

Campagne 2020 Contrats Doctoraux Instituts/Initiatives

Proposition de Projet de Recherche Doctoral (PRD)

Appel à projet ISCD-Institut des Sciences du calcul & des Données **2020**

Intitulé du Projet de Recherche Doctoral :
Simplification multi-échelles de maillages 3D, applications à la visualisation en histoire de l'art et en archéologie

Directeur de Thèse porteur du projet (titulaire d'une HDR) :

NOM : **SMETS** Prénom : **Didier**
Titre : Professeur des Universités ou
e-mail : didier.smets@sorbonne-universite.fr
Adresse professionnelle : campus Jussieu, bureau 16-26 320, 4 place Jussieu, 75005
(site, adresse, bât., bureau) Paris,

Unité de Recherche :

Intitulé : Laboratoire J.L. Lions
Code (ex. UMR xxxx) : 7598

ED386-Sciences Mathématiques Paris

Ecole Doctorale de rattachement de l'équipe & Centre d'inscription du doctorant :

Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants, leur année de 1ère inscription et la quotité d'encadrement) : 1 doctorant à 50 %, en troisième et dernière année

Co-encadrant :

NOM : **WALTER** Prénom : **Philippe**
Titre : Directeur de Recherche ou HDR
e-mail : philippe.walter@upmc.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale
Code (ex. UMR xxxx) : 8220

ED397-Physique & Chimie des Matériaux

Ecole Doctorale de rattachement : Ou si ED non Alliance SU :

Doctorants actuellement encadrés par le co-directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants, leur année de 1ère inscription et la quotité d'encadrement) : 2 à 100% (année 1 et 2)

Cotutelle internationale : Non Oui, précisez Pays et Université :

Description du projet de recherche doctoral (en français ou en anglais)

3 pages maximum – interligne simple – Ce texte sera diffusé en ligne

Détailler le contexte, l'objectif scientifique, la justification de l'approche scientifique ainsi que l'adéquation à l'initiative/l'Institut.

Le cas échéant, préciser le rôle de chaque encadrant ainsi que les compétences scientifiques apportées. Indiquer les publications/productions des encadrants en lien

avec le projet.

Préciser le profil d'étudiant(e) recherché.

Descriptif: L'amélioration et la démocratisation des appareils de relevé de données spatiales permettent au chercheur d'aujourd'hui d'accéder à un niveau de résolution longtemps inespéré. Parmi les techniques de capture, le LIDAR, qu'il soit aéroporté ou simplement manuel, mais aussi la photographie traditionnelle automatisée en multi-clichés, occupent une place de choix.

L'étape de capture effectuée, il est nécessaire en pratique de rationaliser et d'organiser les données afin ensuite de les analyser ou de les exploiter. Pour nombre d'applications, cette étape correspond en la réalisation d'un maillage 3D éventuellement texturé. Dans le cas du LIDAR, elle fait intervenir des algorithmes de traitements de nuages de points, alors que dans le cas de la photographie multi-clichés, ce sont des algorithmes de photogrammétrie qui sont à l'oeuvre.

Dans l'un et l'autre cas, le processus implique de décider à priori la valeur d'un paramètre d'ordre (typiquement la taille ou le nombre de mailles) que l'on souhaite utiliser pour rendre compte des données.

Du point de vue théorique, rien n'empêche de pousser ce paramètre jusqu'aux limites qui correspondent à celles de l'appareillage qui a servi à la capture (en photogrammétrie d'une toile de peinture ou d'une pièce d'archéologie, cette échelle s'avère être de l'ordre de quelques dizaines de microns seulement !).

Du point pratique, bien que la réalisation de tels maillages puisse aujourd'hui être effectuée sur un ordinateur personnel (modulo une quantité suffisante de mémoire et une bonne dose de patience), c'est son exploitation ultérieure, par exemple dans un moteur de rendu 3D, qui pose problème si la complexité dépasse quelques millions de polygones. Dans l'exemple de la photogrammétrie évoqué ci-dessus, un million de triangles sur une toile d'un mètre carré ne permettent déjà plus qu'une résolution spatiale de l'ordre du millimètre, soit un à deux ordres de grandeurs en dessous de celle du dispositif de capture. Cette perte de détails est loin de n'être qu'une limitation théorique; toujours dans le cadre de cet exemple, ils correspondent, dans l'épaisseur, à l'échelle en dessous de laquelle on peut commencer à analyser la technique (les coups de pinceaux) qui a été utilisée lors de la réalisation de l'oeuvre.

