

ETUDE D'UN SHADER GLSL POUR LA RECONSTRUCTION ET LA VISUALISATION DE LIGNES DE COURANT

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

La visualisation tridimensionnelle des champs vectoriels, tels que les champs de vitesse ou les champs magnétiques, repose souvent sur la reconstruction de lignes de courant, les chemins suivis par une particule de masse nulle dans ces champs. En astrophysique, les domaines d'application sont nombreux : simulations numériques de plasmas turbulents où se développent des structures complexes, reconstruction sur la base de données observationnelles des *cosmic flows*, les courants cosmiques d'origine gravitationnelle le long desquels se déplacent la matière (galaxies et matière noire). Ces lignes de courant sont reconstruites dans des grilles pouvant atteindre des milliards de cellules. Les besoins engendrés en termes de *computing* sont considérables. Le cas de la reconstruction de bassins d'attraction, où des lignes de courant doivent être *seedées* en tout point de la grille, et suivies jusqu'à un attracteur (voir Figure 1), est particulièrement demandeur en temps de calcul.

Dans ce sujet de thèse, nous proposons d'étudier la reconstruction de lignes de courant et leur visualisation dans le cadre de la technologie des *shaders* GLSL (OpenGL Shading Language). Cette technologie permet de déporter le calcul scientifique dans les cartes graphiques pour y réaliser à la fois l'exécution d'algorithmes et la visualisation de leurs résultats. Dans le cas du calcul des bassins d'attraction, où les reconstructions de milliards de lignes de courant sont indépendantes les unes des autres, l'architecture parallèle de la carte graphique est un environnement idéal pour étudier le problème.

Cette thèse s'effectuera dans le cadre du Projet COAST « Computational Astrophysics » à l'Institut de Recherche sur les Lois Fondamentales de l'Univers (CEA Saclay) au sein du groupe responsable de la visualisation scientifique. Ce groupe est reconnu internationalement pour ses contributions à l'étude des plasmas

astrophysiques par les simulations numériques (formation des grandes structures cosmologiques, évolution des galaxies, supernovæ, magnétisme stellaire, systèmes protoplanétaires,...) et par sa contribution à la cosmographie, l'étude de la cartographie de l'Univers basée sur la reconstruction et la visualisation des courants cosmiques.



Figure 1 : reconstruction et visualisation des lignes de courants ayant permis d'identifier les frontières de notre superamas de galaxies, Laniakea. Couverture de Nature, 4 septembre 2014.

Description groupe/labo/encadrement

La thèse s'accomplira dans le cadre d'un groupe d'ingénieur-chercheurs du SEDI (Service d'Electronique, des Détecteurs et de l'Informatique). Ce groupe est responsable de la visualisation 3D des simulations numériques produites par le Service d'Astrophysique et il est fait partie du projet international *Cosmicflows* de cartographie de l'Univers Local, en collaboration avec l'Université d'Hawaï, l'Université de Jérusalem et l'Université de Lyon.

L'encadrant dispose d'une solide expérience en visualisation scientifique. Il est l'auteur du logiciel de visualisation *SDvision* (Saclay Data Visualization) développé dans le cadre d'IDL Object Graphics. Ce logiciel constituera l'environnement dans lequel sera invoqué le *shader* de reconstruction des lignes de courant.

TRAVAIL PROPOSE

Une première phase consistera à se familiariser avec les différents types de données et les différents cas scientifiques pour lesquels la reconstruction de lignes de courants est un enjeu, et avec la gestion de leur visualisation dans le cadre existant du logiciel *SDvision*. Ceci permettra de se familiariser avec la plateforme IDL « Interactive Data Language » et sa syntaxe de programmation. Les objets graphiques d'IDL disposent d'une interface vers les *shaders* GLSL dont les mécanismes devront être maîtrisés.

Une deuxième phase consistera à étudier le *shader* de reconstruction de lignes de courant. Pour ceci on bénéficiera de la comparaison avec la reconstruction déjà en place basée sur un calcul CPU non parallèle. Les performances du *shader* seront évaluées en regard de cette reconstruction. Une fois le résultat validé et les performances comprises en termes de gain en temps de calcul sur des cas scientifiques déjà connus, le *shader* sera mis en service sur des problématiques scientifiques en cours d'étude dans le groupe. Il pourra ainsi prendre part pleinement à des projets de recherche fondamentale dont il constituera un acteur stratégique.

L'étude de ce *shader* fera l'objet de publications dans des revues à comités de lecture et de communications dans des conférences internationales (IEEE Vis par exemple).

FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

La connaissance de la librairie OpenGL et du langage GLSL serait un atout. Une solide base scientifique et la capacité de développer des algorithmes sont nécessaires.

COMPETENCES ACQUISES

Cette thèse permettra d'acquérir des compétences valorisables dans de nombreux domaines, que ce soit dans la recherche fondamentale et appliquée ou dans l'industrie. L'expérience acquise sur les *shaders* est d'un intérêt considérable pour les industries impliquées dans le CGI (*Computer Graphics & Imaging*): industrie du jeu vidéo, *entertainment*, cinéma, réalité virtuelle. Du côté de la recherche fondamentale et appliquée, de nombreux secteurs sont intéressés par la question particulière de la reconstruction des lignes de courant: hydrodynamique, aérodynamique, science du climat, météorologie, océanographie, sciences de la vie (visualisation 3D des flux dans les vaisseaux sanguins par exemple).

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

Le groupe collabore avec l'Université d'Hawaï, l'Université de Lyon et l'Hebrew University de Jérusalem.

CONTACTS

Daniel Pomarède
Téléphone : +33 169087103
E-mail : pomarede@cea.fr