2 divisé par 5 !!



Test complet MSDNET : influence nombre projection continuous



Des algorithmes IA permettent de réduire considérablement ce temps de scan tout en conservant une qualité d'image compatible avec des analyses d'images 3D

- Accessible GRICAD (pr-aiax)
- Développement en cours
- Evaluation (Analyse image 3D)
- Exploiter et partager (BdD)

- Post Doc CEMAM (A. Klos)
- Data : CDP MuSiToX / LTP CIAM3
- Investissement : GRICAD : GPU 60k€ (CEMAM/ CDP MusITox)

(1) Liu, Z., Bicer, T., Kettimuthu, R., Gursoy, D., De Carlo, F., & Foster, I. (2020). TomoGAN: low-dose synchrotron x-ray tomography with generative adversarial networks: discussion. *JOSA A*, 37(3), 422-434.
(2) Pelt, D. M., Batenburg, K. J., & Sethian, J. A. (2018). Improving tomographic reconstruction from limited data using mixed-scale dense convolutional neural networks. *Journal of Imaging*, 4(11), 128.
(3) Hendriksen, A. A., Pelt, D. M., & Batenburg, K. J. (2020). Noise2inverse: Self-supervised deep convolutional denoising for tomography. *IEEE Transactions on Computational Imaging*, 6, 1320-1335.