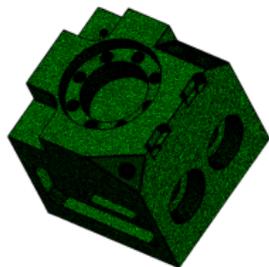


# Réunion ICAR

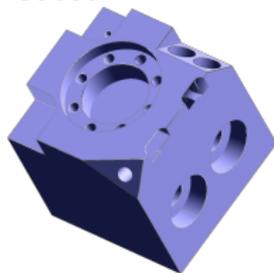
**Silvère Gauthier**

*Encadrement* : R. Bénière, W. Puech, G. Pouessel, G. Subsol



LIRMM, CNRS, Université Montpellier, France  
C4W, Montpellier, France

11 janvier 2017



# Sommaire

- 1 Sujet de thèse
- 2 Segmentation
- 3 Extraction de primitives
- 4 Travaux en cours

# Sommaire

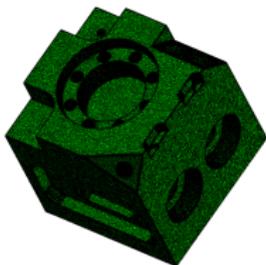
- 1 Sujet de thèse
- 2 Segmentation
- 3 Extraction de primitives
- 4 Travaux en cours

# Reverse Engineering

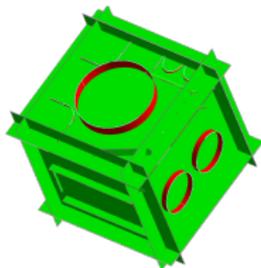
## Reverse Engineering

Etude d'un objet pour en déterminer le fonctionnement ou la méthode de fabrication.

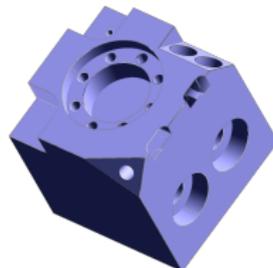
En 3D : reconstruction d'un modèle continu (primitives géométriques) à partir d'un modèle discret (maillage).



