

# Proposition de stage

## *Lissage de maillages surfaciques via parameterization globale*

Nicolas Ray et Dmitry Sokolov

- **Thématique** : Lissage de maillages, géométrie numérique, paramétrisation globale
- **Laboratoire, institution et université** : LORIA, Inria
- **Ville et pays** : Nancy, France.
- **Equipe ou projet dans le labo** : Equipe projet PIXEL (<https://pixel.inria.fr/>)
- **Directeur de stage** : Nicolas Ray ([ray@loria.fr](mailto:ray@loria.fr)) et Dmitry Sokolov ([dmitry.sokolov@univ-lorraine.fr](mailto:dmitry.sokolov@univ-lorraine.fr))
- **Directeur du laboratoire** : Jean-Yves Marion ([jean-yves.marion@loria.fr](mailto:jean-yves.marion@loria.fr))

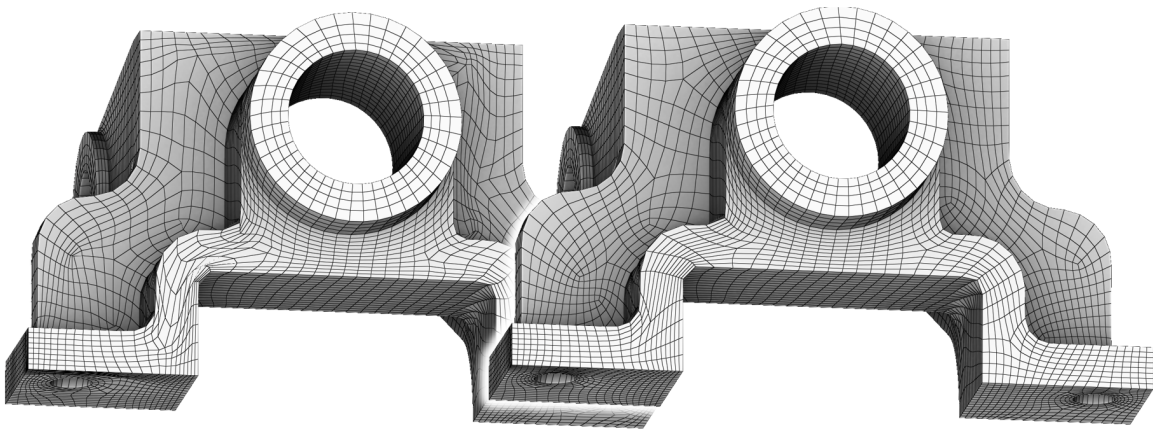


FIGURE 1 – Maillage quadrangulaire, avant (gauche) et après (droite) lissage.

## Sujet

Nous souhaitons produire des maillages quadrangulaires à partir de maillages triangulés. L'intérêt pratique de ces travaux est la nature des maillages quadrangulaires qui est plus compacte et structurée que celle des surfaces triangulées, ce qui offre des avantages considérables pour certaines applications (simulation numériques, surfaces de subdivision, etc.). Dans ce stage, nous partirons d'un premier maillage quadrangulaire, et d'un atlas de la surface initiale. Un atlas est une collection de cartes qui associe à chaque point de la surface une carte et une position 2D dans cette carte.

L'objectif est d'optimiser la forme des quadrangles en déplaçant les sommets du maillage dans les cartes de l'atlas. L'intérêt et l'originalité de cette approche résident dans l'utilisation de l'atlas pour assurer que les sommets restent toujours exactement sur la surface. La principale difficulté sera de gérer correctement les changements de cartes, en exploitant une spécificité de nos atlas : la préservation de la grille unité par les fonctions de transitions.

## Contexte

Dans l'équipe PIXEL, nous nous intéressons à la génération de maillages fortement structurés (surfaccique quadrangulaire ou volumique hexahedrique). Pour ce faire, nous avons observé que ces maillages ressemblent fortement à des grilles régulières que l'on aurait déformé pour les adapter à la géométrie. Nous avons donc essayé de définir ce type de maillage par cette déformation ou, plus exactement, par son inverse : celle qui déforme l'objet de sorte à ce que le maillage quadrangulaire (respectivement hexahedrique) se retrouve sur la grille unité. Concrètement, on cherche des atlas car les déformations doivent accepter des discontinuités pour représenter des maillages plus complexes (avec des sommets liants non pas 4, mais 3 ou 5 quadrangles – en 2D).

