HAL
open science

Parallélisation sur GPU d'un algorithme de reconstruction 3D bayésien en tomographie X.

Nicolas Gac, Alexandre Vabre, Ali Mohammad-Djafari, Fanny Buyens, Samuel Legoupil

To cite this version:

Nicolas Gac, Alexandre Vabre, Ali Mohammad-Djafari, Fanny Buyens, Samuel Legoupil. Parallélisation sur GPU d'un algorithme de reconstruction 3D bayésien en tomographie X.. Développement d'applications de calcul intensif sur carte graphique pour l'imagerie moléculaire, May 2009, Obernai, France. hal-00504759

HAL Id: hal-00504759

https://hal.science/hal-00504759v1

Submitted on 21 Jul 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Parallélisation sur GPU d'un algorithme de reconstruction 3D bayésien en tomographie X

N. Gac[1], A. Vabre[2], A. Mohammad-Djafari[3], F. Buyens[2] ,S. Legoupil[2]

[1]*Digiteo, Les Algorithmes – Route de l'Orme des Merisiers – RD 128, F-91190 Saint Aubin*
[2]*CEA, LIST, Laboratoire Images et Dynamiques, F-91191 Gif sur Yvette, France*
[3] *L2S, Laboratoire des Signaux et des Systèmes (CNRS-SUPELEC-UPS) SUPELEC, Plateau de Moulon, 3 rue joliot Curie, F-91192 Gif-sur Yvette Cedex, France*
nicolas.gac@lss.supelec.fr

Abstract —An important number of image reconstruction algorithms are implemented in the literature on X-ray CT (Computed Tomography) data. The main family of methods are analytical, mainly filtered backprojection which are implemented generally in medical imaging for their fast reconstruction time. The limits of these methods appear when the number of projections is small, and/or not equidistributed around the object. In this specific context, iterative algebraic methods are implemented. A great number of them are mainly based on least square criterion. We propose a regularized version of iterative algorithms to improve results. The main problem that appears when using iterative algebraic methods is the computation time and especially for projection and backprojection steps. We propose to implement some steps of the iterations on GPU hardware. We present an original method based on a Bayesian statistical method for 3D tomographic reconstructions. The main interest is to apply it in a context of non-consistent data sets, for example with a small number of projections. We show a good quality of results and a significant speed up of the calculation with GPU implementation.

ALGORITHME ITERATIF

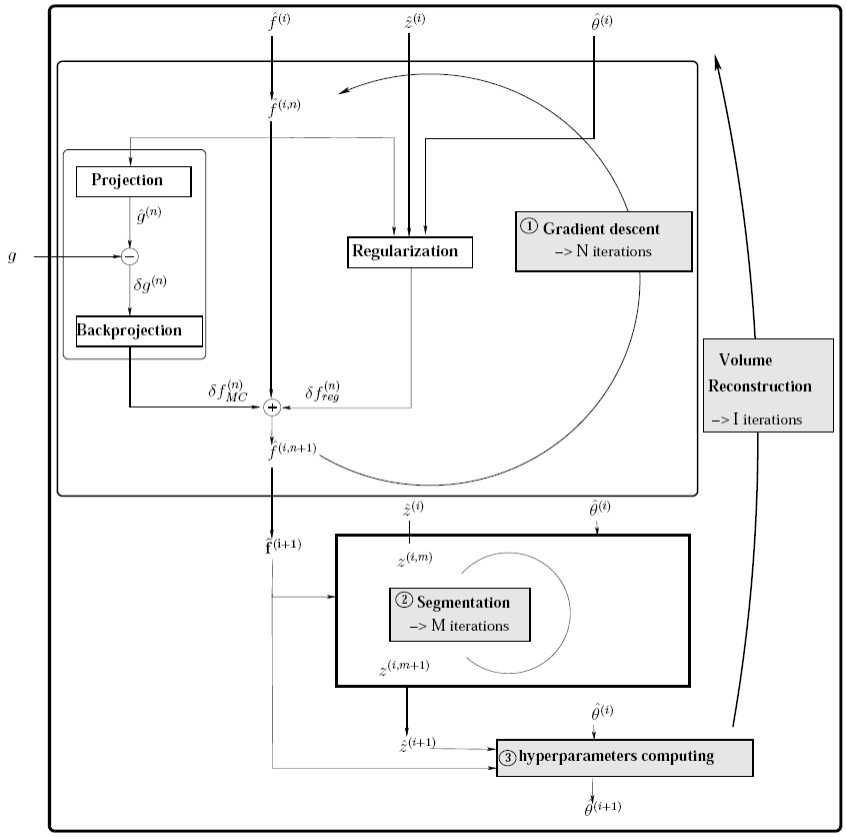


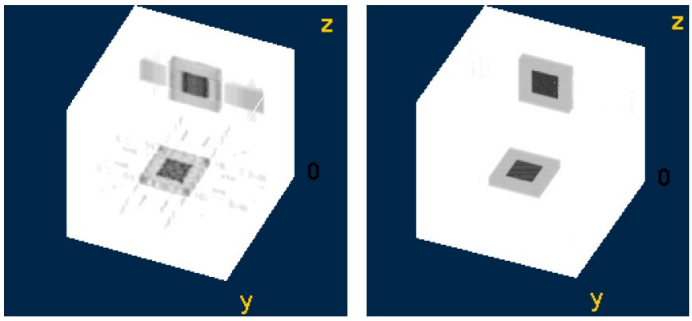
fig. 1 - méthode itérative bayésienne avec segmentation

