

Réparations et opérations booléennes

sur les Maillages

MesProcess.com

Pourquoi peut-on avoir besoin de réparer ou "post-traiter" des maillages?

Un maillage soit est un intermédiaire entre le modèle CAO et les applications qui ont besoin des informations géométriques contenues dans le modèle, soit il résulte des mesures effectuées sur un modèle physique (scanners ou autres + logiciel) . Dans le premier cas, les anomalies du maillage peuvent provenir des défauts du modèle CAO lui-même ou des imperfections et limitations introduites par le logiciel de maillage. Dans le deuxième cas les défauts peuvent être dus aux limitations de l'appareillage de mesure ou à celles du logiciel chargé d'interpréter les mesures et de les convertir en un maillage. Les services ou entreprises chargés d'effectuer des travaux tels que calculs, création d'images de qualité ou fabrication ne disposent souvent que des maillages. Ils n'ont pas toujours accès au modèle (CAO ou physique), et souvent, ils ne disposent pas des équipements ni du personnel permettant de corriger efficacement les anomalies d'un modèle CAO ou de "rescanner" un modèle physique . Les critères de "qualité" requis pour un maillage dépendent des applications utilisatrices (calculs, procédés de fabrication, images de qualité etc.) . Toutefois, certains critères doivent impérativement être respectés quelle que soit l'application (absences de collisions, pas d'éléments dégénérés etc.), d'où l'intérêt d'un outil général de réparation capable de contrôler et de réparer un maillage en ne mobilisant qu'un minimum de ressources humaines et matérielles.

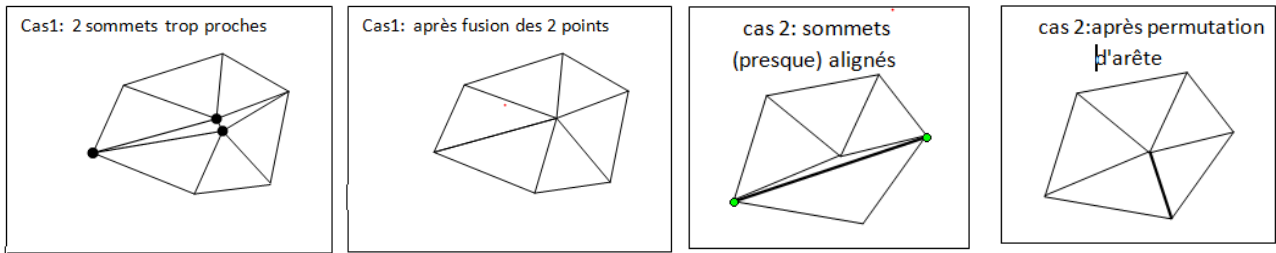
D'autre part il se peut qu'une application utilisatrice puisse avoir besoin de données d'entrée constituées par plusieurs maillages qui ont pu être créés de façon indépendante ou bien provenant d'un modèle CAO parfaitement valide mais qui contient plusieurs objets séparés par un jeu négligeable. Le plus souvent, les maillages doivent être assemblés en un seul maillage cohérent pour constituer un jeu de données valide pour l'application.

L'objectif du logiciel de réparation est d'effectuer automatiquement les corrections nécessaires à l'obtention d'un maillage acceptable, en le modifiant aussi peu que possible (en particulier conservation de la précision de la géométrie) , les actions éventuelles d'un opérateur humain se limitant à optimiser le jeu des paramètres définis par défaut.

Les défauts locaux:

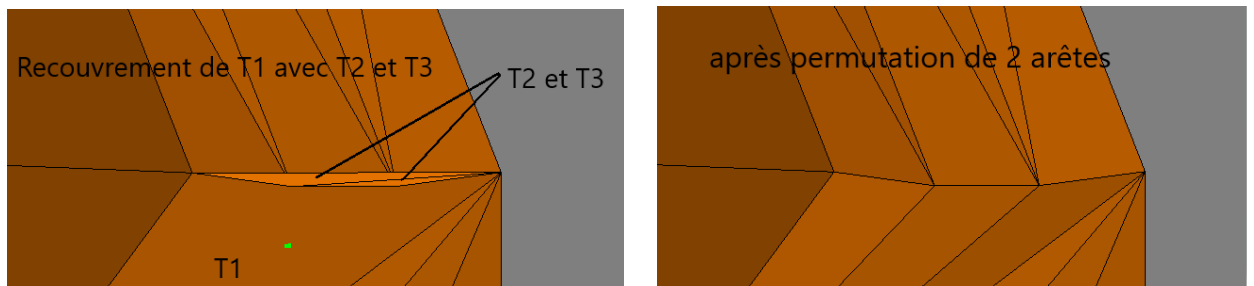
Les défauts locaux sont ceux que l'on peut détecter en examinant les éléments du maillage un à un ou en relation avec leurs voisins partageant une arête commune. Leur détection ne pose pas de problème de performance. Ci-après les images de quelques types de défauts locaux et des techniques de réparation.

