

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **16 septembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur BOURQUAT Pierre**

Titre de la thèse : « *Mise en correspondance entre objets réels et objets virtuels pour l'usinage de pièces mécaniques* »

Résumé



La mise en correspondance entre surfaces est un problème fondamental en Informatique Graphique et en Conception Assistée par Ordinateur. Dans le cadre industriel, les programmes d'usinage de panneaux de fuselage d'avions sont définis uniquement sur les pièces théoriques. Cependant, ils ne peuvent pas être appliqués directement aux panneaux réels en raison de la grande déformabilité de ces pièces. Par conséquent, les pièces réelles doivent être mises en correspondance avec les pièces théoriques afin d'adapter les programmes d'usinage. Dans notre problème, les pièces théoriques sont des surfaces maillées et les pièces réelles sont des nuages de points provenant de mesures laser. Pour respecter les normes de qualité et de précision de l'industrie, les programmes d'usinage avant et après adaptation ne doivent pas être déformés. La mise en correspondance doit donc être isométrique. Elle doit pouvoir traiter des maillages et des nuages de points potentiellement très denses en un temps acceptable. Elle doit pouvoir également supporter les défauts habituels des nuages de points, c'est à dire le bruit, les données manquantes et les échantillonnages non uniformes. Naturellement, il est difficile de respecter simultanément toutes ces contraintes.

Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons d'abord au cas complet avec des objets très denses, et nous proposons un algorithme de mise en correspondance "As-Rigid-As-Possible" entre maillage et nuages de points. L'alignement entre les surfaces est résolu en utilisant des contraintes en orientation au lieu de contraintes en position pour respecter au mieux l'isométrie. Nous proposons également une optimisation hiérarchique afin de traiter rapidement les objets denses. Nous montrons expérimentalement que notre algorithme est à la fois rapide, efficace et précis. Nous nous intéressons ensuite au cas partiel à partiel avec des échantillonnages potentiellement faibles. Dans ce nouveau contexte, nous proposons une énergie As-Rigid-As-Possible avec des contraintes en orientation dites "sparse", et un second algorithme de mise en correspondance basé sur ce nouveau terme. Pour minimiser efficacement cette énergie et résoudre le recalage, nous proposons également une méthode de minimisation dite "globale-locale-globale" basée sur l'interpolation de rotations. Nos expériences montrent que notre algorithme est adapté au cas partiel à partiel et satisfait les

contraintes d'isométrie et d'alignement. Par ailleurs, nous montrons que la mise en correspondance peut être résolu sur des nuages de points très faiblement échantillés en ajoutant seulement un ou deux points de repère connus sur les surfaces. Nos contributions améliorent la qualité et la précision de la mise en correspondance isométrique et sont maintenant utilisées dans des applications industrielles réelles.