

Accès facile à la géométrie CAO

l'interface CadClean API

<https://meshprocess.com/>

Objectif :

L'objectif de CadClean est de faciliter le développement d'applications robustes nécessitant l'accès à la géométrie et à la topologie des modèles CAO. (ex: les applications de calcul, de fabrication, de visualisation.). En particulier CadClean permet de s'affranchir complètement de la plupart des nombreuses petites imperfections des modèles tout en simplifiant l'exploitation des informations concernant le raccordement des faces.

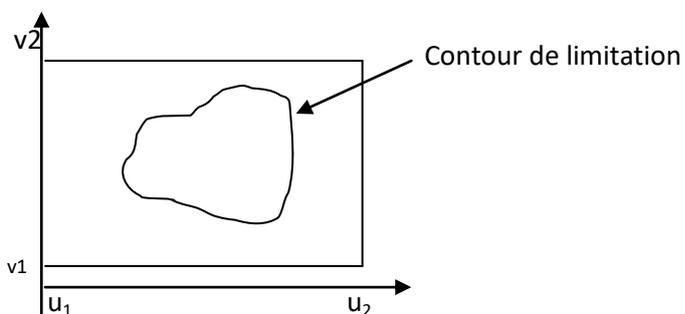
Rappel de quelques difficultés théoriques

La description informatique la plus générale d'un objet (volume) est de le définir par ses surfaces (extérieure et éventuellement intérieures si l'objet est creux). Chaque surface doit être par principe une surface fermée. En pratique chaque surface est définie par un ensemble de surfaces élémentaires appelées "faces" qui sont juxtaposées et devraient par principe se raccorder parfaitement. Chaque face est décrite par sa propre expression mathématique. La forme mathématique la plus générale pour décrire une surface est sa définition paramétrique, chacune des 3 coordonnées x, y ou z étant décrite par une expression de la forme $F_{x,y,ou z}(u,v)$ où F est une fonction¹ de deux paramètres u et v avec

$$u_1 < u < u_2 \quad \text{et} \quad v_1 < v < v_2$$

on écrit symboliquement $P_{xyz} = F_{xyz}(u,v)$ où P désigne les 3 coordonnées du point et F les 3 fonctions correspondantes.

Une *face* dans sa forme générale n'occupe qu'une portion de la surface ainsi mathématiquement définie. Sa description est complétée par la définition d'un contour² extérieur et éventuellement d'un ou plusieurs contours intérieurs, dit *contour(s) de limitation* ou de *restriction*.



continue ainsi que généralement ses premières dérivées au moins

² nécessairement fermés par principe

Chaque *contour* est défini par un ensemble de courbes qui par principe doivent se raccorder pour former un contour fermé.

Par principe, une courbe de limitation peut se décrire :

dans le plan paramétrique 2d : $u = fu(t)$, $v = fv(t)$

et dans l'espace géométrique 3d : $x = fx(t)$, $y = fy(t)$, $z = fz(t)$

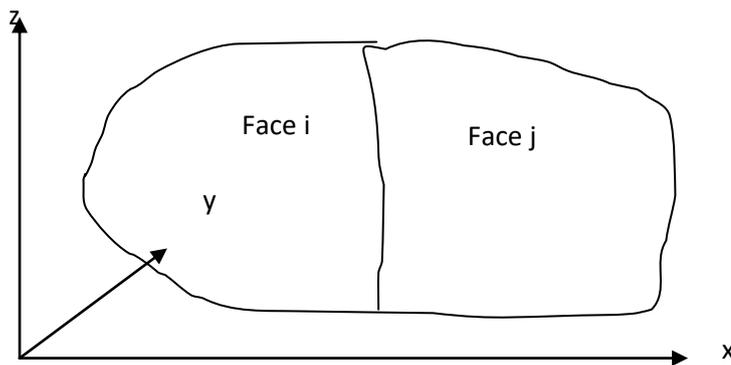
écrit symboliquement $P_{uv} = f_{uv}(t)$ et $P_{xyz} = f_{xyz}(t)$

avec le paramètre t variant de t_1 à t_2 pour décrire la courbe de l'origine à l'extrémité.