1. Ex: Triangles dégénérés ou presque dégénérés :

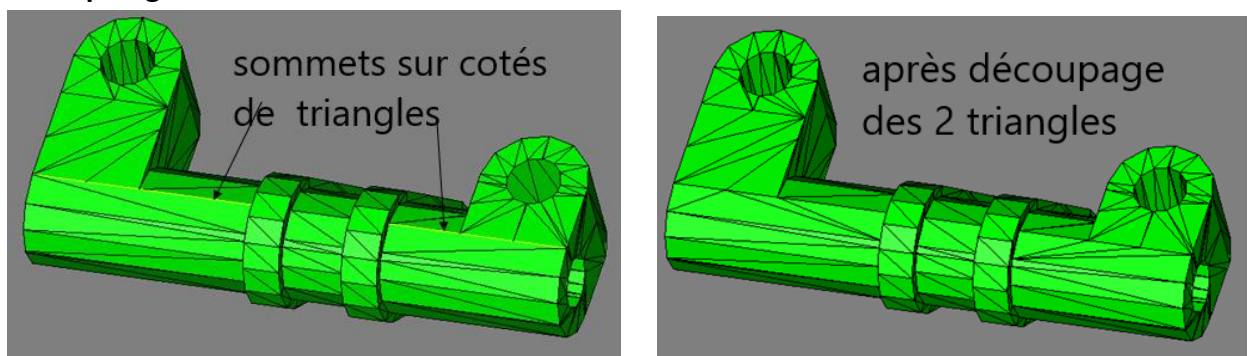


Lorsque 2 sommets d'un triangle sont à une distance inférieure à une valeur d_{min} souhaitée, ils sont fusionnés à condition que la surface résultante ne s'écarte pas de la surface initiale de plus d'une valeur tol à respecter (avec $tol < d_{min}$)

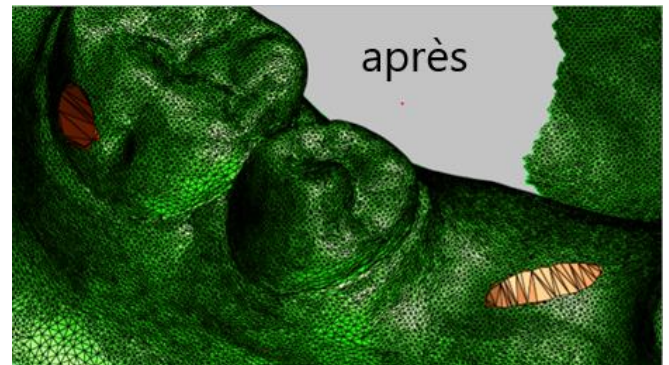
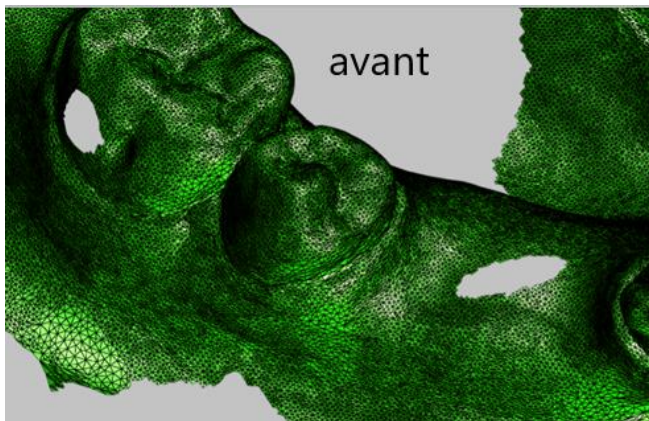
2. Ex: Recouvrements et collisions locales :