Maillage

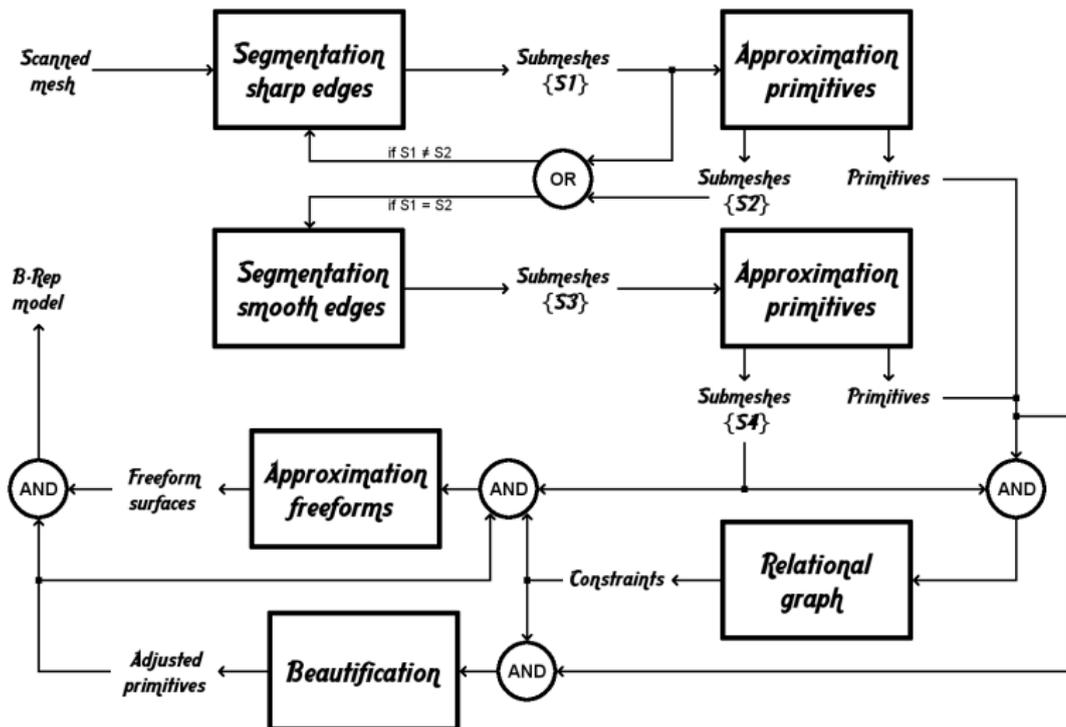


Primitives

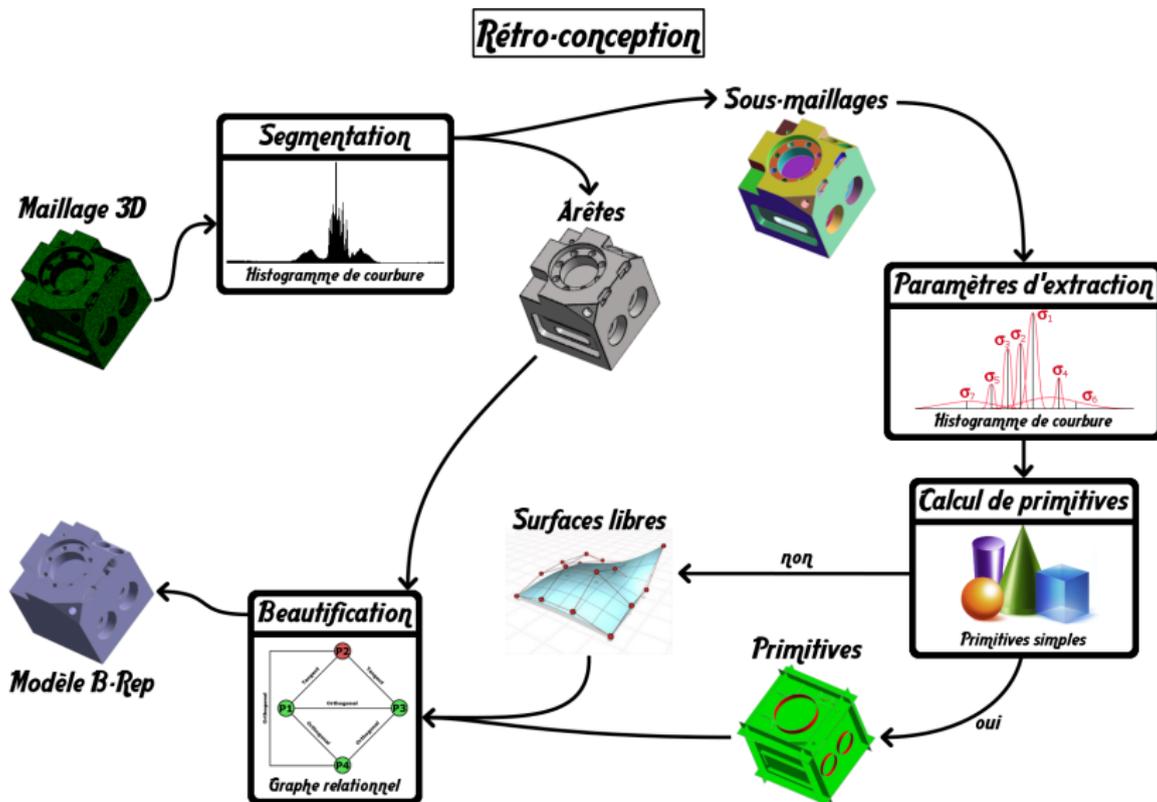


Modèle B-Rep

# Méthode envisagée



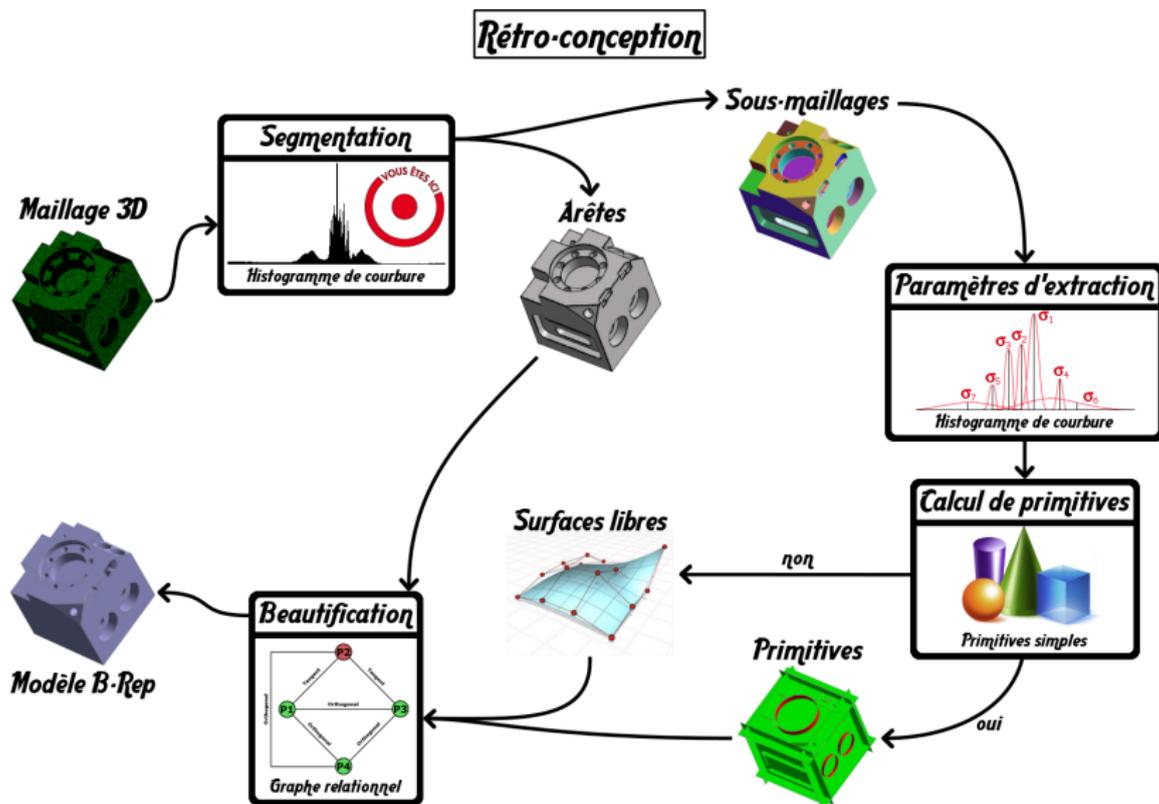
# Méthode envisagée



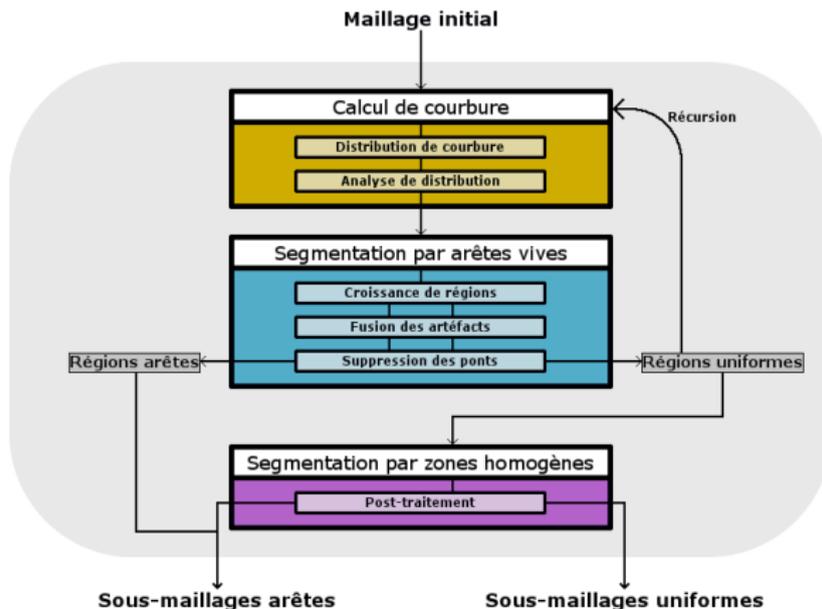
# Sommaire

- 1 Sujet de thèse
- 2 Segmentation**
- 3 Extraction de primitives
- 4 Travaux en cours