Une solution à ce problème consiste à restreindre l'étendue de l'objet d'étude (en le morcelant autant que nécessaire). Il s'agit du pis-aller adopté de fait par l'essentiel de la communauté des utilisateurs, en dehors de quelques cas notoires (notamment des plateformes de visualisation géographique) dont les moyens matériels et humains sont sans commune mesure.

Le projet de thèse que nous proposons s'insère à ce niveau, et vise à étudier, proposer et implémenter un dispositif qui, partant d'un maillage 3D très haute résolution, se fixe deux objectifs :

- La construction d'une pyramide multi-résolutions de "sous-maillages" (le sens exact fera partie de l'objet d'étude), depuis la résolution initiale jusqu'à une résolution correspondant à un nombre très bas de triangles.

- La mise en place d'une procédure de cache et de chargement d'étages de la pyramide, en fonction d'une position donnée de l'oeil (ou de la caméra) et d'une résolution angulaire souhaitée.

Le premier objectif implique de quantifier les erreurs d'approximations induites par la simplification spatiale, mais aussi de gérer les (inévitables) disjonctions ("mesh cracks") qui accompagnent ce genre de procédé et qui seraient sinon du plus mauvais effet lors de l'étape ultérieure de visualisation.

Le second objectif implique de bien réfléchir à la manière dont sera stockée la pyramide (que ce soit sur disque ou en mémoire) et de quantifier les besoins en transferts de données qu'une visualisation "interactive" impliquera. Cette étape sera aussi l'occasion d'adjoindre à la donnée spatiale sous-résolue que constitue les étages de la pyramide un reliquat (sous forme de texture) d'information que l'on considère essentielle à la visualisation (par exemple des cartes de normales, de rugosité ou de réflectance).

Mis ensemble, ces deux briques visent à permettre aux utilisateurs d'être à même de visualiser de manière interactive (i.e. en modifiant en temps réel la position de l'oeil mais par exemple aussi la position des lumières) jusqu'à des résolutions un ordre de grandeur inférieures à ce qu'ils pouvaient se permettre jusqu'ici. Dans le cas évoqué de la peinture et de l'archéologie, il s'agit de pouvoir tourner en temps réel autour de l'objet et de mettre en évidence des détails qui ne s'observent à l'oeil nu que dans l'épaisseur au moyen d'une lumière rasante.

Profil recherché.

La thèse sera rattachée à l'école doctorale Sciences Mathématiques de Paris centre (ED386), et encadrée par Philippe Walter (Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale) et Didier Smets (Laboratoire Jacques-Louis Lions). Le rattachement à une structure de recherche se fera au choix à l'Institut des Sciences du Calcul et des données (ISCD) ou au laboratoire Jacques-Louis Lions. Dans l'un et l'autre cas, des rencontres régulières avec l'équipe encadrante auront lieu à l'ISCD, notamment dans le cadre de groupes de travail avec des membres de cet institut (Pascal Frey et Nicolas Leys) ou du LAMS (Philippe Martinez, égyptologue).

Le profil du poste correspond à une personne ayant une formation mathématique suffisante lui permettant d'aborder les questions d'approximations exposées dans le sujet, mais aussi une familiarité ou au minimum un appétit pour les questions liées à leur implémentation pratique dans du code. Une expérience des techniques et/ou des moteurs de visualisation 3D (par exemple basés sur la librairie graphique OpenGL) est un plus, elle devra sinon être acquise (dans un deuxième temps) afin de mener le projet à son terme.

En dehors des applications scientifiques qui seront l'objet immédiat du travail de thèse, le ou la candidate acquerra par ce biais une expérience forte dans un domaine dont les besoins ne cessent de grandir : autrefois cantonnée à la CAO et au jeu vidéo, la visualisation s'invite aujourd'hui dans tous les domaines.

Merci de nommer votre fichier pdf :

«ACRONYME de l'institut/initiative_2_NOM Porteur Projet_2020 »

à envoyer simultanément par e-mail à l'ED de rattachement et au programme : cd_instituts_et_initiatives@listes.upmc.fr avant le 30 mars.