



# Reconstruction d'un modèle B-Rep à partir d'un maillage 3D

## application à la rétro-ingénierie industrielle

**Roseline Bénéière**

1<sup>er</sup> février 2012

### Rapporteurs

Mohamed DAOUDI, Professeur

Fabrice MERIAUDEAU, Professeur

LIFL, Université Lille I

Le2i, Université de Bourgogne

### Examineurs

Jean-Pierre JESSEL, Professeur

Frédéric KORICHE, Maître de conférences, HDR

IRIT, Université Paul Sabatier de Toulouse

LIRMM, Université Montpellier II

### Directeurs de thèse

William PUECH, Professeur

Gilles GESQUIÈRE, Maître de conférences, HDR

Gérard SUBSOL, Chargé de recherche

LIRMM, Université Montpellier II

LSIS, Université Aix-Marseille

LIRMM, CNRS/Université Montpellier II

### Invité

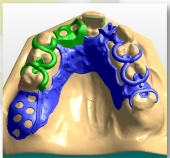
François LE BRETON, Ingénieur

C4W, Montpellier

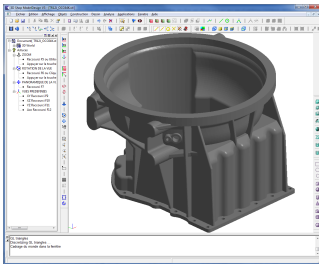
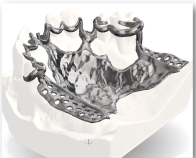
# Les objets 3D

## Conception Assistée par Ordinateur

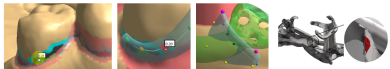
DIGISTELL



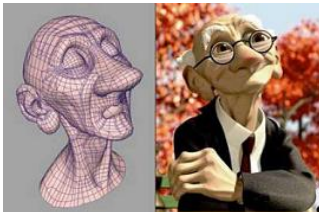
digileo  
Innovative Dental CAD Solutions



Applications médicales



Cinéma ou jeu vidéo





# Les 2 types de représentation 3D

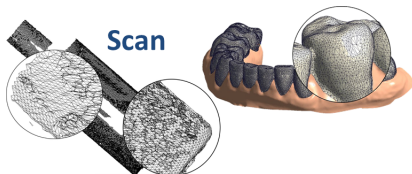
**Discrète**  
(points+facettes)

VS

**Paramétrique**  
(type+paramètres)

# Les 2 types de représentation 3D

**Discrète**  
(points+facettes)



VS

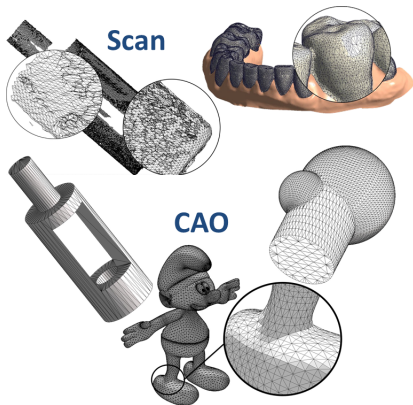
**Paramétrique**  
(type+paramètres)

# Les 2 types de représentation 3D

**Discrète**  
(points+facettes)

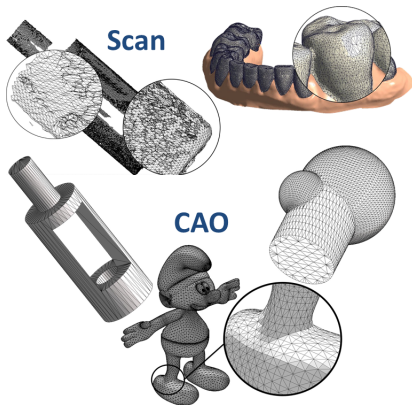
VS

**Paramétrique**  
(type+paramètres)



# Les 2 types de représentation 3D

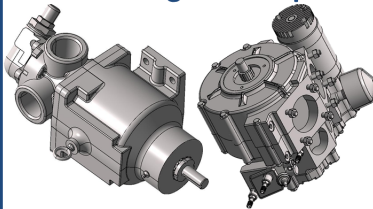
**Discrète**  
(points+facettes)



VS

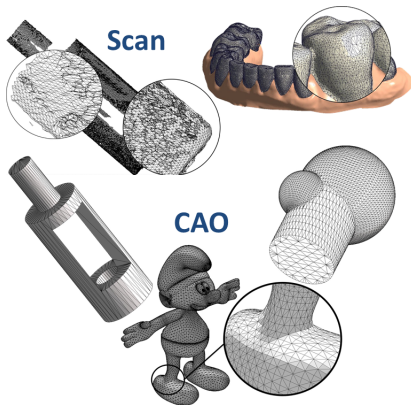
**Paramétrique**  
(type+paramètres)

