

**Sujet de stage pour l'année universitaire 2019-2020
au Laboratoire de Mesures Nucléaires, CEA, DEN, Cadarache**

**« Développement de la tomographie discrète pour l'imagerie 3D de l'interaction
Corium-Eau »**

Contexte et enjeux

Dans le cadre de ses actions de R&D sur les accidents graves, le CEA/DTN réalise des essais d'interaction Corium-Eau dans la cellule KROTOS de l'installation Plinius (Cadarache). Un des outils d'analyse de ces essais est la radioscopie X. Elle est développée et mise en œuvre par le Laboratoire de Mesures Nucléaires (LMN). Cette chaîne de radioscopie est constituée d'un accélérateur linéaire 9 MeV, d'un écran scintillant à grand champ de vue (80 cm de hauteur) et d'une caméra scientifique bas bruit (sCMOS) [1] ; elle permet d'obtenir des images à 100 Hz.

À partir des radiographies 2D, les expérimentateurs reconstruisent l'essai en 3D à partir d'hypothèses de symétries [2]. Bien sûr, cette approximation entraîne une certaine incertitude sur les quantités de matière réellement présente dans l'image.

L'objet de ce stage est de travailler sur l'exploitation des données à partir des images fournies par deux chaînes de radioscopies (décalée de 90°) via la tomographie discrète.

Description du stage

Lors de l'interaction Corium-Eau, le corium se fragmente et l'échange de chaleur provoque la vaporisation d'une partie de l'eau. Dans la section d'essai se trouvent ainsi 3 matériaux distincts : corium, eau liquide et vapeur (qu'on assimile à du vide en imagerie).

Comme le nombre et le type de matériaux sont connus, la reconstruction 3D des différentes phases s'apparente à un problème de **tomographie discrète** (à un point d'espace est associé un des 3 matériaux connus), différente de la tomographie classique ou **continue** (qui à un point d'espace associe une grandeur continue comme la densité).

La tomographie classique a besoin d'un grand nombre de vues à différents angles (plusieurs centaines) pour reconstruire une densité. La tomographie discrète peut quant à elle -et sous certaines conditions- être employée avec un nombre restreint de vues, typiquement moins d'une dizaine [3].

On trouve également dans la littérature plusieurs exemples de tomographie discrète appliquée à la reconstruction de 2 phases seulement (**binary tomographie**), typiquement présence ou absence de matériaux [4][5][6].

Pour ces reconstructions discrètes, des algorithmes itératifs (typiquement le DART, *Discrete Algebraic Reconstruction Technique*) sont généralement mis en œuvre. La figure ci-dessous illustre une reconstruction tomographique de 3 phases à partir de 8 vues [3] :

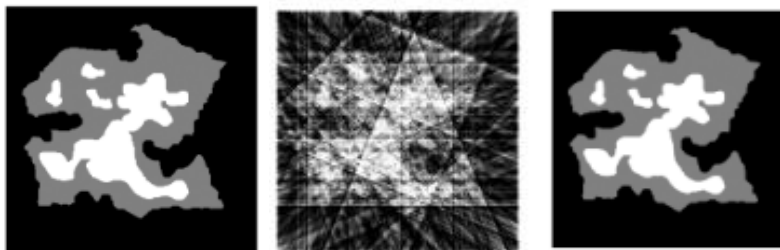


Figure 1 : Illustration de la tomographie discrète sur un fantôme à 3 phases (à gauche). Acquisition de 8 vues. Au milieu reconstruction classique par rétroprojection filtrée (FBP), à droite reconstruction itérative DART.



CEA, DEN, Centre de Cadarache, Laboratoire de Mesures Nucléaires, 13108 Saint-Paul-lez-Durance
Le travail de stage consistera donc dans un premier temps à mettre en œuvre un premier algorithme de type itératif à partir de simulations synthétiques (simplifiées) à 2 angles de vues seulement et d'en évaluer les performances, les avantages et les limites. Une étape de qualification expérimentale pourrait être réalisée sur une chaîne d'imagerie existante en imageant successivement un fantôme 3D à deux angles de vues (0 puis 90°). Ce stage est susceptible de se poursuivre par une thèse.

Description du sujet de thèse

Le travail de thèse consistera à :

- poursuivre les développements d'un algorithme de reconstruction discrète en 3D
- comparer les performances par rapport à l'existant
- évaluer les performances/les incertitudes de la reconstruction vis-à-vis des facteurs influents de la chaîne d'imagerie (flous, bruits) via une étude par simulation
- valider l'ensemble des développements via des essais expérimentaux

Durée 4-6 mois

Profil recherché Grandes Ecoles d'Ingénieurs, Master 2

Unité d'accueil CEA, DEN, Cadarache, Laboratoire de Mesures Nucléaires
Bâtiment 224, 13108 Saint-Paul-lez-Durance

Contacts

N. Estre	Encadrant, ingénieur-chercheur CEA	nicolas.estre@cea.fr	04 42 25 43 44
D. Tisseur	Encadrant, ingénieur-chercheur CEA	david.tisseur@cea.fr	04 42 25 46 98
F. Jallu	Chef de Laboratoire du LMN	fanny.jallu@cea.fr	04 42 25 30 11

Références bibliographiques dans le domaine du sujet proposé

[1] Estre et al., *Fast megavoltage X-rays radioscopy*, Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and Room-Temperature Semiconductor Detector Workshop (NSS/MIC/RTSD), 2016.

[2] Brayer et al., *The KROTOS KFC and SERENA/KS1 tests: experimental results and MC3D calculations*, 7 th International Conference on Multiphase Flow ICMF 2010, Tampa, FL USA, May 30-June 4, 2010

[3] Batenburg et al., *DART: A Practical Reconstruction Algorithm for Discrete Tomography*, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 20, NO. 9, SEPTEMBER 2011

[4] Varga et al., *Projection Selection Dependency in Binary Tomography*, Acta Cybernetica 20 167-187, 2011.

[5] Hantos, N., Iván, S., Balázs, P. et al. Ann Math Artif Intell (2015) 75: 195.

[6] Wang et al., *Binary tomography reconstruction from few projections with Total Variation regularization for bone microstructure studies*, journal of X-Ray Science and Technology, Vol24, n°2, pp. 177-189, 2016.