3. Ex: Topologie non conforme



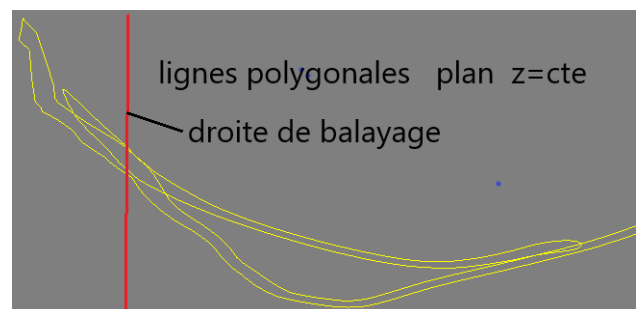
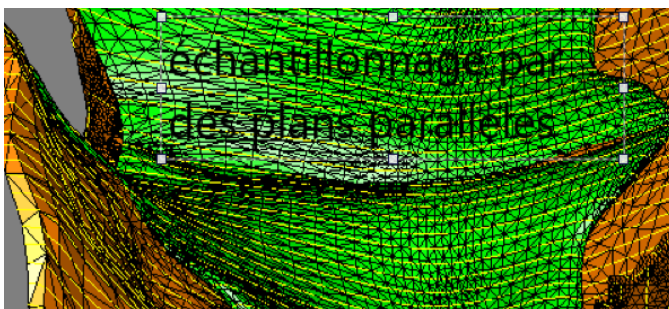
4. Ex: rebouchage de trous



Méthode utilisée : projection du contour d'un trou sur un plan, maillage du contour projeté (méthode de Delaunay) puis "remontée" en 3D. Si le contour n'est pas projetable, il est découpé en régions projetable et remaillé par morceaux. Paramètre utilisateur : la taille maximale des trous à reboucher.

Les défauts non locaux: détection des collisions (recouvrements et intersections)

Un maillage pouvant comporter un grand nombre d' éléments (jusqu'à plusieurs centaines de milliers ou même plus), on ne peut se contenter pour des raisons de performance de comparer tous les éléments deux à deux pour en détecter la collision (ou leur trop grande proximité distance *Min* à respecter) . La technique qui consiste à découper la boîte d'encombrement du maillage en "octrees" est très efficace pour étudier la proximité de points, mais elle l'est moins, et beaucoup délicate à implémenter pour des triangles. On a retenu une technique d'échantillonnage par une famille de plans parallèles, ce qui pour chaque plan fournit un ensemble de lignes polygonales. Une droite de balayage analyse la suite des nœuds des lignes polygonales et en détermine les intersections (collision entre 2 triangles) et les zones en superposition (triangles en recouvrement).

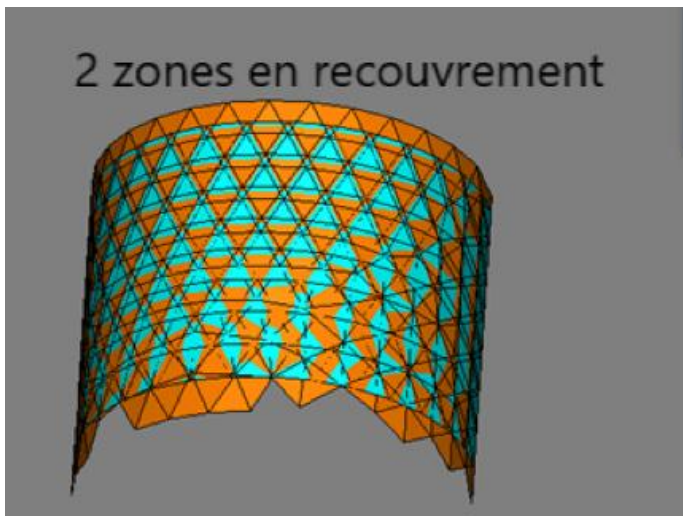


les paires de triangles en collision ou recouvrement sont rangées dans une structure "ad hoc" (liste) pour le traitement ultérieur des collisions et recouvrements.

Traitement des zones en recouvrement:

2 triangles sont déclarés en "recouvrement" :

1. si leurs plans sont "presque parallèles" (angle inférieur à une valeur donnée).
2. si leur "distance" est inférieure à une valeur donnée.
3. si les 2 triangles n'ont pas une arête ou un sommet commun (défaut local)