# Segmentation



# Segmentation



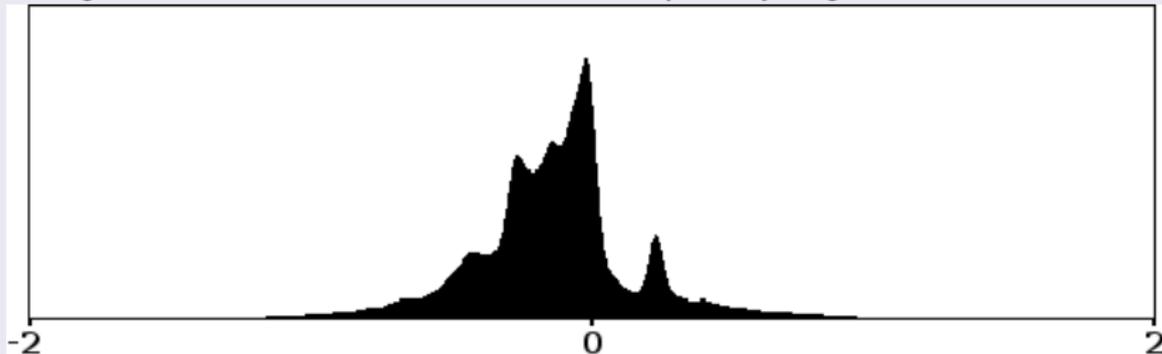
📄 S. Gauthier, W. Puech, R. Bénéière, G. Subsol, *Segmentation de maillages 3D de pièces manufacturées numérisées : Application à la rétro-conception*, CORESA, 2016.

📄 S. Gauthier, W. Puech, R. Bénéière, G. Subsol, *Digitized 3D mesh segmentation based on curvature analysis*, 3DIPM, 2017.

# Segmentation

## Construction d'un histogramme de courbure

Les valeurs de courbures sont souvent toutes différentes. Pour construire un histogramme, nous utilisons une estimation par noyau gaussien.



Afin de comparer les histogrammes, nous devons les normaliser. Nous utilisons pour cela la taille moyenne des arêtes de l'objet et limitons l'histogramme dans l'intervalle  $[-2 ; 2]$ , suffisant pour les maillages scannés.

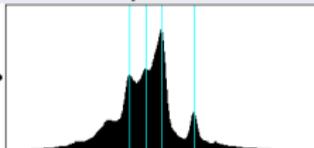
# Segmentation

## Analyse de l'histogramme

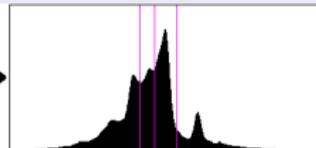
En utilisant une approximation discrète de la dérivée seconde des valeurs de l'histogramme, on peut détecter l'emplacement des pics et vallées.



**a) Histogram**



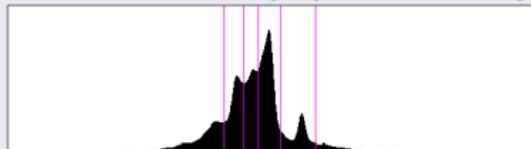
**b) Peaks**



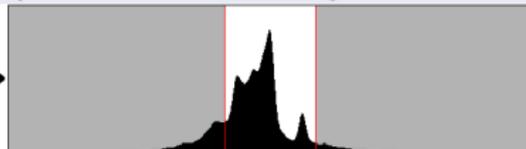
**c) Valleys**

## Seuillage de la courbure

En utilisant les deux vallées extrêmes comme seuils, on retire les points des arêtes vives. Ce qui permet de segmenter par croissance de régions.



**a) Valleys**

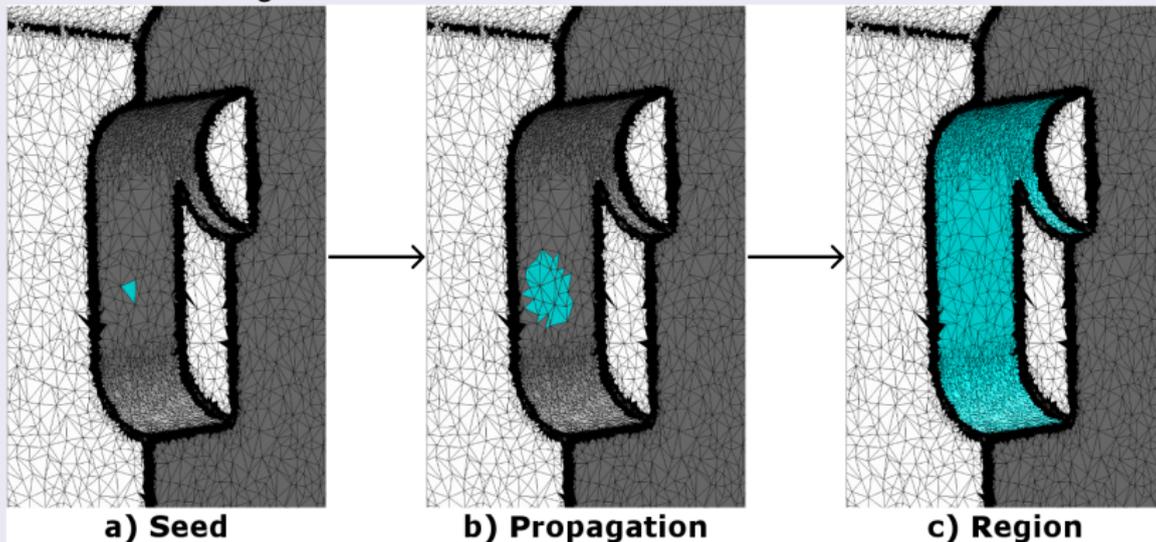


**b) Segmentation thresholds**

# Segmentation

## Sous-maillages

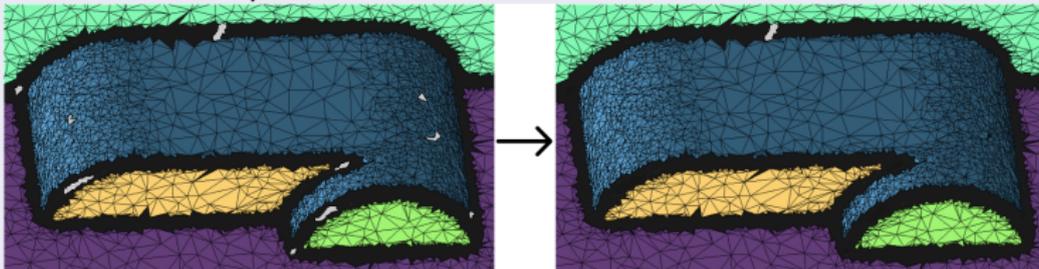
Nous récupérons ensuite les sous-maillages et les zones arêtes par croissance de régions.