**Primitives géométriques**



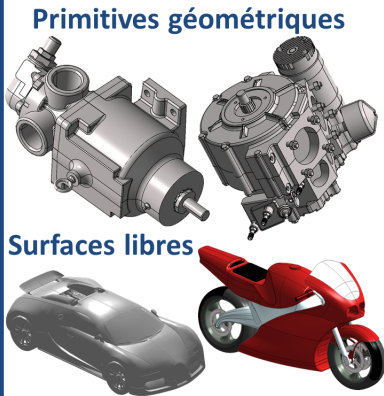
# Les 2 types de représentation 3D

**Discrète**  
(points+facettes)



VS

**Paramétrique**  
(type+paramètres)

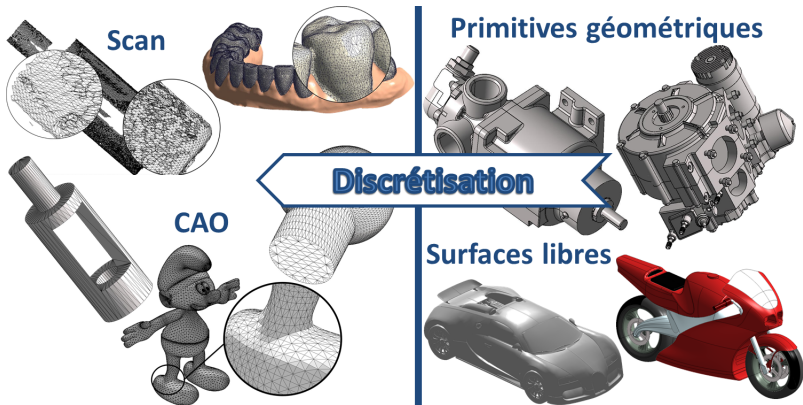


# Les 2 types de représentation 3D

**Discrète**  
(points+facettes)

VS

**Paramétrique**  
(type+paramètres)

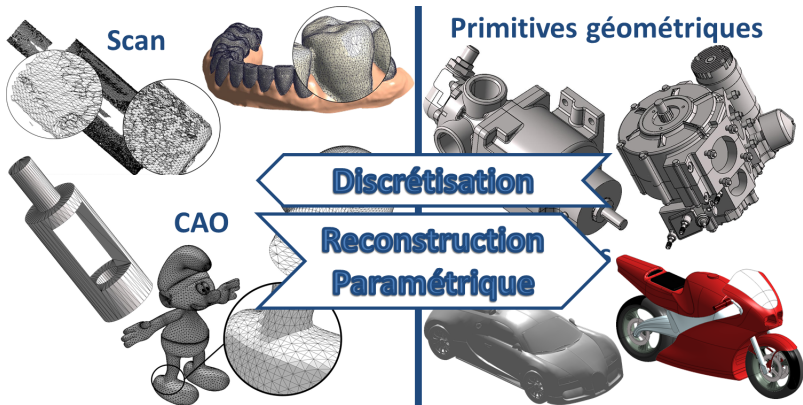


# Les 2 types de représentation 3D

**Discrète**  
(points+facettes)

VS

**Paramétrique**  
(type+paramètres)

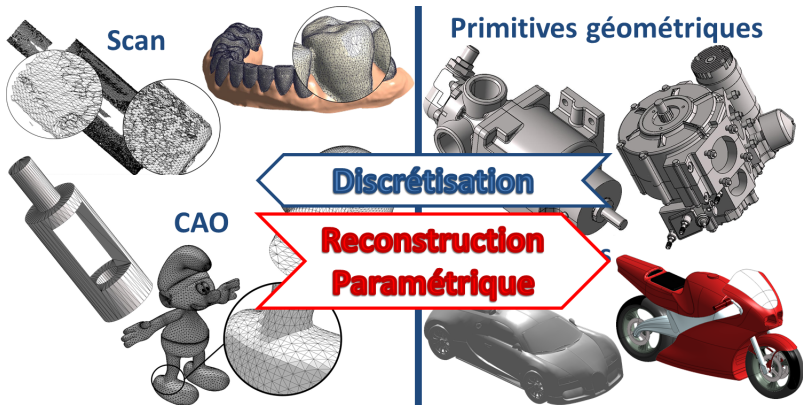


# Les 2 types de représentation 3D

**Discrète**  
(points+facettes)

VS

**Paramétrique**  
(type+paramètres)





# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes
    - ⇒ identification

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes
    - ⇒ identification
  - Pouvant contenir des surfaces libres

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes
    - ⇒ identification
  - Pouvant contenir des surfaces libres
- Résultat : modèle B-Rep (*Boundary Representation*)

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes
    - ⇒ identification
  - Pouvant contenir des surfaces libres
- Résultat : modèle B-Rep (*Boundary Representation*)
  - Calcul des frontières de chaque face et de la topologie



# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes
    - ⇒ identification
  - Pouvant contenir des surfaces libres
- Résultat : modèle B-Rep (*Boundary Representation*)
  - Calcul des frontières de chaque face et de la topologie
    - ⇒ définition des relations de voisinage

