

Collision-free resolution of 3D kinematic constraints

November 15, 2023

1 Abstract

Le projet GENERAT3D financé par l’Agence Nationale de Recherche propose de concevoir une méthode de génération synthétique d’assemblage de modèles CAO. C’est dans ce contexte qu’il est indispensable d’automatiser le processus de résolution de contraintes cinématiques sans collisions afin que les assemblages générés restent cohérents visuellement. Le but de ce projet est d’évaluer les avantages et inconvénients des différentes solutions de solveurs cinématiques disponibles dans la littérature. Lorsque le choix de la solution aura été fait, la solution devra être développée et implémentée en Python ou C++ afin d’être intégrée au logiciel open source FreeCAD.

2 Contexte

La rétroconception de produits mécaniques est de plus en plus utilisée avec l’arrivée de l’impression 3D accessible au grand public. Elle consiste à retrouver le modèle numérique d’un produit à partir du produit réel. Les méthodes numériques utilisées afin d’automatiser le processus de rétroconception de produit s’appuient de plus en plus sur des méthodes d’apprentissage machine. Si ces méthodes d’apprentissage supervisées sont de plus en plus utilisées, elles sont le plus souvent limitées par les jeux de données labélisées qui restent insuffisants pour les assemblages mécaniques. Pour pallier au manque de données labélisées, une nouvelle méthode est apparue : la génération de données synthétiques. Le projet GENERAT3D financé par l’Agence Nationale de Recherche propose de concevoir une méthode de génération synthétique d’assemblage de modèles CAO. C’est dans ce contexte qu’il est indispensable d’automatiser le processus de résolution de contraintes cinématiques sans collisions afin que les assemblages générés restent cohérents visuellement.

3 Etat de l’art

Afin de résoudre cinématiquement des contraintes paramétrées, et de détecter les redondances de contraintes, de nombreux algorithmes ont vus le jour dans la communauté scientifique. Les approches basées sur les graphes et les méthodes algébriques sont les plus couramment utilisées pour résoudre les problèmes de contraintes géométriques [2], [1], [5], et sont dominantes dans les applications de CAO 2D. Elles ont également été étendues, plus récemment, aux cas 3D où la gestion des contraintes et la recherche de solutions sont plus complexes. Du point de vue de la CAO 2D, l’approche algébrique de D-Cubed, appelée Dimensional Constraint Manager, est de fait un standard industriel dans le domaine de l’esquisse à base de contraintes. La version 3D plus récente de ce logiciel, 3D DCM, basée sur un solveur rapide non séquentiel, est utilisée pour contraindre les pièces dans les assemblages et les mécanismes. La communauté du logiciel opensource FreeCAD a créé son propre solveur cinématique A2+, qui résout les contraintes cinématiques de manière itérative, par ajout de forces attractives entre les pièces en contrainte. Sa particularité est qu’il permet de visualiser et de comprendre physiquement le phénomène de convergence entre les pièces. Il est à noter qu’il existe de nombreux solveurs qui permettent de retrouver une configuration cinématique qui peut satisfaire le placement d’une ou plusieurs pièces. Cela s’appelle les Inverse Kinematic Solvers [3] et sont le plus souvent utilisés pour déterminer le placement exact d’un bras robotisé pendant son déplacement.

4 Objectifs du stage

Le but de ce projet est d'évaluer les avantages et inconvénients des différentes solutions de solveurs cinématiques disponibles dans la littérature. Différents solveurs ont déjà été implémentés dans le modèleur FreeCAD [4], [1] et restent complètement modifiables. Un solveur itératif sans collisions a été implémenté sur la base du solveur A2+.

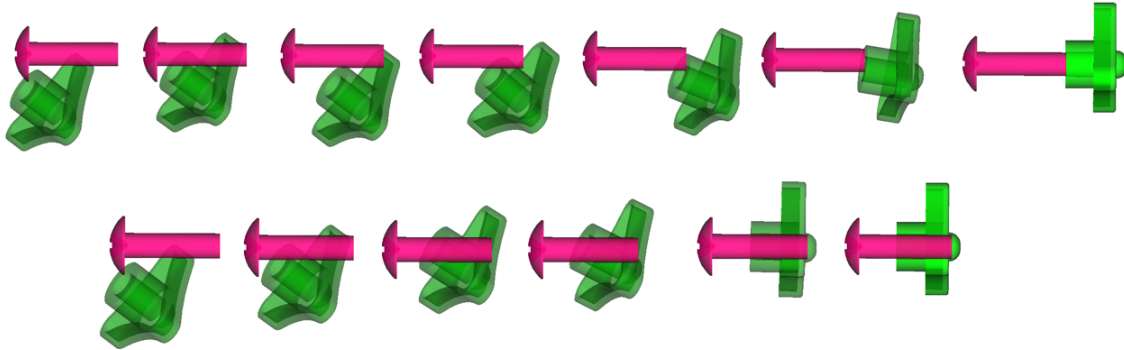


Figure 1: Itérations du solveur FreeCAD A2+.

En haut la résolution cinématique des contraintes sans prise en compte des collisions, et en bas avec la prise en compte des collisions sur une contrainte coaxiale entre une vis et un écrou papillon. Cependant, cette méthode peut devenir longue à cause du calcul des collisions entre modèles lorsque les modèles contiennent beaucoup de faces. C'est pourquoi une intégration des collisions dans une résolution analytique permettrait une résolution exacte et plus rapide. Lorsque le choix de la solution aura été fait, la solution devra être développée et implémentée en Python ou C++ afin d'être intégrée au logiciel open source FreeCAD.

5 Modalités et contact

Le stage aura lieu au LISPEN sur le campus des Arts et Métiers à Aix-en-Provence. Il sera encadré par Jean-Philippe PERNOT (Pr.), Arnaud POLETTE (MCF), et Lucas VERGEZ (PhD).

References

- [1] A2+ solver. https://github.com/realthunder/FreeCAD_assembly3.
- [2] Solvespace solver. <https://solvespace.com/index.pl>.
- [3] A. Aristidou and J. Lasenby. Inverse kinematics: a review of existing techniques and introduction of a new fast iterative solver. 2009.
- [4] K. Brauer. A2+ solver. <https://github.com/kbwbe/A2plus>.
- [5] I. Fudos and C. M. Hoffmann. A graph-constructive approach to solving systems of geometric constraints. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 16(2):179–216, 1997.