# Segmentation

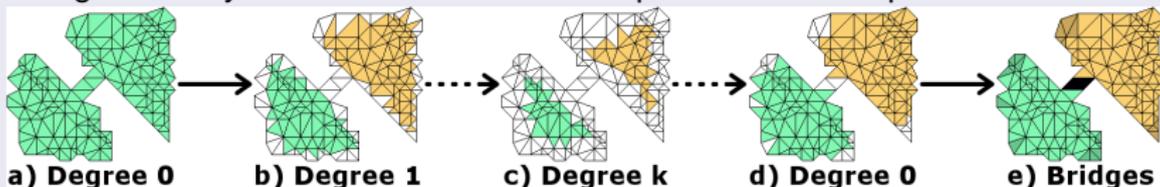
## Fusion des artéfacts

Une fusion de régions est également nécessaire pour éliminer les petits artéfacts dûs aux imprécisions des données.



## Suppression des ponts

Certains sous-maillages peuvent être reliés seulement par quelques triangles. Un système d'érosion-dilatation permet de les séparer.

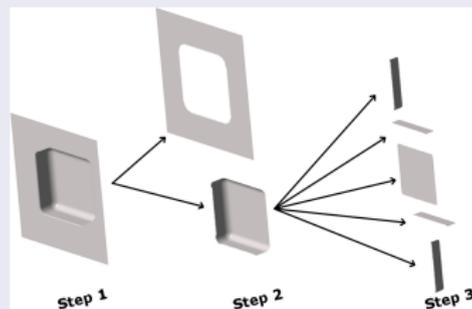


# Segmentation

## Récursion

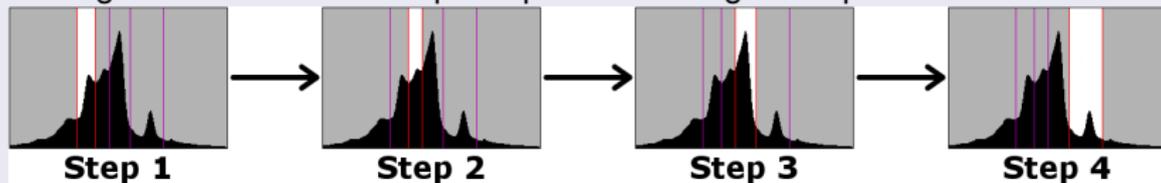
Pour chaque sous-maillage obtenu, on réitère le processus à partir du calcul de la courbure.

Cela permet d'extraire les arêtes plus ou moins larges et traiter les zones avec différentes amplitudes de bruit.



## Segmentation par les arêtes "lisses"

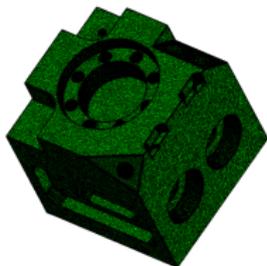
Les primitives de l'objet peuvent être tangentes et ne sont donc pas toujours séparées par des arêtes vives. Par contre, nous pouvons les distinguer dans l'histogramme et ainsi les séparer par un seuillage multiple de la courbure.



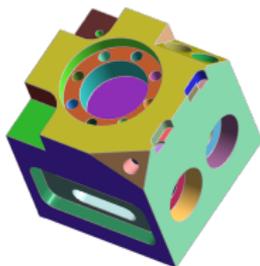
# Segmentation

## Résultats

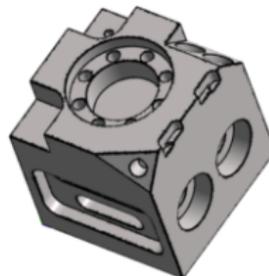
La segmentation est robuste et adaptative. Elle nous fournit des sous-maillages, à partir desquels nous allons extraire des primitives. Environ 96% des sous-maillages obtenus ne contiennent qu'une primitive, ce qui améliore énormément les temps de calculs. Nous obtenons également des zones arêtes qui seront par la suite utilisées pour le voisinage des primitives.



Maillage



Sous-maillages

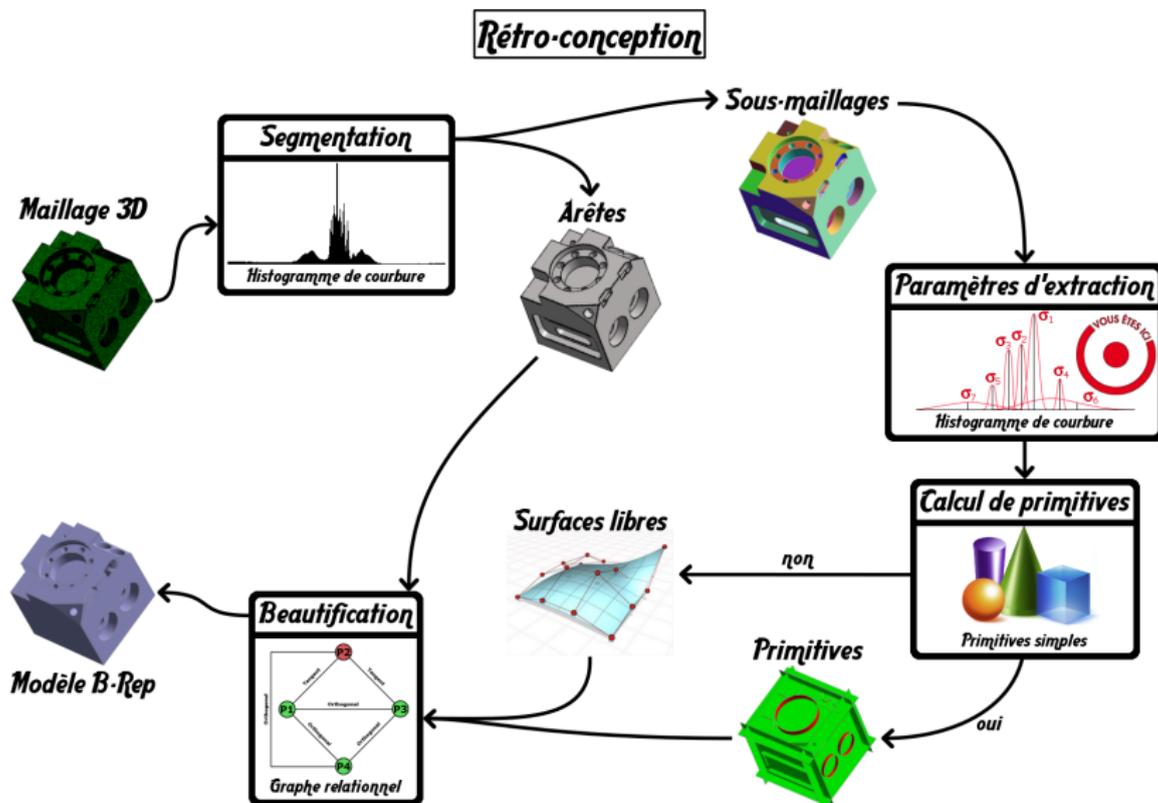


Zones arêtes

# Sommaire

- 1 Sujet de thèse
- 2 Segmentation
- 3 Extraction de primitives**
- 4 Travaux en cours

# Extraction de primitives



# Extraction de primitives

## Paramètres d'extraction de primitives

Notre extraction de primitives est basée sur le regroupement de points dont la courbure est similaire. Cette méthode nécessite un certain nombre de paramètres, que nous calculons automatiquement.