# Application à la rétro-ingénierie industrielle

## Etats de l'art de la rétro-ingénierie :

T. Várady, R.R. Martin et J. Cox, **Reverse engineering of geometric models-an introduction**, 1997.

K. Chang et C. Chen, **3D Shape engineering and Design Parameterization**, 2011.

## Cahier des charges :

- Maillages principalement CAO : denses ou épars
  - Composés de primitives géométriques
    - ⇒ extraction de zones homogènes
    - ⇒ identification
  - Pouvant contenir des surfaces libres
- Résultat : modèle B-Rep (*Boundary Representation*)
  - Calcul des frontières de chaque face et de la topologie
    - ⇒ définition des relations de voisinage
    - ⇒ constructions des contours

# Etat de l'art

Méthodes complètes ou partielles de rétro-ingénierie :

	Extraction de primitives	Surf. libres	Construction topologie
[Sunil 08]	✓		
[Fischler 81]	✓		
[Lavva 07]	✓		
[Eck 96]		✓	
[Miller 93]			✓
[Chappuis 04]	✓		✓
[Schnabel 09]	✓		✓
[Huang 02]	✓	✓	✓
[Benko 01]	✓	✓	✓

V.B. Sunil et S.S. Pande, **Automatic recognition of features from freeform surface CAD models**, 2008.

M.A. Fischler et R.C. Bolles, **RANDOM Sample Consensus : a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography**, 1981.

I. Lavva, E.Hameiri et I. Shimshoni, **Robust Methods for Geometric Primitive Recovery and Estimation From Range Images**, 2007.

M. Eck et H. Hoppe, **Automatic reconstruction of B-spline surfaces of Arbitrary Topological Type**, 1996.

J. R. Miller, **Incremental Boundary Evaluation Using Inference of Edge Classifications**, 1993.

C. Chappuis, A. Rassineux, P. Breilkopf et P. Villon, **Improving surface meshing from discrete data by feature recognition** 2004.

R. Schnabel, P.Degener et R. Klein, **Completion and Reconstruction with Primitive Shapes**, 2009.

J. Huang et C. Menq, **Automatic CAD Model Reconstruction from Multiple Point Clouds for Reverse engineering**, 2002.

P. Benkő, R.R.Martin et T. Várady, **Algorithms for reverse engineering boundary representation models**, 2001.

# Etat de l'art

## Méthodes complètes ou partielles de rétro-ingénierie :

	Extraction de primitives			Surf. libres	Construction topologie		
[Sunil 08]		✓					
[Fischler 81]		✓					
[Lavva 07]		✓					
[Eck 96]				✓			
[Miller 93]							✓
[Chappuis 04]		✓					✓
[Schnabel 09]		✓					✓
[Huang 02]	✓		✓	✓		✓	✓
[Benko 01]	✓		✓	✓		✓	✓
	Zones homogènes	Identification	Calcul param	Surf. libres	Voisinage	Contours	B-Rep

V.B. Sunil et S.S. Pande, **Automatic recognition of features from freeform surface CAD models**, 2008.

M.A. Fischler et R.C. Bolles, **RANDOM Sample Consensus : a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography**, 1981.

I. Lavva, E.Hameiri et I. Shimshoni, **Robust Methods for Geometric Primitive Recovery and Estimation From Range Images**, 2007.

M. Eck et H. Hoppe, **Automatic reconstruction of B-spline surfaces of Arbitrary Topological Type**, 1996.

J. R. Miller, **Incremental Boundary Evaluation Using Inference of Edge Classifications**, 1993.

C. Chappuis, A. Rassineux, P. Breitkopf et P. Villon, **Improving surface meshing from discrete data by feature recognition** 2004.

R. Schnabel, P.Degener et R. Klein, **Completion and Reconstruction with Primitive Shapes**, 2009.

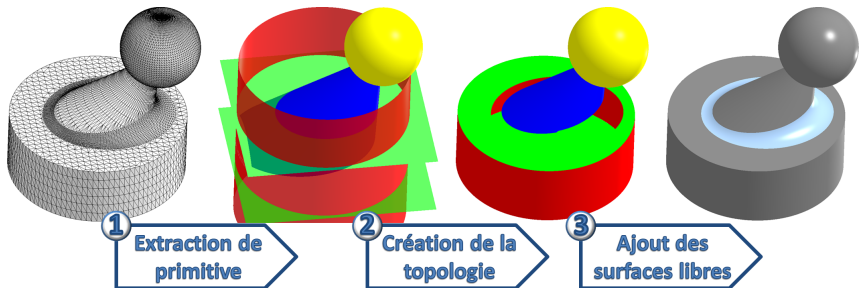
J. Huang et C. Menq, **Automatic CAD Model Reconstruction from Multiple Point Clouds for Reverse engineering**, 2002.

