



HAL
open science

Le calcul distribué : un outil pour l'imagerie médicale

Tristan Glatard, Rafael Ferreira da Silva, Sorina Camarasu-Pop

► **To cite this version:**

Tristan Glatard, Rafael Ferreira da Silva, Sorina Camarasu-Pop. Le calcul distribué : un outil pour l'imagerie médicale. Rencontres Scientifiques France Grilles 2011, Sep 2011, Lyon, France. hal-00653015

HAL Id: hal-00653015

<https://hal.science/hal-00653015v1>

Submitted on 16 Dec 2011

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.

Le calcul distribué : un outil pour l'imagerie médicale

Tristan Glatard, Rafael Ferreira da Silva, Sorina Camarasu-Pop
{glatard,silva,pop}@creatis.insa-lyon.fr
CREATIS ; CNRS UMR5220 ; Inserm U1044 ; Université de Lyon.

Overview

Research in medical imaging now significantly depends on the availability of computing and data storage resources. In particular, numerical simulation and parameter studies require important amounts of computing power. The Virtual Imaging Platform is a web platform providing access to the European Grid Infrastructure and private local clusters to run workflows for medical simulation or analysis. It uses the MOTEUR workflow engine and the DIRAC pilot-job scheduler. Workflows are optimized to cope with hardware and software heterogeneity of the infrastructure. During the last 6 months a total of 10.8 CPU years were consumed on the platform to support applications in medical image simulation, proton therapy simulation, parameter studies in cardiac segmentation, image filtering optimization and hepatic cartography.

Enjeux scientifiques, besoin de la grille

La recherche en imagerie médicale dépend désormais fortement de la disponibilité de ressources informatiques, qu'elles concernent la puissance de calcul ou la capacité à stocker, transférer et partager des données. Comme la plupart des domaines scientifiques, la simulation numérique y joue un rôle important. La simulation permet notamment de concevoir de nouveaux instruments d'imagerie, d'étudier des modèles du vivant mais aussi de fournir une vérité terrain pour, par exemple, évaluer des algorithmes d'analyse d'images. La simulation est aussi utilisée à des fins thérapeutiques, par exemple pour l'optimisation de planning en radiothérapie. Les besoins en calcul de la simulation numériques sont évidents ; à titre illustratif, la simulation d'une séquence ultrasonore 2D+t nécessite plusieurs dizaines d'heures de calcul. La simulation médicale bénéficie également du partage de données, qu'il s'agisse des modèles du vivant utilisés en entrée de la simulation ou des données simulées elles-mêmes.

Les études de paramètres sont une autre classe d'applications demandeuse en ressources de calcul en imagerie médicale. Elles peuvent correspondre à une optimisation numérique (recherche exhaustive dans un espace de solutions) ou à une exploitation du parallélisme de données (par exemple traitement des voxels d'une image).

Développements, déploiement sur la grille

Nous développons une plate-forme web permettant d'accéder à des applications d'imagerie médicale pour la simulation en imagerie et radio-/hadronthérapie ainsi que pour des études paramétriques. Cette plate-forme est supportée par les projets ANR « Virtual Imaging Platform » (VIP) et « hGATE ». Elle offre principalement les fonctionnalités suivantes :

- Définition de classes d'applications, groupes d'utilisateurs et droits associés.
- Transfert et réplique de fichiers et répertoires vers et depuis le catalogue de fichiers LFC ; gestion d'espaces privés et partagés.
- Lancement, exécution et suivi de workflows sur les ressources de l'organisation virtuelle « biomed »¹ et sur des grappes locales. L'exécution de workflows utilise le gestionnaire MOTEUR [IJHPCA 2008] et l'ordonnanceur DIRAC [JoP 2009].

Cette plate-forme est disponible à l'adresse <http://vip.creatis.insa-lyon.fr> [HealthGrid'11].

Outils, difficultés rencontrées

L'utilisation d'une infrastructure telle que la VO biomed, qui comporte plus d'une centaine de sites de calculs, n'est pas triviale. L'ordonnement des tâches y est complexe du fait de l'hétérogénéité matérielle importante et il est par conséquent courant que les dernières tâches d'une simulation soient responsables d'une fraction significative du temps perçu par l'utilisateur (syndrome de la « dernière tâche », voir Fig.1).