Parmi ces paramètres, certains sont liés aux valeurs de courbure :

- $C_{zero}$  : définit une valeur de courbure  $C$  comme nulle si

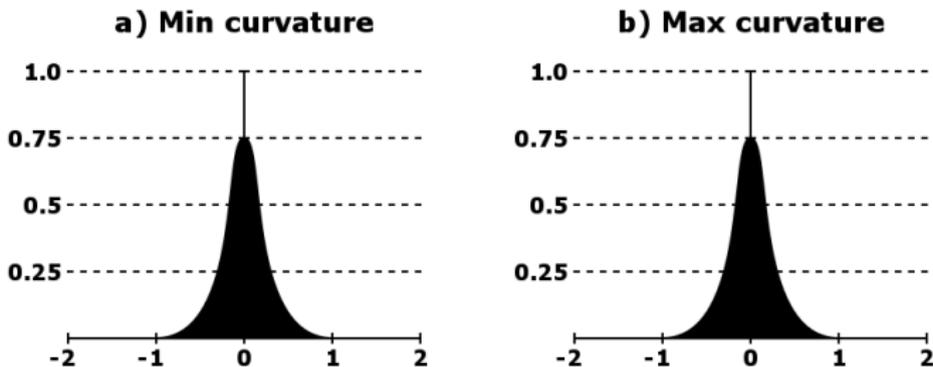
$$-C_{zero} < C < C_{zero}$$

- $C_{same}$  : définit deux valeurs de courbure  $C_1$  et  $C_2$  comme similaires si

$$|C_1 - C_2| < C_{same}$$

Pour les calculer, nous construisons et analysons les histogrammes des courbures principales. L'analyse est essentiellement statistique.

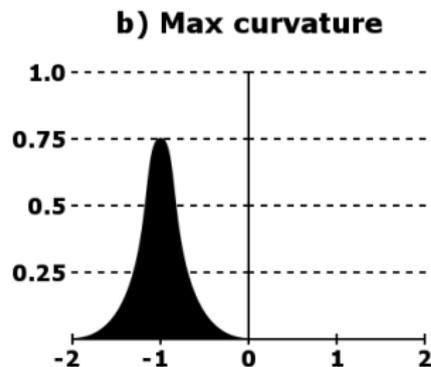
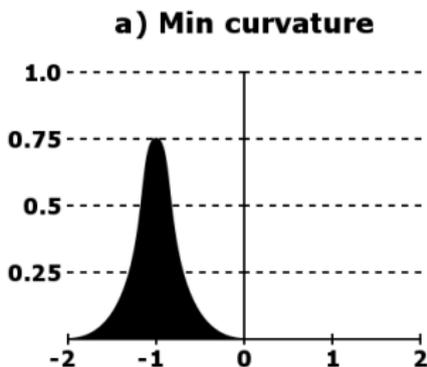
# Détection des plans



$$C_{zero} = \frac{\text{Sigma}_{Min} + \text{Sigma}_{Max}}{2}, \quad (1)$$

$$C_{same} = \min(\text{Sigma}_{Min}; \text{Sigma}_{Max}),$$

# Détection des sphères

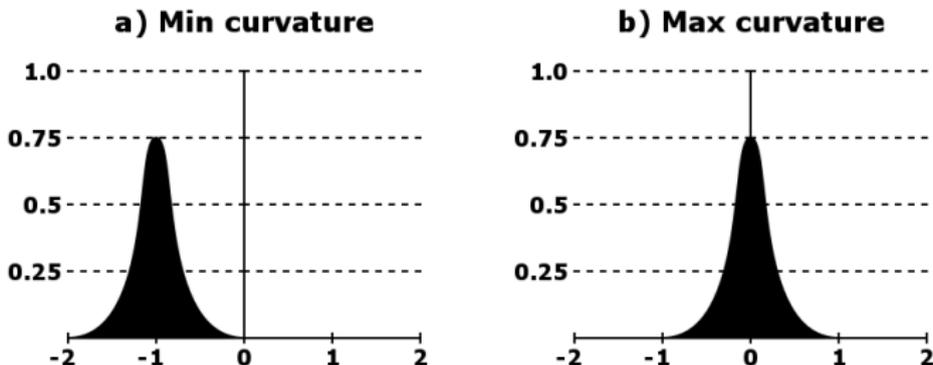


$$C_{zero} = \min(\text{Sigma}_{Min}; \text{Sigma}_{Max}),$$

$$C_{same} = \min(\text{Sigma}_{Min}; \text{Sigma}_{Max}),$$

(1)

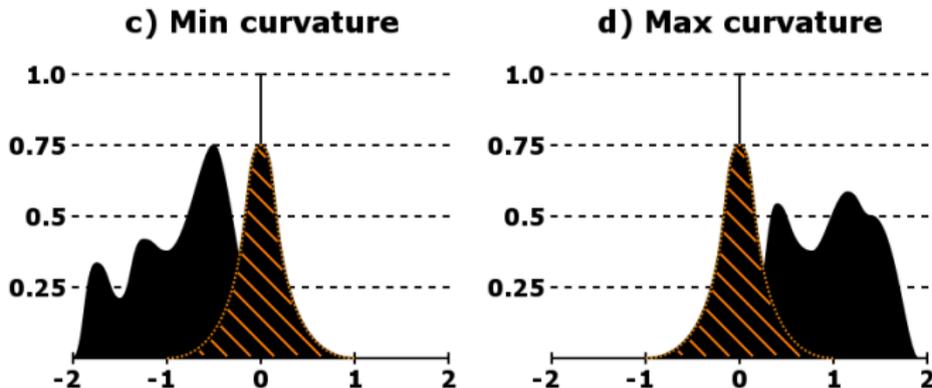
# Détection des cylindres et cônes



$$C_{zero} = \frac{|Mu_{Min}| \times Sigma_{Max} + |Mu_{Max}| \times Sigma_{Min}}{Sigma_{Min} + Sigma_{Max}}, \quad (1)$$

$$C_{same} = Sigma_{zero},$$

# Détection de primitives multiples



On utilise les calculs précédents, avec le pic le plus haut de chaque histogramme (en orange dans l'exemple).