La courbe 3d se situant sur la surface, on a théoriquement l'identité :

$f_{xyz}(t) == F_{xyz}(f_{uv}(t))$ pour tout t $t_1 < t < t_2$

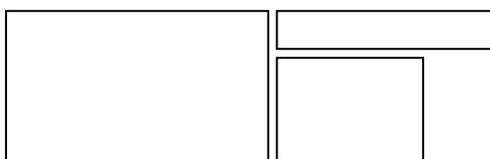
Problème: sauf pour quelques cas de raccordement de surfaces élémentaires (plan, cylindre etc.) , **il n'y a pas de solution mathématique exacte** permettant de calculer les expressions $f(t)$. Le problème se complique car une courbe de limitation $f_{xyz}(t)$ d'une face i est sensée être partagée avec une face j voisine .



On souhaiterait bien sûr que vu de la face i ou de la face j leur courbe commune soit exprimée avec le même paramétrage ce qui entrainerait:

$f^i_{xyz}(t) == F^i_{xyz}(f^i_{uv}(t)) == f^j_{xyz}(t) == F^j_{xyz}(f^j_{uv}(t))$ pour tout t $t_1 < t < t_2$

En raison de l'absence de solution mathématique exacte, les fonctions f sont approximées par des développements limités qui ne peuvent assurer rigoureusement ces identités . De plus, les modèles CAO peuvent comporter des courbes limites partagées par plus de 2 faces (modèles "non manifold") , ce qui complique encore le problème. Même lorsque 2 faces sont parfaitement jointives géométriquement, la **paramétrisation** de leur courbe frontière n'est pas forcément identique. Autre complication de principe : l'ensemble des courbes de limitation d'un modèle ne sont pas nécessairement astreintes à former un maillage conforme même s'il n'y a aucun "gap".



Les difficultés pratiques

Toute application de maillage a besoin de pouvoir parcourir toutes les faces d'un modèle, et sur chacune d'elles de calculer des points P_{xyz} , ainsi que des points sur les frontières qui sont des lignes caractéristiques (au minimum). De nombreux algorithmes effectuent un maillage face par face dans le plan paramétrique uv puis le reportent dans l'espace 3d xyz . Ils doivent donc avoir aussi accès en plus aux fonctions $f_{uv}(t)$.

Dans tous les cas, l'application doit disposer d'informations topologiques : pour une courbe frontières donnée d'une face donnée, on doit pouvoir accéder à la (ou aux) face(s) qui partage(ent) cette frontière. Que l'application soit intégrée dans un système CAO (accès au modèle via un API) ou soit indépendante (via un modèle en format "natif" ou "standard" tel que STEP ou IGES) des complications peuvent se produire :

- informations topologiques absentes (ex: anciens modèles IGES)
- défaut d'étanchéité entre les faces
- **identités $f^{i}_{xyz}(t) == F^{i}_{xyz}(f^{i}_{uv}(t)) == f^{i}_{xyz}(t) == F^{i}_{xyz}(f^{i}_{uv}(t))$ non assurées**
- pas d'accès aux courbes de limitation 2d (fonctions $f^{i}_{uv}(t)$ indisponibles ex: SolidWorks)
- contours de limitation non fermés(fréquent dans l'espace 2d)
- **pas de cohérence paramétrique** entre la courbe de limitation 2d et son image 3d
- points de rebroussement sur les courbes de limitation
- ordonnancement des courbes de limitation absent ou incorrect
- orientation des courbes de limitation incorrect ou d'interprétation délicate
- informations topologiques et sur les orientation complexes à interpréter

Fonctions de CadClean :

CadClean comporte 2 sous-ensembles : **CadClean Link** à intégrer dans un système CAO hôte et permettant d'extraire des informations du modèle CAO et **CadClean API** destiné à exploiter facilement ces informations pour implémenter une application robuste.

- **CadClean Link** est conçu pour être intégré dans un système CAO hôte pour en extraire les données **géométriques** et en construire une image fidèle selon un formalisme propre à CadClean. Par nature, il doit être adapté à chaque système CAO particulier. Pour simplifier cette tâche il ne fait appel qu'à un très petit nombre de fonctions de l'hôte : fonctions de parcours et fonctions de calcul de points sur les faces et leurs frontières. Le modèle résultant au format CadClean peut être soit une structure en mémoire, soit un fichier.