1 à laquelle contribuent une quinzaine de sites français

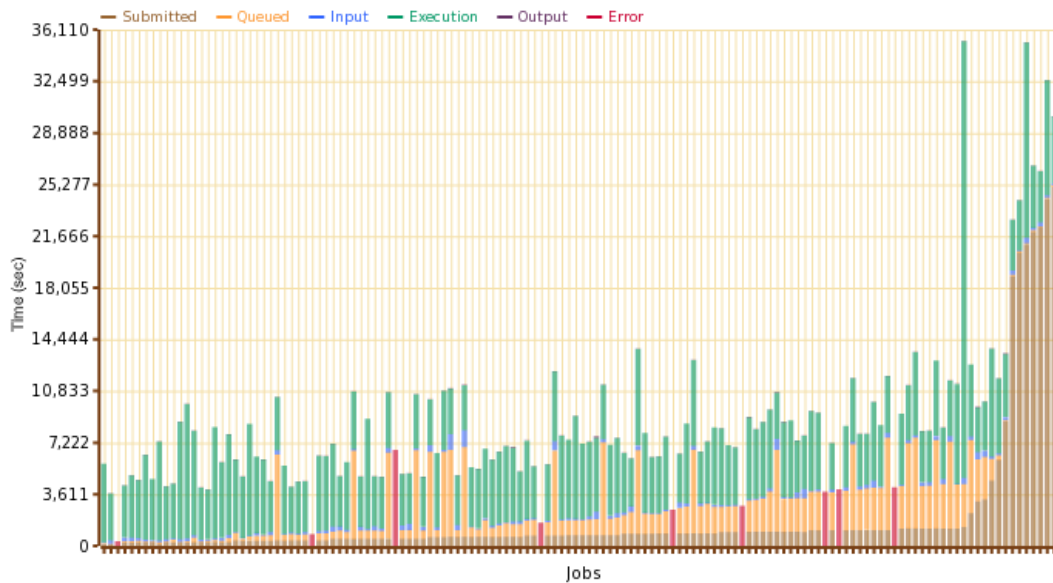


Figure 1: Diagramme d'exécution d'une simulation ultrasonore découpée en 128 tâches dans la VO biomed ; une petite fraction des tâches vers la fin de la simulation augmente considérablement le temps d'exécution perçu par l'utilisateur.

Pour remédier à ce problème, nous développons des méthodes d'équilibrage de charge propres aux systèmes distribués à très grande échelle. La Figure 2 présente par exemple un résultat obtenu grâce à l'algorithme présenté en [JGC 2010].

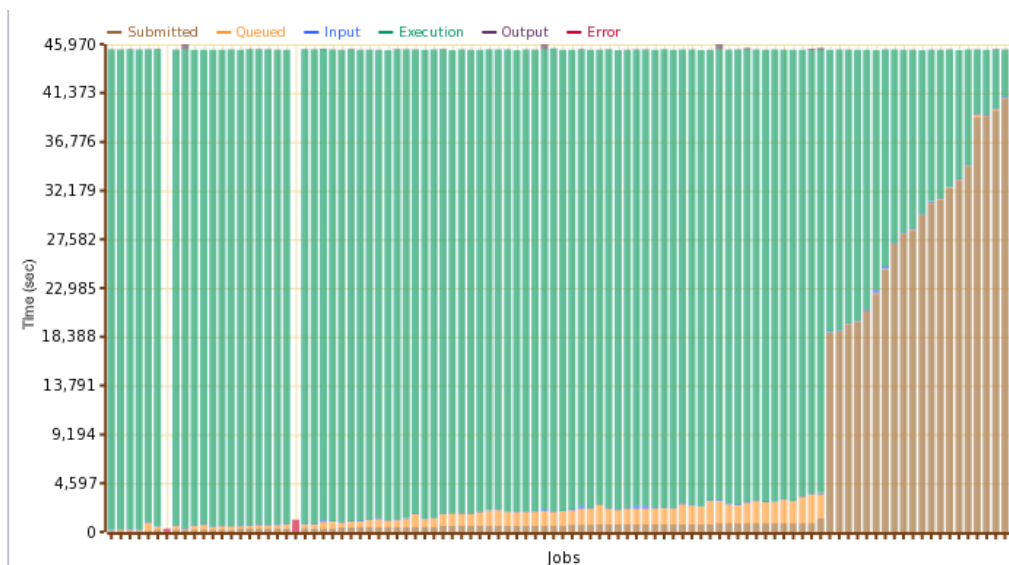


Figure 2 : diagramme d'exécution d'une simulation réalisée à l'aide de l'algorithme d'ordonnancement dynamique présenté en [JGC 2010]. Toutes les ressources contribuent à la simulation jusqu'à son terme.