# Autres tolérances

D'autres tolérances concernent les angles et les distances :

$$\epsilon_{\alpha} = \textit{SigmaAngles}, \quad (1)$$

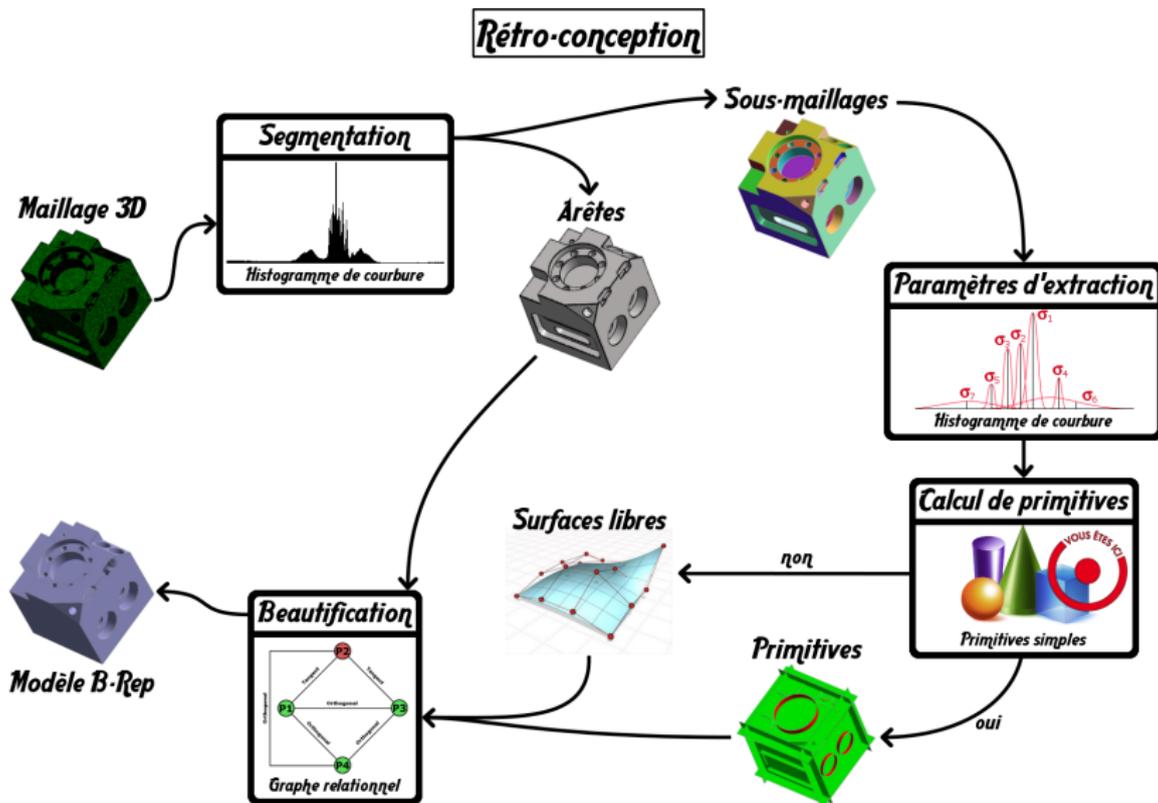
où  $\textit{SigmaAngles}$  correspond à l'écart-type des angles entre les directions de courbure des points et celles de leurs voisins.

$$\epsilon_{\Delta} = \textit{AverageEdgeLength}, \quad (2)$$

où  $\textit{AverageEdgeLength}$  correspond à la longueur moyenne des arêtes du maillage.

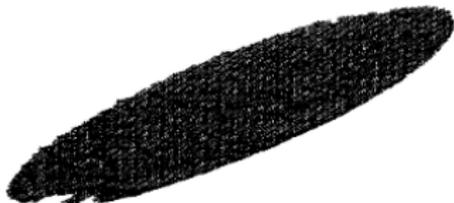
Cette dernière tolérance est suffisante pour valider ou invalider l'approximation globale d'un sous-maillage par une unique primitive (gain de temps important).

# Extraction de primitives

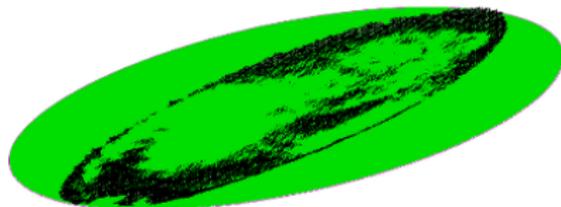


# Approximation globale

Sous-maillage



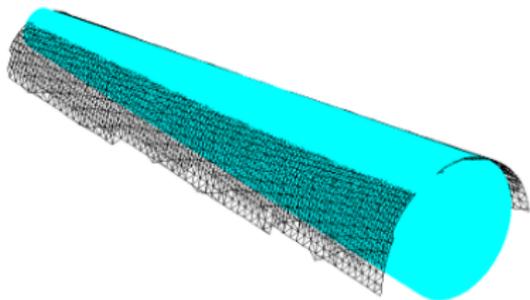
Régression



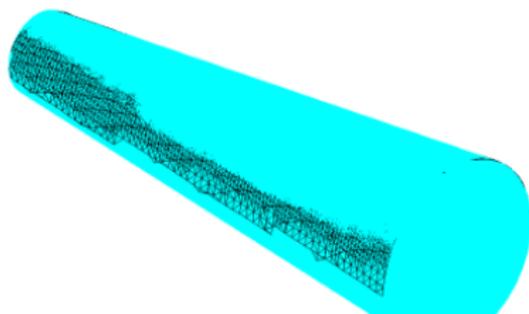
La régression directe sur le sous-maillage permet d'éviter le calcul de courbure et d'améliorer la fiabilité du calcul.