P. Benkő, R.R.Martin et T. Várady, **Algorithms for reverse engineering boundary representation models**, 2001.

# Approche proposée

Notre proposition est un processus **complet** de rétro-ingénierie qui répond à tous les problèmes **de notre cahier des charges** :

	Extraction de primitives			Surf libre	Construction topologie		
	Zones homogènes	Identification	Calcul param	Surf libres	Voisinage	Contours	B-Rep
Notre approche	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

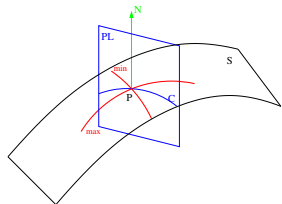


# Table des matières

- 1 Introduction
- 2 **Extraction de primitives**
  - Définition de la forme locale
  - Définition de zones homogènes et identification
  - Calcul des paramètres des primitives
- 3 Construction de la topologie
- 4 Surfaces paramétriques
- 5 Résultats
- 6 Conclusion

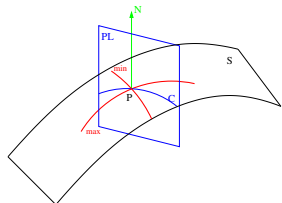
# Définition de la forme locale

Forme locale  $\Rightarrow$  **COURBURE 3D** [Dong 05], [Chen 92].



# Définition de la forme locale

Forme locale  $\Rightarrow$  **COURBURE 3D** [Dong 05], [Chen 92].

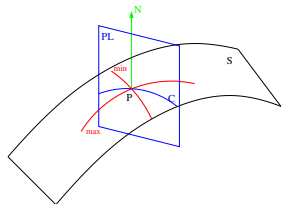


- courbures principales  $k_{max}$  et  $k_{min}$
- directions principales  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$
- la normale  $\vec{n}$

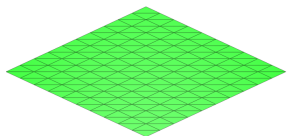


# Définition de la forme locale

Forme locale  $\Rightarrow$  **COURBURE 3D** [Dong 05], [Chen 92].



- courbures principales  $k_{max}$  et  $k_{min}$
- directions principales  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$
- la normale  $\vec{n}$

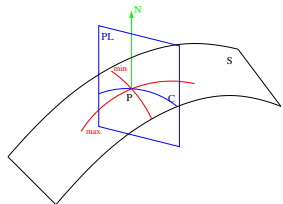


$$k_{min} = k_{max} = 0$$

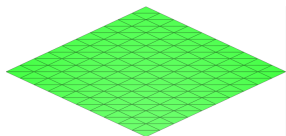
Convexe, Concave, Plan, Sphère,  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$

# Définition de la forme locale

Forme locale  $\Rightarrow$  **COURBURE 3D** [Dong 05], [Chen 92].



- courbures principales  $k_{max}$  et  $k_{min}$
- directions principales  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$
- la normale  $\vec{n}$



$$k_{min} = k_{max} = 0$$

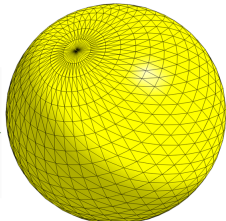
Convexe,

Concave,

Plan,

Sphère,

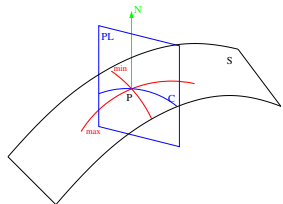
$\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$



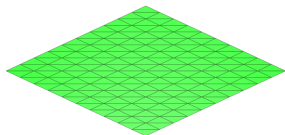
$$k_{min} = k_{max}$$

# Définition de la forme locale

Forme locale  $\Rightarrow$  **COURBURE 3D** [Dong 05], [Chen 92].

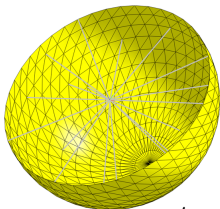


- courbures principales  $k_{max}$  et  $k_{min}$
- directions principales  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$
- la normale  $\vec{n}$



$$k_{min} = k_{max} = 0$$

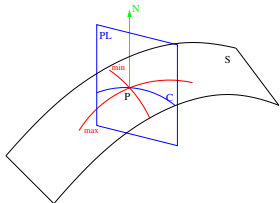
Convexe, Concave, Plan, Sphère,  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$



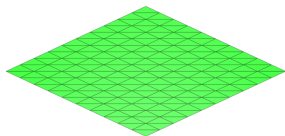
$$k_{min} = k_{max} = \frac{1}{r}$$

# Définition de la forme locale

Forme locale  $\Rightarrow$  **COURBURE 3D** [Dong 05], [Chen 92].

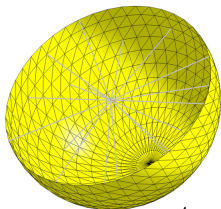


- courbures principales  $k_{max}$  et  $k_{min}$
- directions principales  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$
- la normale  $\vec{n}$

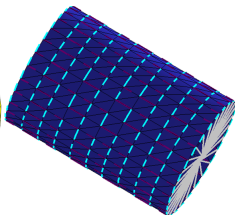


$$k_{min} = k_{max} = 0$$

Convexe, Concave, Plan, Sphère,  $\vec{dir}_{max}$  et  $\vec{dir}_{min}$

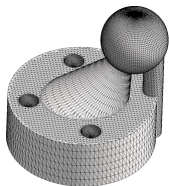


$$k_{min} = k_{max} = \frac{1}{r}$$



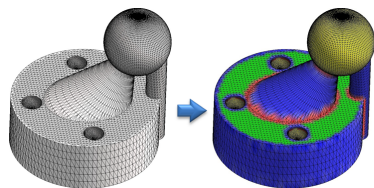
$$k_{min} = 0 \text{ et } k_{max} = \frac{1}{r}$$

