

Algorithmes de reconstruction d'un modèle géométrique à partir d'un maillage 3D déformé

Par :

Aicha BEN MAKHLOUF, Institut Supérieur d'Informatique et des Techniques de Communication de Hammam Sousse, Université de Sousse, Tunisie

Directeur de thèse :

Mohamed Ali MAHJOUB, Professeur à l'École nationale d'ingénieurs de Sousse, Université de Sousse, Tunisie

Encadrants :

Borhen LOUHICHI, Maître de conférences à l'Institut supérieur des sciences appliquées et de technologie de Sousse, Université de Sousse, Tunisie

Dominique DENEUX, Professeur à l'INSA-HdF Hauts-de-France

De nos jours, la reconstruction de modèles CAO (Conception Assistée par Ordinateur) à partir d'un maillage déformé suscite un intérêt croissant. Ce modèle CAO est utilisé afin de visualiser des objets 3D numérisés et de modéliser leurs formes au moyen de formulations mathématiques. L'objectif de cette thèse est de décrire des méthodes pour reconstruire le modèle géométrique à partir d'un maillage déformé.

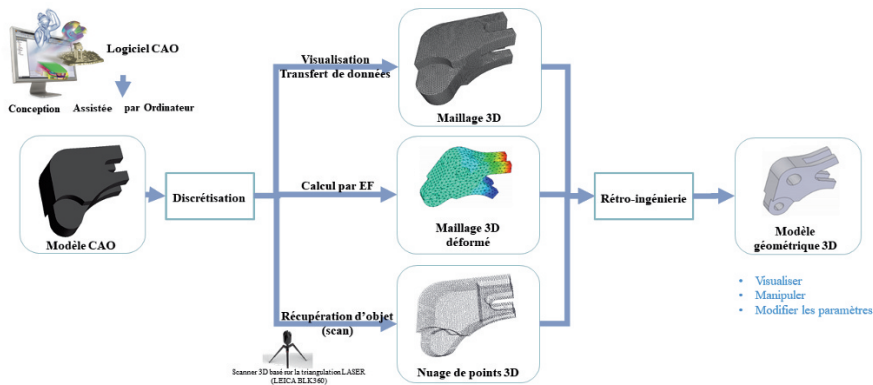
La reconstruction de surface est l'étape la plus délicate du processus de reconstruction de modèles CAO. Cette reconstruction repose sur deux types d'informations :

- les informations géométriques qui présentent la nature géométrique des surfaces (primitives, courbes et surfaces paramétriques);
- les informations topologiques qui décrivent les connectivités, les liens et les orientations des différentes entités (faces, contours, arêtes et sommets).

Deux nouvelles approches pour la reconstruction des courbes et des surfaces B-Spline sont proposées: la première est basée sur l'algorithme de Levenberg Marquardt (LMA) pour approximer une courbe / surface B-Spline, la seconde est basée sur Thin Plate Spline (TPS)

pour interpoler / approximer un ensemble de points non organisés. À partir de ces courbes reconstruites, les arêtes ainsi que les contours sont déterminés. Les faces du modèle CAO sont ensuite reconstruites en limitant les surfaces trouvées dans l'étape précédente. Le modèle géométrique final est trouvé en utilisant un algorithme général de reconstruction. Cet algorithme suit la hiérarchie du modèle B-Rep. Dans une première étape, on commence par l'identification de la topologie (l'identification des triangulations - ou nuage de points correspondants aux faces). Ensuite, on détermine les courbes ainsi que les surfaces porteuses des faces à partir des informations trouvées dans l'étape précédente. Après, on ajoute les contours aux surfaces pour obtenir les faces afin d'aboutir au modèle B-Rep déformé. Les courbes et surfaces B-Spline ont été choisies afin d'obtenir les surfaces du modèle géométrique grâce à leur robustesse par rapport aux courbes et surfaces de Bézier, puisqu'on peut les contrôler localement et que l'ajout de points de contrôle n'influence pas leur degré.

La première approche développée, qui est basée sur l'algorithme LMA, consiste à approximer les paramètres des entités géométriques en minimisant une fonction objectif qui est la



somme des carrés de fonctions souvent non linéaires.

Pour reconstruire les courbes B-Spline, les points de contrôle de cette courbe doivent être approximés. L'algorithme nécessite l'initialisation du degré de la courbe B-Spline ainsi que l'initialisation d'un certain nombre de points de contrôle qu'on va optimiser jusqu'à trouver les bons points de contrôle qui approximent la courbe.

Pour reconstruire les surfaces B-Spline, la méthode des moindres carrés est utilisée afin de minimiser l'erreur entre la surface à reconstruire et les points de données d'origine. La surface B-Spline est donnée à titre unique avec le degré, les valeurs des vecteurs nodaux et des points de contrôle. Etant donné un ensemble de points 3D, l'objectif est d'approximer la surface B-Spline, en commençant par définir une surface de base formée par des points de contrôle initiaux et ensuite adapter l'algorithme d'optimisation LMA pour estimer les points de contrôle de la surface à reconstruire. Pour ce fait, on doit passer par les étapes suivantes:

- calcul du plan d'inertie de l'ensemble de points 3D
- projection des points 3D sur le plan d'inertie
- calcul de la boîte englobante de l'ensemble de points projetés
- calcul de la boîte englobante 2D et des coordonnées des points projetés dans l'espace paramétrique (u, v)
- optimisation de points de contrôle en utilisant LMA

La deuxième approche développée, consiste à reconstruire une surface B-Spline à partir de sa triangulation issue d'un maillage déformé en utilisant la méthode Thin Plate Spline. Pour pouvoir utiliser ce type de surface, nous avons

besoin d'un réseau régulier de points de contrôle. Les difficultés rencontrées sont les suivantes:

- les données modélisant la surface consistent en une triangulation d'un ensemble non organisé de points dans l'espace paramétrique (u,v) de la surface à reconstruire

- la surface triangulée est le résultat d'une découpe arbitraire de mailles. Ainsi, la densité d'informations (triangles, points) n'est pas constante sur la surface.

En conséquence, une méthode d'interpolation directe ne peut pas être utilisée. Nous devons calculer un réseau régulier à partir des points de triangulation (points de données) pour que les paramètres de la surface B-Spline puissent être calculés. Dans ce contexte, l'algorithme de reconstruction de cette surface en utilisant TPS suit les étapes suivantes :

- génération du plan moyen de la triangulation de points
- génération d'un réseau régulier (dans l'espace paramétrique (u, v)) de points sur ce plan
- calcul des coordonnées des points du réseau régulier
- calcul des paramètres de la surface B-Spline en utilisant la méthode TPS
- génération des arêtes 2D correspondant aux contours des faces
- découpe de la surface reconstruite par les contours générés à l'étape précédente pour obtenir la face: Si le contour est un contour externe de la face, la partie de la surface située en dehors du contour n'est pas prise en compte dans la face. De même, si le contour est un contour interne, la partie de la surface à l'intérieur du contour n'est pas prise en compte.

Pour valider nos approches proposées, nous avons modélisé nos propres modèles 3D. Ces modèles sont choisis en rapport avec leurs complexités topologiques. Dans une première étape, le calcul éléments finis est réalisé pour déterminer les solutions éléments finis. Par la suite, le maillage déformé est calculé. Ce dernier est utilisé pour reconstruire le modèle CAO déformé.