La reconstruction du volume f à partir des données g du tomographe CT se base sur une modélisation linéaire du système d'acquisition :

$g = Hf + \varepsilon$ avec H la matrice système et ε le bruit

Nous proposons d'utiliser une méthode itérative plus robuste à la réduction du nombre de projections que les méthodes analytiques standards de type rétroprojection filtrée de Feldkamp et que les méthodes algébriques de type ART/SIRT qui minimisent un critère non régularisé du moindre carré. La méthode bayésienne développée au LSS et au CEA-List [1] pose comme hypothèse que le volume à reconstruire est constitué de k régions homogènes (moyenne mk et variance vk, correspondants aux hyperparamètres θ) . Cette information *a priori* (correspondant à une segmentation z du volume) est utilisée lors de la descente de gradient régularisée (étape 1 de la fig.1). La méthode proposée a prouvé son efficacité de reconstruction sur un phantom 3D acquis avec 16 projections (voir fig. 2).

Le temps de reconstruction constitue le principal obstacle à l'utilisation à plus grande échelle de notre méthode. Le grand nombre d'itérations (plus d'une centaine) et le coût de calcul important des opérateurs de projection et de rétroprojection à chaque itération requiert l'emploi d'accélérateurs matériels tels que les GPUs [2].



(a) (b)

fig.2 Phantoms reconstruits avec 16 projections en Felkamp (a) et avec notre méthode (b)

PARALLELISATION SUR GPU

Différents types d 'algorithmes de projection et de rétroprojection existent afin d'approximer les deux opérations matricielles nécessaires lors de l'étape de descente de gradient : Hf et ^{t}Hδg. Ces opérateurs permettent de calculer en ligne les coefficients de la matrice H dont la taille trop importante rend difficile son stockage même partielle en mémoire principale.

Nous avons parallélisé sur une carte GTX 295 de Nvidia une paire non cohérente de projection/rétroprojection : algorithme voxel-driven avec interpolation bi-linéaire pour le rétroprojecteur [2] et algorithme ray-driven de Joseph pour le projecteur [3]. Chacun de ces opérateurs approxime de manière différente la matrice système H. Ce choix de coupler un rétroprojecteur voxel-driven avec projecteur ray-driven s'explique avant tout par les facteurs d'accélération nettement inférieures obtenus à l'aide d'opérateurs duaux. Par rapport à une implémentation standard en C, nous obtenons ainsi un facteur d'accélération de l'ordre de 100.

	Opérations pour un volume de 256^3 et 64 projections de 256^2	Temps	Giga opérations par seconde (Gop/s)
Projecteur	256^2*64 rayons mis à jour avec 256 voxels traversés	63 ms	15,9 Gop/s (Mises à jour de rayons)
Rétroprojecteur	(π*122^2)*224 voxels (champs de vue cylindrique) mis à jour avec 64 angles	63 ms	9,9 Gop/s (Mises à jour de voxels)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous présentons une méthode originale basée sur une méthode d'estimation bayésienne pour la reconstruction 3D en tomographie CT. Son utilisation s'avère pertinente lorsqu'elle est appliquée à des données non-cohérentes obtenues par exemple à un faible nombre de projections. Nous avons ainsi montré la très bonne qualité de reconstruction obtenue avec cette méthode, L'intégration de notre paire de projection/rétroprojection implémentés sur GPU à cette méthode nous permettra d'obtenir une accélération d'un à deux ordres de magnitude.

Nous étudions actuellement l'implémentation d'autres projecteurs sur GPUs et l'effet de l'emploi de paires de projection/rétroprojection non cohérentes sur la convergence de notre méthode itérative, Par ailleurs, afin de reconstruire des données de taille plus importantes, nous avons pour projet d'effectuer une reconstruction distribuée sur plusieurs processeurs graphiques.

[1] S. Fekih-Salem, A.Vabre and A. Mohammad-Djafari. *« Bayesian tomographic reconstruction of microsystems », in American Institute of Physics, vol, 954 MaxEnt Workshop, 2007, pp. 372-380*

[2] N. Gac, S. Mancini, M. Desvignes and D. Houzet. « High speed 3D tomograpy on cpu, gpu and fpga », in EURASIP Journal on Embedded Systems, volume 2008, Article ID 930250

[3] P.Joseph, An improved algorithm for reprojecting rays through pixel images, IEEE Trans. Med. Imag, vol.1, pp. 192-196, 1983