- **CadClean API** est un module qui peut être intégré à un système CAO hôte (communication avec CadLink par structure mémoire) ou bien faire partie d'une application totalement séparée (communication avec CadLink par fichier). Il ne nécessite aucune adaptation dépendant du système CAO d'origine. A partir du modèle géométrique brut au format CadClean, il établit toute les informations de connexité entre les faces, réordonne, réoriente et nettoie les courbes de limitations, assure qu'elles forment des contours fermés, tant dans l'espace géométrique 3d que

dans l'espace paramétrique 2d , élimine les éventuels éléments dupliqués ou trop petits (faces ou courbes) . Il garantit que dans l'espace 3d l'ensemble des courbes de limitation forment un maillage conforme (les courbes de limitation sont éventuellement découpées de façon à ce qu'aucun nœud ne soit situé sur une autre courbe). Il effectue automatiquement toutes les petites corrections de raccordement pour assurer l' "étanchéité" complète du modèle, et si cela est impossible dans les limites de déformation données, il exporte les informations permettant de localiser les défauts majeurs non corrigés. Les courbes de limitations (2d et 3d) sont reparamétrées de façon à rendre minimaux les éventuels écarts du type :

$$f^{xyz}(t) \sim F^{xyz}(f^{uv}(t)) .$$

Les fonctions de l'API permettent un accès standardisé et simple au modèle rendu "propre" et "étanche" garantissant sans aucune précaution particulière que lorsqu'on calcule un point sur une frontière commune à plusieurs faces , on obtient bien exactement les mêmes coordonnées 3d, quelle que soit la face à partir de laquelle on effectue le calcul, et que l'écart de cohérence entre ce point et sa paramétrisation sur chacune des surfaces est minimal .

Etat d'avancement du prototype CadClean (avril 2016)

Le sous ensemble CadClean Link a été initialement développé pour s'intégrer dans **OpenCasCade**, puis a été adapté à l'API de **SolidWorks**. Dans sa forme actuelle, il crée un triplet de fichiers qui constituent l'image brute de la géométrie du modèle hôte. Il n'y aurait aucune difficulté à ce que CadClean Link et CadClean API fassent partie de la même application et qu'ils communiquent non pas à l'aide de fichiers mais grâce à une structure mémoire (par ex. celle de CadClean API obtenue après lecture des fichiers).

Le cœur de CadClean API est directement issu du packaging d'un sous ensemble de QuickMesh qui a été développé à partir de 1996 , amplement validé par ESI de 1999 à 2006 et utilisé par C4W dans un environnement OpenCasCade. Intégré depuis 2002 par DATAKIT dans son propre environnement et diffusé depuis 2002, il est utilisé pour la triangulation de modèles issus de diverses origines et en particulier de CATIA et importés en format natif . En 2012, il a été complété (mais non diffusé) afin d'accepter les modèles issus de SolidWorks qui ne comportent pas la description des courbes de limitation dans le plan paramétrique.

Dans sa forme actuelle, il n'exporte que les services fondamentaux suivants :

- exploration du modèle pour obtenir toutes les faces et leurs caractéristiques
- pour chaque face exploration des courbes frontières, accès aux faces connexes
- calcul de points sur la face $P_{xyz} = F_{xyz}(u,v)$
- calcul de points sur une frontière $P_{uv} = f_{uv}(t)$ et $P_{xyz} = f_{xyz}(t)$

Rien ne s'oppose à ce qu'il soit complété par l'export de fonctions internes existantes telles que la reconnaissance des divers compartiments d'un modèle non manifold, des lignes caractéristiques, le calcul de la densité de points nécessaire au respect d'une erreur de corde ou d'une continuité angulaire, le calcul des normales

Actuellement, aucune application n'utilise véritablement l'interface CadClean API. Seul existe un programme test parcourant toutes les frontières des faces et contrôlant que la tolérance

$$f^{xyz}(t) \sim F^{xyz}(f^{uv}(t))$$

reste dans les limites souhaitables (CadClean ne modifie pas à proprement parler la géométrie des surfaces, mais ajuste les frontières et en effectue un reparamétrage de façon à rendre le modèle absolument "étanche").