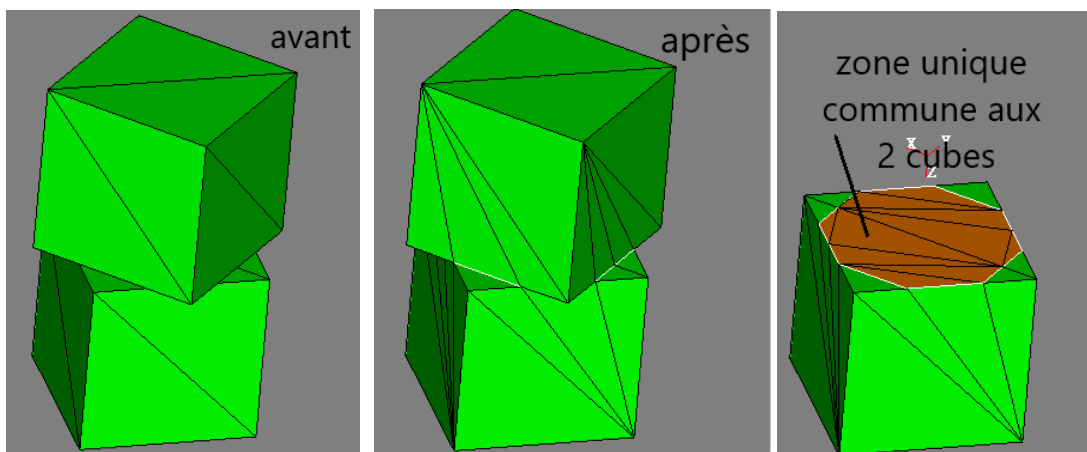


Le choix des valeurs de l'angle et de la distance peut être délicat.

Par exemple deux cylindres concentriques distants d'un faible jeux peuvent après maillage conduire à un grand nombre d'intersections qu'il faut interpréter non comme des intersections mais comme 2 nappes en recouvrement.

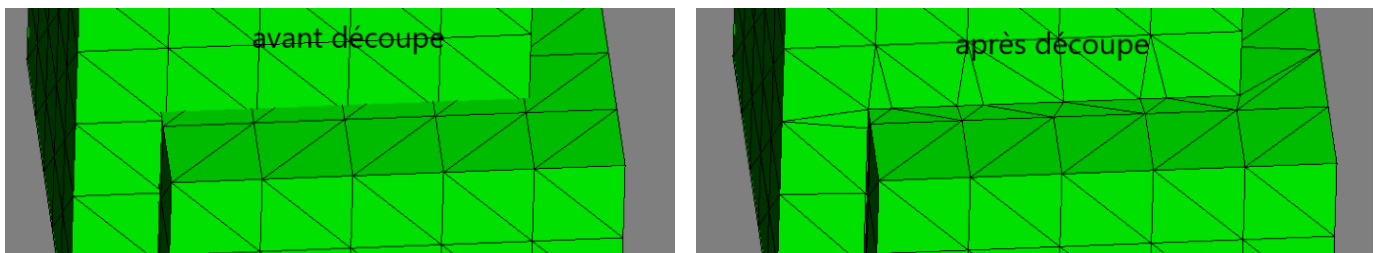
Le traitement des recouvrements doit impérativement être effectué avant celui des intersections. Il comporte les étapes suivantes :

1. définition des paires de zones en recouvrement
2. pour chaque paire définition d'une frontière commune
3. découpage des triangles chevauchant une frontière, mise à jour des zones
4. pour chaque paire de zones, élimination d'une des 2 zones



Traitement des intersections:

La liste des triangles en intersection est explorée jusqu'à épuisement pour initialiser le calcul de la (des) ligne(s) de découpe qui procède de proche en proche. On s'assure que les points de la ligne de découpe ne sont ni trop proches d'une arête ni d'un point préexistant afin de ne pas créer des triangles dégénérés (ou presque) ; s'il y a lieu les points sont légèrement déplacés (en respectant la limite *tol* de déformation de la géométrie). Les triangles concernés sont alors découpés et remplacés dans le maillage par les triangles résultants de leur découpage.



Analyse de la topologie résultante (opérations booléennes):

Après résolution des recouvrements et des intersections, on définit une partition du maillage en "domaines" ; en appelant "domaine" un ensemble de triangles simplement connexes(ils partagent une arête avec un seul voisin) et dont les frontières sont des bords libres (pas de voisin) ou des arêtes en multiple connexité (arête commune à plus de 2 triangles) . Lorsque le(s) maillage(s) d'entrée ne comportent aucun bord libre le maillage résultat est alors un volume pouvant comporter plusieurs compartiments. Chaque domaine est une cloison entre 2 compartiments ou entre un compartiment et l'extérieur. Chaque compartiment est identifié automatiquement par la liste des domaines qui en constitue les parois ("peau de volume"). Dans l'exemple simple précédent (intersection de 2 cubes) , on a 2 domaines pour chaque cube : domaine D12 constitué par les triangles du cube1 situés à l'intérieur du cube 2 ,domaine D11 constitué par ceux qui en sont à l'extérieur; et réciproquement D21 et D22 pour l'autre cube. Quatre "peaux de volume" sont identifiées, elles correspondent aux 4 opérations booléennes:

1. différence $\text{cube1} - \text{cube2}$ \Rightarrow domaines D11 + D21
2. différence $\text{cube2} - \text{cube1}$ \Rightarrow domaines D22 + D12
3. union $\text{cube1} \cup \text{cube2}$ \Rightarrow domaines D11 + D22
4. intersection $\text{cube1} \cap \text{cube2}$ \Rightarrow domaines D12 + D21

Le volume de chaque compartiment est calculé.