# Définition de zones homogènes et identification



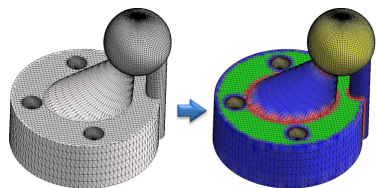
Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

# Définition de zones homogènes et identification



Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

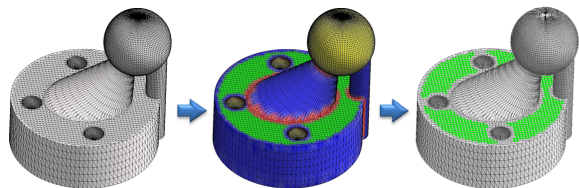
# Définition de zones homogènes et identification



Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

- Sommets plans voisins  $\Rightarrow$  même plan

# Définition de zones homogènes et identification

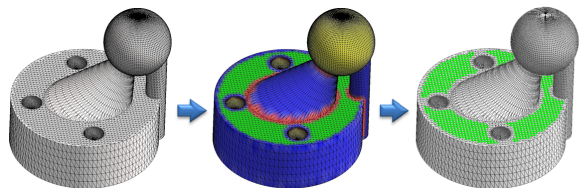


Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

- Sommets plans voisins  $\Rightarrow$  même plan



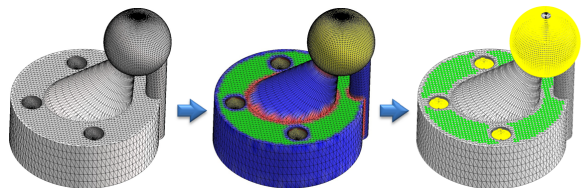
# Définition de zones homogènes et identification



Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

- Sommets plans voisins  $\Rightarrow$  même plan
- Sommets sphériques voisins et même  $k \Rightarrow$  même sphère

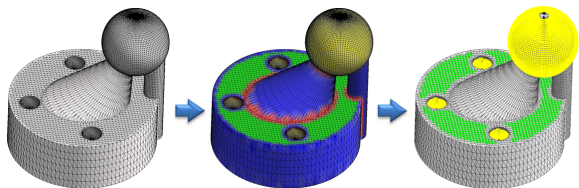
# Définition de zones homogènes et identification



Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

- Sommets plans voisins  $\Rightarrow$  même plan
- Sommets sphériques voisins et même  $k \Rightarrow$  même sphère

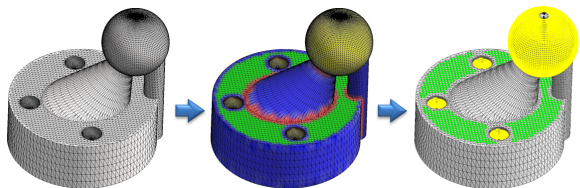
# Définition de zones homogènes et identification



Extraction de zones homogènes par la courbure [Lavva 07].

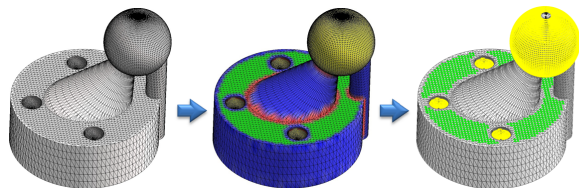
- Sommets plans voisins  $\Rightarrow$  même plan
- Sommets sphériques voisins et même  $k \Rightarrow$  même sphère
- Seulement sommets voisins cylindriques ou coniques  $\Rightarrow$  même cylindre ou cône

# Définition de zones homogènes et identification

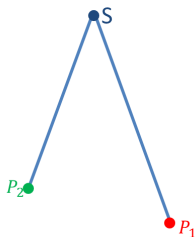


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :

# Définition de zones homogènes et identification

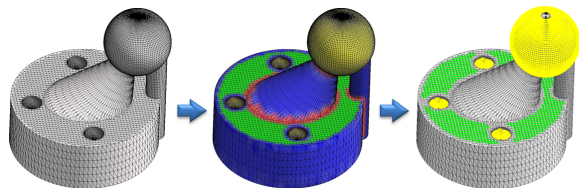


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :

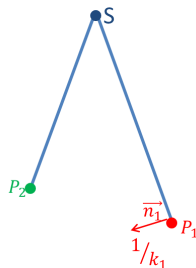


R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.

# Définition de zones homogènes et identification

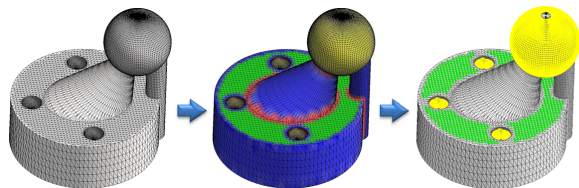


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :

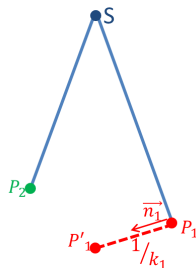


R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.