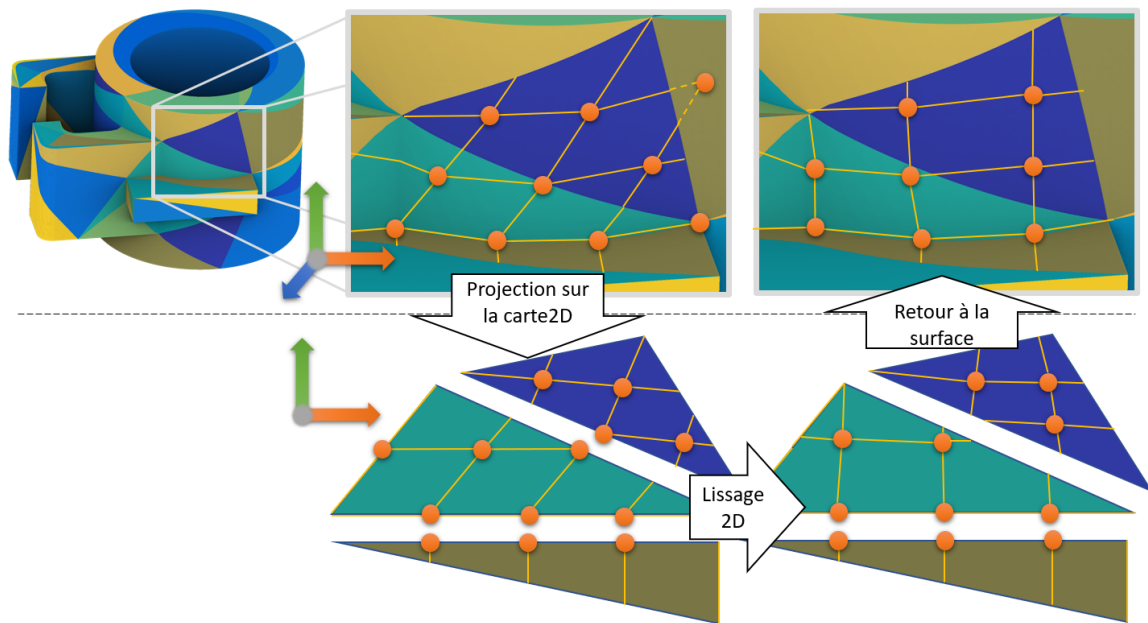


FIGURE 2 – Vue d’ensemble : partant d’un objet décomposé en morceaux de forme triangulaires (en haut à gauche), nous avons produit un premier maillage quadrangulaire (en orange, sur l’agrandissement en haut au milieu). Chaque morceau est muni d’une carte (en bas) dans laquelle est représenté l’image du maillage quadrangulaire. Ce maillage est lissé en 2D (en bas a droite), puis re-projeté sur la surface initiale pour donner le maillage final (en haut à droite).

Ce que nous souhaitons exploiter ici est un atlas intermédiaire dans lequel les discontinuités sont localisées entre les morceaux triangulaires (figure 2) et sont des isométries. L’intérêt d’un tel atlas est qu’un sommet situé sur la frontière de deux morceaux aura des positions dans chacune des cartes qui seront liées par une relation linéaire. Cette propriété est très forte car un point localisé dans une carte pourra ainsi être manipulé sans ambiguïté par les coordonnées définies dans une autre carte, et ce tant le chemin qui relie ces deux morceaux traverse une liste de morceaux fixée.

## Détails du sujet

Le lisseur de maillage quadrangulaire que nous souhaitons mettre au point lors de ce stage est assez complexe, mais ce projet admet une décomposition en tâches élémentaires relativement bien définie :

- Dans un premier temps, il s’agira de réaliser un lisseur de maillage 2D en s’inspirant de la littérature et de notre expertise dans ce domaine. Le principe sera de définir une fonction objectif, qui sera minimisée par optimisation numérique. Des énergies de type Winslow trouveront leur intérêt pour le démêlage des maillages, mais d’autres idées plus originales pourront être expérimentées telles que la génération de maillages anisotropes en se concentrant sur préservation des angles.
- Dans un second temps, sera expérimenté le lissage de maillages quadrangulaire surfacique par déplacement des sommets réguliers (de valence 4). Ici, il faudra prendre en compte les discontinuités entre cartes, mais il sera encore possible de déplacer les sommets relativement loin de leur position d’origine, sans remettre en cause le jeu de coordonnées utilisé (qui est relatif à la carte contenant le point).
- Finalement, le problème du déplacement des sommets irréguliers pourra être introduit dans le système d’optimisation. Cette partie est plus subtile car leur voisinages ne sont pas cartographiés par un disque en utilisant l’atlas.

Ce stage offre une initiation relativement intuitive à l’optimisation numérique, permet d’expérimenter de nouvelles idées de lissage, et tout cela dans le contexte assez original où l’on dispose d’atlas qui permettent de manipuler les positions des sommets dans un espace 2D moins local que le plan tangent à la surface dont doivent se satisfaire la plupart des lisseurs.

## Prérequis

Le candidat devra être à l’aise en programmation, ne pas être effrayé par les mathématiques et être motivé par le graphisme par ordinateur.