# Optimisation

Régression

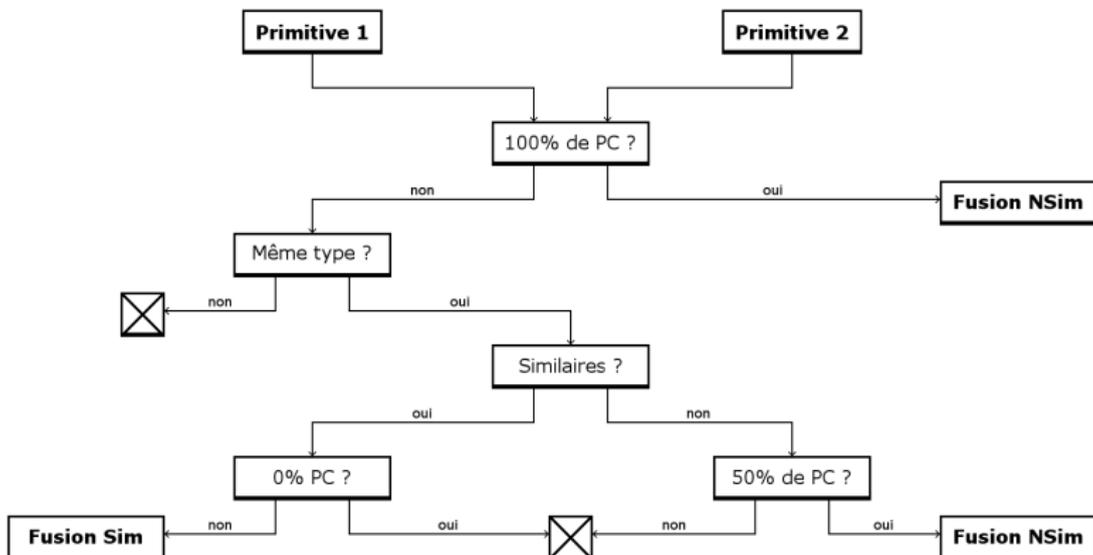


Optimisation



L'optimisation permet parfois de compenser un bruit trop important dans le maillage, qui peut perturber le calcul par régression.

# Fusion de primitives



\* PC : Points Communs (pourcentage selon la plus petite primitive)

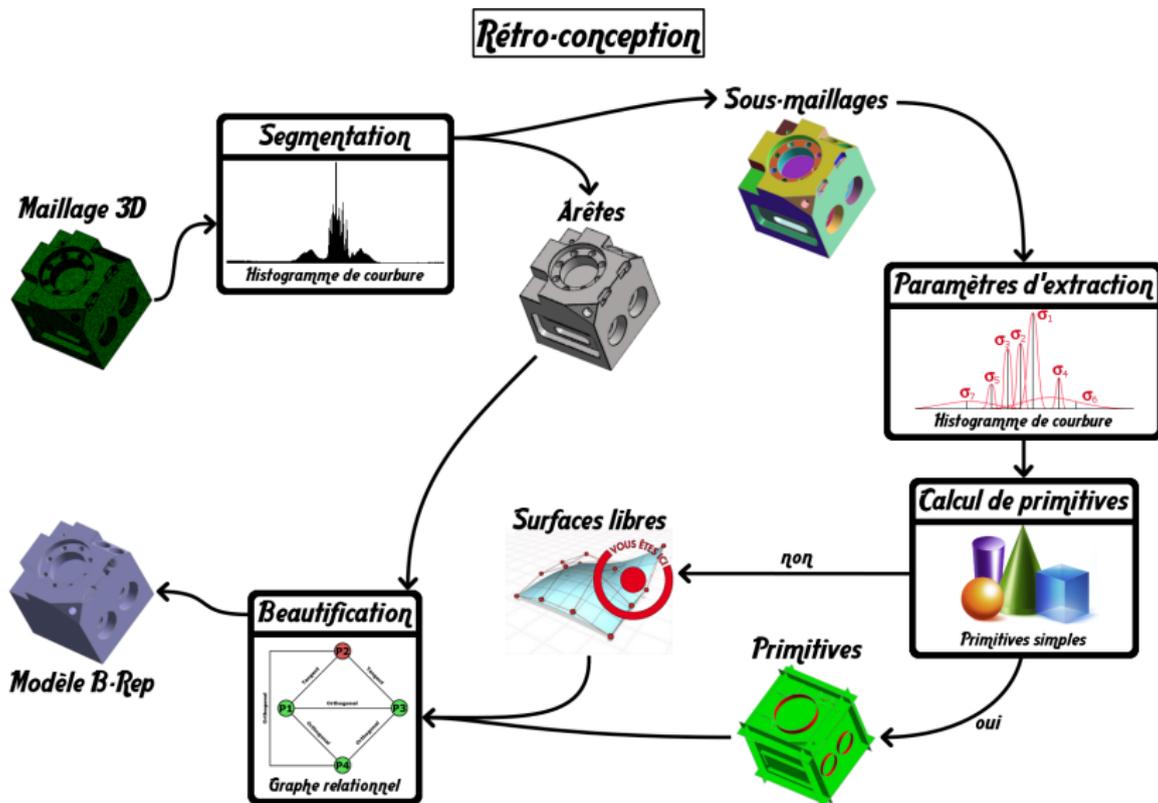
\* Fusion NSim : fusion des primitives non similaires (seulement sous-mallages)

\* Fusion Sim : fusion des primitives similaires (sous-mallages et mise à jour)

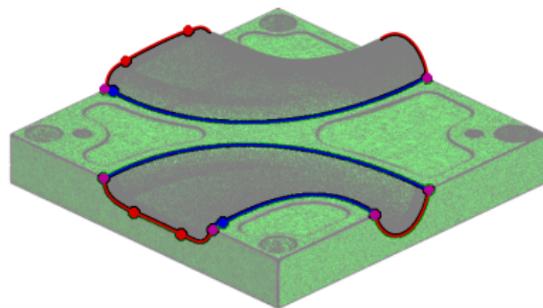
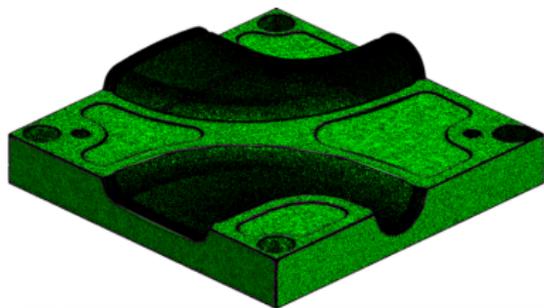
# Sommaire

- 1 Sujet de thèse
- 2 Segmentation
- 3 Extraction de primitives
- 4 Travaux en cours**

