

Acceleration of soft robots simulation in the SOFA
framework using GPUs
Accélération de simulation de robots souples dans le
framework SOFA à l'aide de GPU

1 Contexte

L'équipe DEFROST de l'Inria s'intéresse à la robotique souple ou déformable. L'idée principale est que le mouvement des robots n'est plus dû à des articulations, mais à la déformation du matériau constituant le robot. Ces robots déformables présentent de grands avantages pour les tâches de manipulation ou d'exploration, mais ils sont ardues à contrôler. L'équipe DEFROST est spécialisée dans la simulation de robots déformables, notamment pour le design et le contrôle, dans le framework SOFA¹.

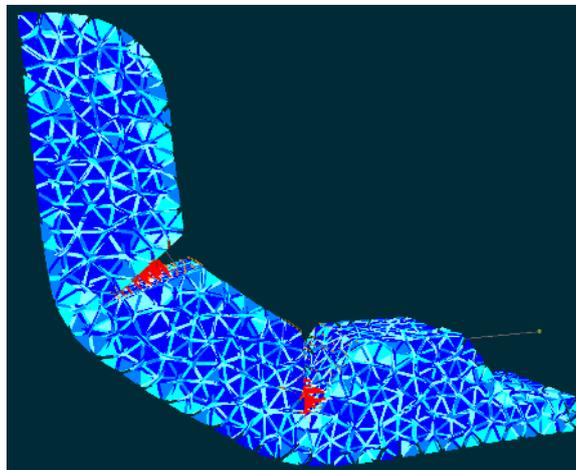


Figure 1: Doigt souple simulé dans SOFA. Des auto-collisions sont prises en compte au niveau des articulations souples. Dans cet exemple, la géométrie du doigt est définie par un maillage, et la collision est évaluée en regardant les intersections de surfaces triangulées

¹www.sofa-framework.org

Pour ces applications, il est nécessaire de rendre les simulations interactives. Dans ce stage nous chercherons à accélérer le code de SOFA, en se concentrant sur la partie traitant des collisions et l'utilisation du GPU.

2 Travail attendu

Dans le framework SOFA, les parties du code qui prennent le plus de temps concernent le calcul de la mécanique des objets et le calcul des contraintes, notamment pour évaluer les forces de contact. Un travail préliminaire pourra être réalisé pour la prise en main de SOFA. Ensuite, pour le coeur du stage, on se consacrera à une optimisation de la gestion des collisions et donc des forces de contacts en représentant la surface des objets avec des surfaces implicites et à l'aide de Layered-Depth Images (LDI), ce qui est novateur.

Il s'agira de développer un algorithme de détection de collisions par l'utilisation de Layered-Depth Images (LDI) pour évaluer les volumes d'interpénétration entre 2 objets (par exemple un robot et son environnement). En utilisant des LDI, la géométrie des objets est caractérisée par une image en plusieurs couches, ce qui permet de calculer son volume quelle que soit la complexité de la géométrie de l'objet, et d'obtenir un algorithme massivement parallèle. Cela a déjà été fait pour le cas où les objets sont représentés par des surfaces maillées (voir la section Bibliographie).

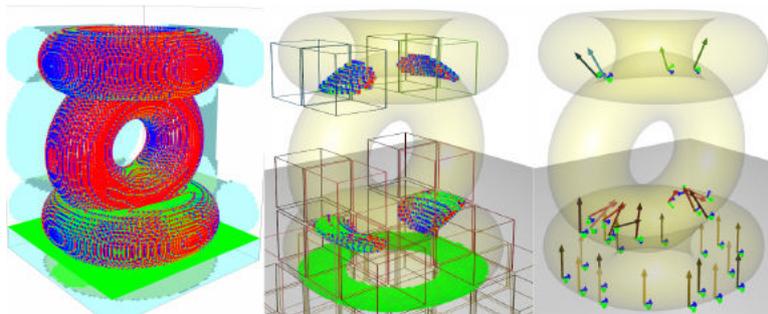


Figure 2: Intersection de 3 tores calculée à l'aide de LDI.

L'idée dans ce stage serait d'appliquer cette méthode pour le cas où les objets sont représentés non pas par un maillage (comme sur la figure 1), mais par une surface implicite, ce qui n'a jamais été fait. Une surface implicite est définie par l'iso-courbe en zéro d'une fonction à valeur scalaire définie dans l'espace euclidien. Cette fonction s'annule sur la surface de l'objet, est négative à l'intérieur et positive à l'extérieur. Cette représentation implicite permet de représenter des formes complexes bien plus simplement que si elles étaient représentées par des maillages triangulaires plus traditionnels.

Après une première mise en œuvre sur CPU, on cherchera à exploiter l'aspect massivement parallèle de cet algorithme en le déployant sur GPU.

On pourra pour cela s'appuyer sur la programmation CUDA. On étudiera aussi la pertinence de l'utilisation de bibliothèques de lancer de rayons comme par exemple OptiX². Enfin, on pourra aussi essayer de tirer parti des nouveaux coeurs de calcul des GPU NVIDIA (*RT cores* de l'architecture Turing), qui offrent des performances accrues pour les algorithmes de lancer de rayons.

3 Bibliographie

Un peu de documentation sur le stage:

Pour la robotique déformable avec SOFA: <https://hal.inria.fr/hal-01649355/>

Pour les LDI: <https://hal.inria.fr/inria-00502446/>

4 Profil recherché

- Le stage est défini pour une durée de 6 mois pour master 2.
- Langages nécessaires pour le stage: C++, python, CUDA.
- Des notions en simulations éléments finis sont un plus mais pas obligatoires.

Ce stage se fera au sein de l'équipe DEFROST et sera co-supervisé par Olivier Goury, Damien Marchal de l'équipe DEFROST à l'Inria et Pierre Fortin de l'équipe CFHP du laboratoire CRISAL.

Pour plus d'informations, contacter:

olivier.goury@inria.fr, damien.marchal@inria.fr, pierre.fortin@univ-lille.fr

²<https://developer.nvidia.com/optix>