# Définition de zones homogènes et identification

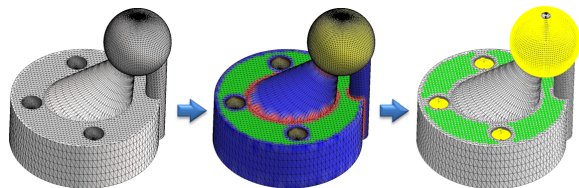


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :

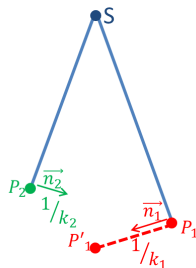


R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.

# Définition de zones homogènes et identification



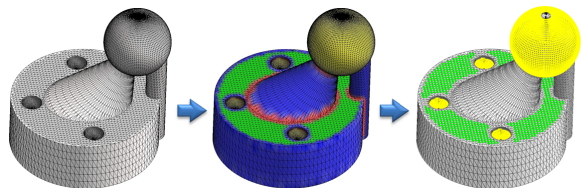
Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :



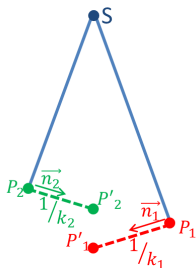
R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.



# Définition de zones homogènes et identification

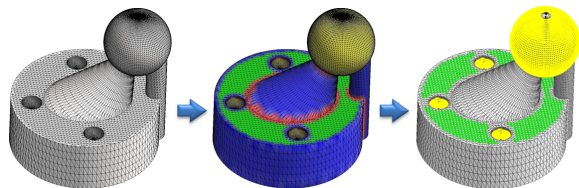


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :

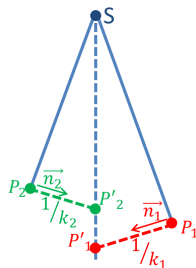


R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.

# Définition de zones homogènes et identification

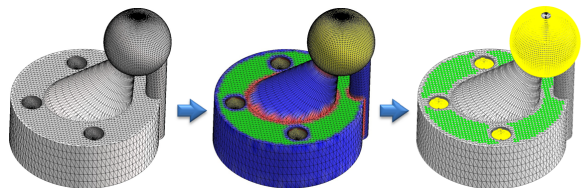


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :

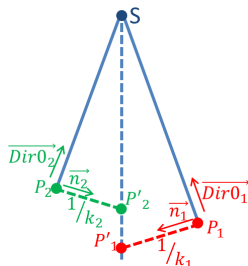


R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.

# Définition de zones homogènes et identification

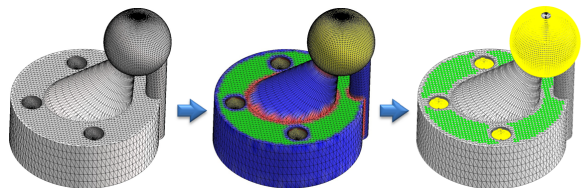


Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales [Bénière 11] :



R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **Recovering Primitives in 3D CAD meshes**, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R-1-9, 2011.

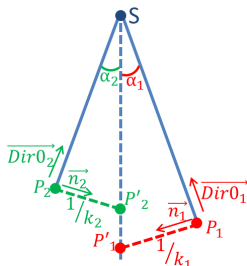
# Définition de zones homogènes et identification



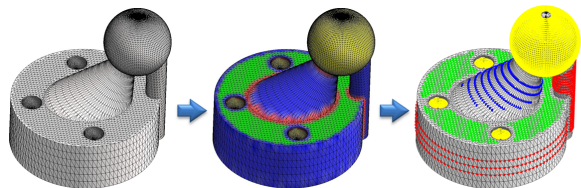
Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales  
**[Bénière 11]** :

$P_1$  et  $P_2 \in$  même cône ou cylindre

$\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$



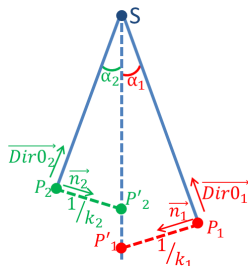
# Définition de zones homogènes et identification



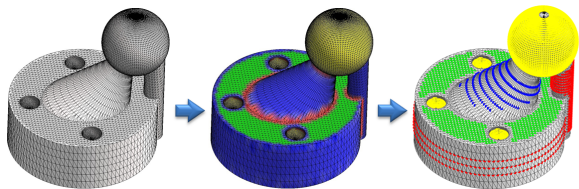
Définition d'un **nouveau critère d'appartenance** utilisant les directions principales  
 [Bénière 11] :

$P_1$  et  $P_2 \in$  même cône ou cylindre

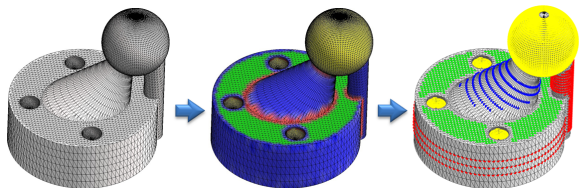
$\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$