# Travaux en cours



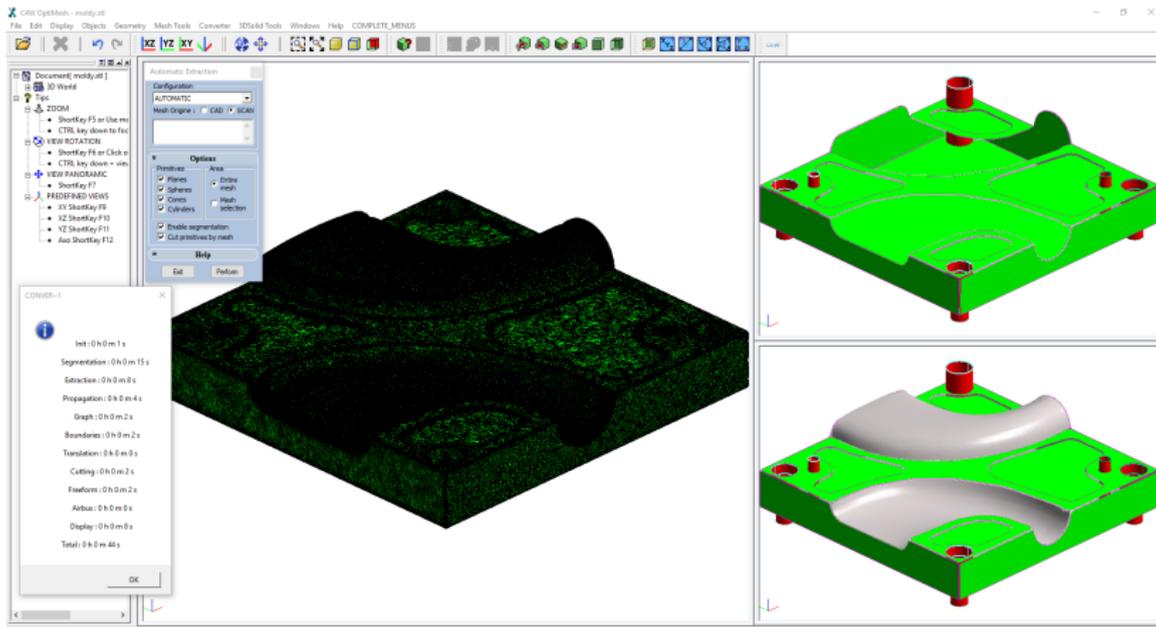
# Surfaces libres



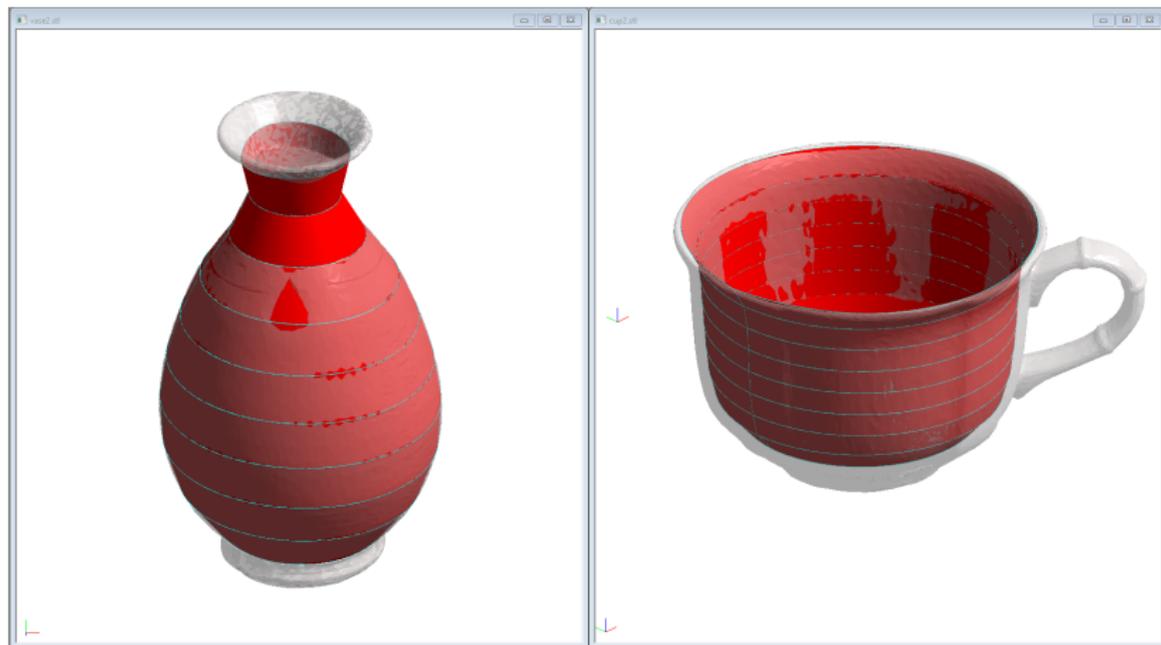
## Idée :

- détecter un sous-maillage isolé,
- découper son contour en plusieurs parties,
- approximer ces sous-contours par des courbes,
- projeter ces sous-contours sur les primitives adjacentes,
- calculer une surface à partir de ces courbes et du nuage de points.

# Premiers résultats

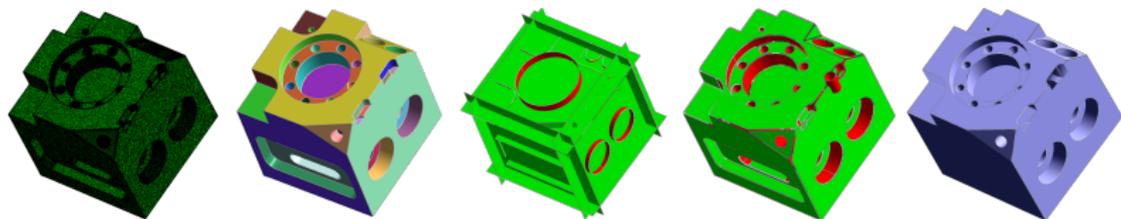


# Premiers résultats



# Merci pour votre attention

## Des suggestions ?



Mail : [silvere.gauthier@c4w.com](mailto:silvere.gauthier@c4w.com) / [silvere.gauthier@lirmm.fr](mailto:silvere.gauthier@lirmm.fr)

**Silvère Gauthier**, R. Bénière, W. Puech, G. Pouessel, G. Subsol,  
*Réunion ICAR, 2017*