L'hétérogénéité logicielle de l'infrastructure est une autre difficulté liée à l'exploitation de la grille. Elle est la cause d'erreurs provenant de différences de versions et configurations des logiciels installés sur les nœuds de calcul. Elle s'exprime notamment par un taux d'erreur important dans les transferts de données entre les nœuds de calcul et les éléments de stockage. Pour faire face à ces problèmes, la plate-forme VIP utilise un système de stockage local redondant qui se comporte comme un élément de stockage de l'infrastructure mais n'est utilisé qu'en cas d'erreur. Lorsqu'une simulation est démarrée, ses données d'entrée sont répliquées sur le stockage local. En cas de problème de transfert, les tâches de calcul utilisent cette copie locale en dernier recours. La même stratégie est utilisée pour les résultats de calcul.

Résultats

Les Figures 3 à 7 illustrent les principaux résultats publiés en utilisant la plate-forme décrite précédemment.

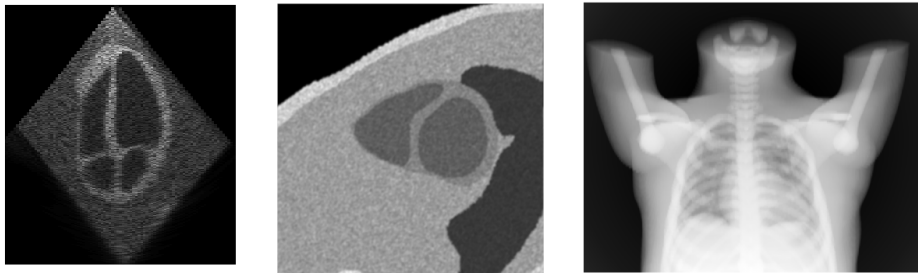


Figure 3 : simulation d'images médicales. De gauche à droite : simulation échocardiographique en vue apicale 4 cavités (simulateur FIELD-II), simulation IRM petit axe (simulateur SIMRI), 1 projection d'un scan 3D (simulateur Sindbad) [CBMS'11].

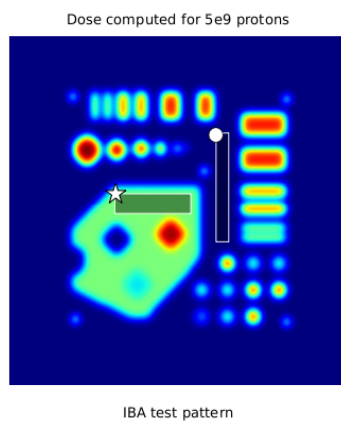
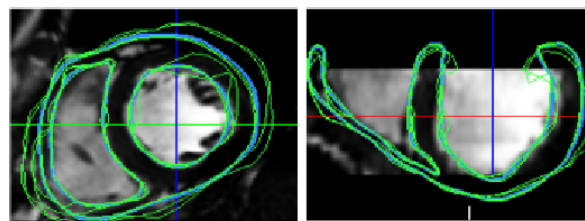
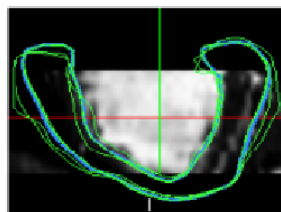


Figure 4: simulation avec le logiciel GATE d'un dépôt de dose sur un fantôme utilisé en proton-thérapie [PTCOG'11].



(a) C1, z=30

(b) C1, y=70



(c) C2, x=88

Figure 5 : exploration de paramètres pour la segmentation cardiaque [ICIP'11].

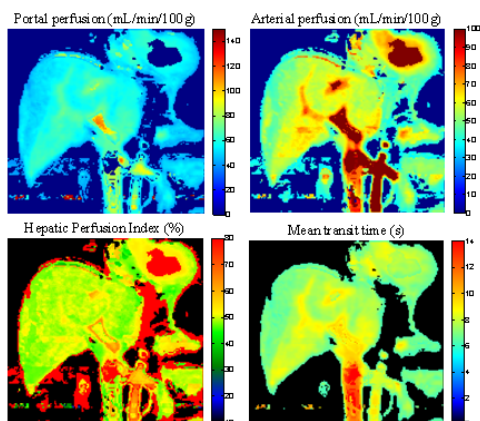


Figure 6 : étude paramétrique de la perfusion hépatique [ISMRR'11].