# Calcul des paramètres des primitives

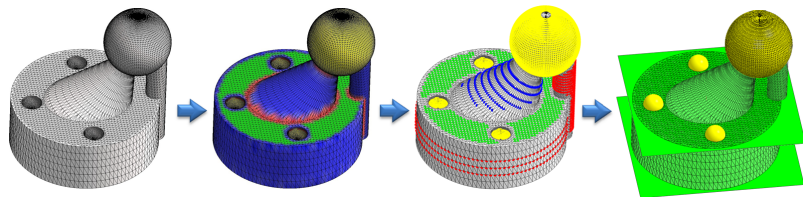


# Calcul des paramètres des primitives



Plan et sphère par approximation linéaire sur les équations implicites [Lukács 97]

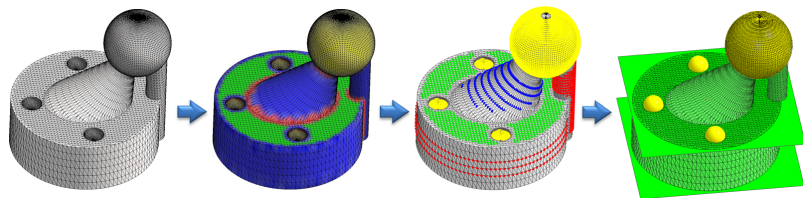
# Calcul des paramètres des primitives



Plan et sphère par approximation linéaire sur les équations implicites [Lukács 97]

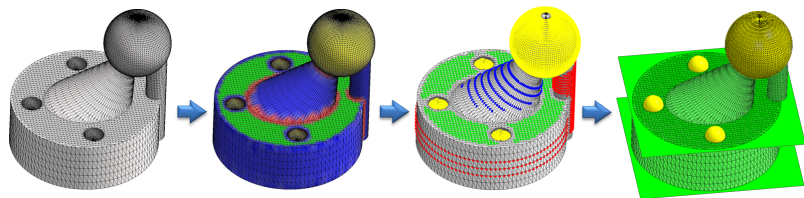


# Calcul des paramètres des primitives



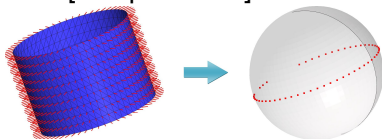
Cylindre /Cône  $\Rightarrow$  Image Gaussienne [Chaperon 02]

# Calcul des paramètres des primitives

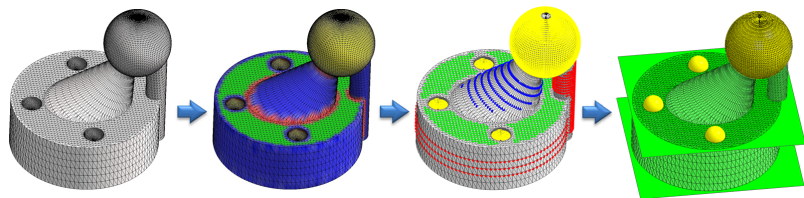


Cylindre /Cône  $\Rightarrow$  Image Gaussienne [Chaperon 02]

- Normale à l'image  $\Rightarrow$  Axe
- Cercle  $\Rightarrow$  Rayon et position

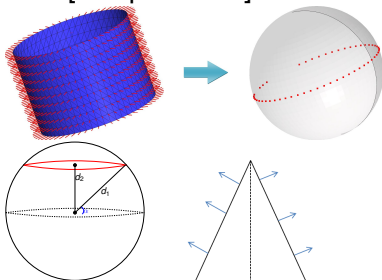


# Calcul des paramètres des primitives

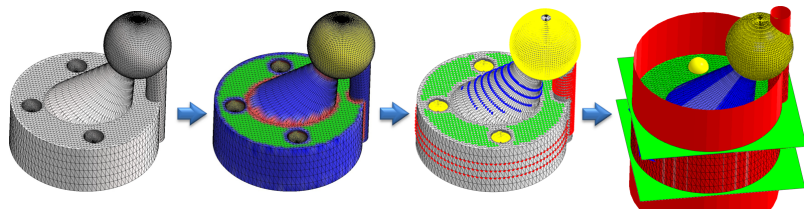


Cylindre /Cône  $\Rightarrow$  Image Gaussienne [Chaperon 02]

- Normale à l'image  $\Rightarrow$  Axe
- Cercle  $\Rightarrow$  Rayon et position
- Normale à l'image  $\Rightarrow$  Axe et angle
- Directions principales de courbure  $\Rightarrow$  Sommet

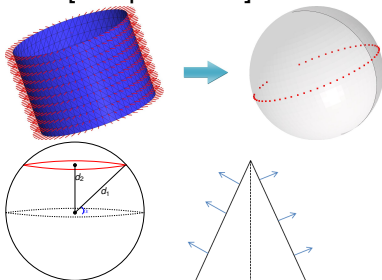


# Calcul des paramètres des primitives

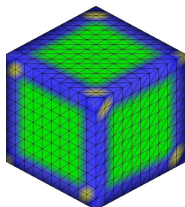


Cylindre /Cône  $\Rightarrow$  Image Gaussienne [Chaperon 02]