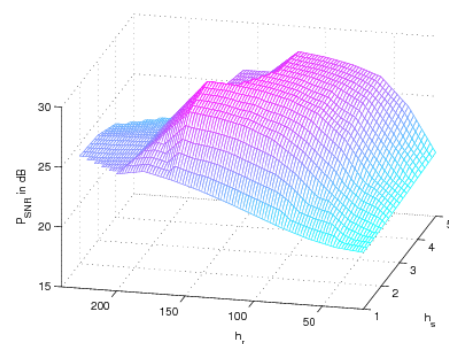


Figure 7 : optimisation des paramètres d'échelle du filtrage par décalage de moyenne (Mean-Shift) [HealthGrid'10].

Perspectives

L'utilisation de la grille de calcul en production, par des utilisateurs « réels » (chercheurs et étudiants en imagerie médicale) comporte toujours un coût humain important pour administrer les services permettant d'accéder à l'infrastructure et réagir aux problèmes opérationnels liés à son exploitation.

Une interface dédiée à la simulation d'images médicales est en cours de développement. Elle permettra notamment de visualiser la scène 3D de simulation et offrira un catalogue de modèles biologiques indexé sémantiquement. D'autres travaux en cours portent sur l'amélioration de la fusion des résultats de simulation et de la robustesse de la plateforme.

Références

- **[IJHPCA 2006]** T. Glatard, J. Montagnat, D. Lingrand, and X. Pennec, "Flexible and efficient workflow deployment of data-intensive applications on grids with MOTEUR", *Journal of High Performance Computing Applications*, vol. 22, no. 3, pp. 347-360, 2008.
- **[JoP 2009]** A.Tsaregorodtsev, N.Brook, A.Casajus Ramo, Ph.Charpentier, J.Closier, G.Cowan, R.Graciani Diaz, E.Lanciotti, Z.Mathe, R.Nandakumar, S.Paterson, V.Romanovsky, R.Santinelli, M.Sapunov, A.C.Smith, M.Seco Miguelez, and A.Zhelezov. DIRAC3 . The New Generation of the LHCb Grid Software. *Journal of Physics: Conference Series*, 219(6):062029, 2009.
- **[HealthGrid'11]** R. Ferreira da Silva, S. Camarasu-Pop, B. Grenier, V. Hamar, D. Manset, J. Montagnat, J. Revillard, J. R. Balderrama, A. Tsaregorodtsev, and T. Glatard, "Multi-infrastructure workflow execution for medical simulation in the Virtual Imaging Platform", *HealthGrid 2011*, Bristol, UK, 2011.
- **[JGC 2010]** S. Camarasu-Pop, T. Glatard, J. T. Moscicki, H. Benoit-Cattin, and D. Sarrut, "Dynamic partitioning of GATE Monte-Carlo simulations on EGEE", *Journal of Grid Computing*, vol. 8, no. 2, pp. 241-259, mar, 2010
- **[CBMS'11]** A. Marion, G. Forestier, H. Benoit-Cattin, S. Camarasu-Pop, P. Clarysse, R. Ferreira da Silva, B. Gibaud, T. Glatard, P. Hugonnard, C. Lartizien, et al., "Multi-modality medical image simulation of biological models with the Virtual Imaging Platform (VIP)", *The 24th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2011)*, Bristol, UK, 2011.
- **[PTCOG'11]** Pierre GUETH , Sorina CAMARASU-POP , Tristan GLATARD, Loïc GREVILLOT , David SARRUT , PBS proton treatment plan simulation with the GATE-Lab , PTCOG, 2011.
- **[ICIP'11]** S. B. Fredj, T. Glatard, C. Casta, and P. Clarysse, "An exploration framework for segmentation parameter spaces", *IEEE International Conference on Image Processing* , Brussels, Belgium, 2011.
- **[ISMRM'11]** B. Leporq, S. Camarasu, F. Pilleul, and O. Beuf, "3D-liver quantitative perfusion mapping using EGEE grid with MR-DCE imaging and MS-325 blood pool contrast agent", *ISMRM*, Montreal, Canada, pp. 2046, May, 2011.
- **[HealthGrid'10]** T. Li, S. Camarasu-Pop, T. Glatard, T. Grenier, and H. Benoit-Cattin, "Optimization of Mean-Shift scale parameters on the EGEE grid", *Studies in health technology and informatics, Proceedings of Healthgrid 2010*, vol. 159, pp. 203-214, 2010.