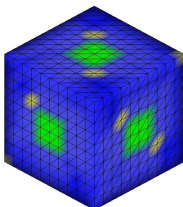
- Normale à l'image  $\Rightarrow$  Axe
- Cercle  $\Rightarrow$  Rayon et position
- Normale à l'image  $\Rightarrow$  Axe et angle
- Directions principales de courbure  $\Rightarrow$  Sommet



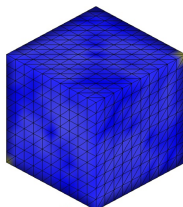
# Influence du voisinage



**1-voisinage**

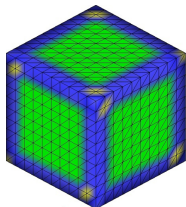


**3-voisinage**

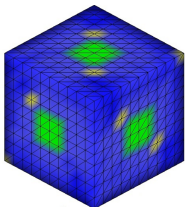


**5-voisinage**

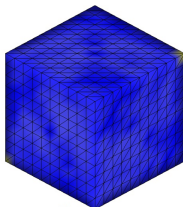
# Influence du voisinage



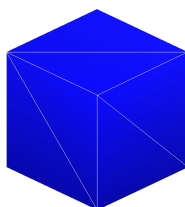
**1-voisinage**



**3-voisinage**

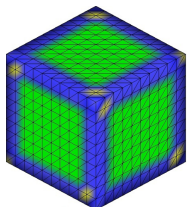


**5-voisinage**

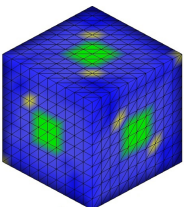


**1-voisinage**

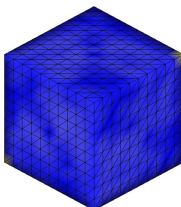
# Influence du voisinage



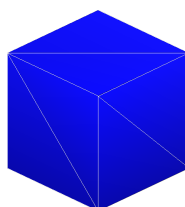
**1-voisinage**



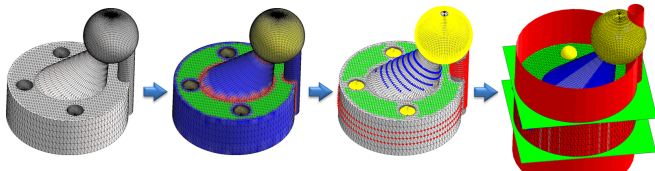
**3-voisinage**



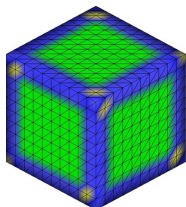
**5-voisinage**



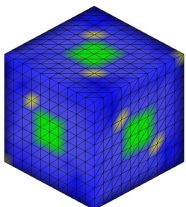
**1-voisinage**



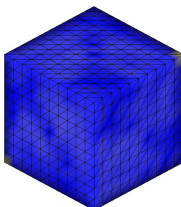
# Influence du voisinage



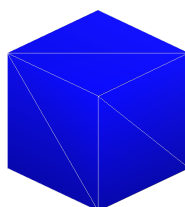
1-voisinage



3-voisinage

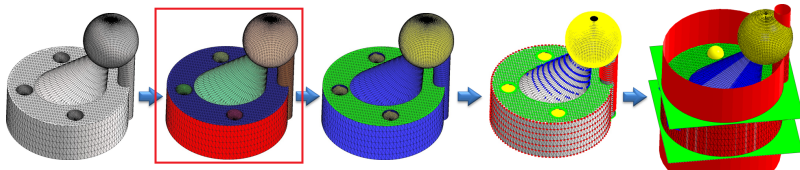


5-voisinage



1-voisinage

Pré-segmentation avant le calcul de la courbure [Bénière 12] :



R. Bénière, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, **A Comprehensive Process of Reverse Engineering from 3D Mesh to CAD**, *Computer-Aided Design*, Soumis.

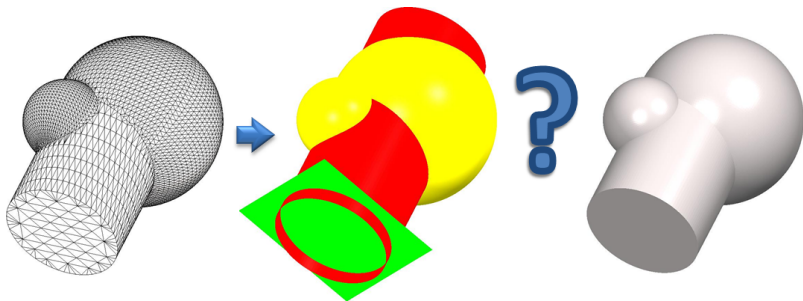


# Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Extraction de primitives
- 3 Construction de la topologie**
  - Détermination du voisinage et intersections
  - Contours
  - Création du B-Rep
- 4 Surfaces paramétriques
- 5 Résultats
- 6 Conclusion

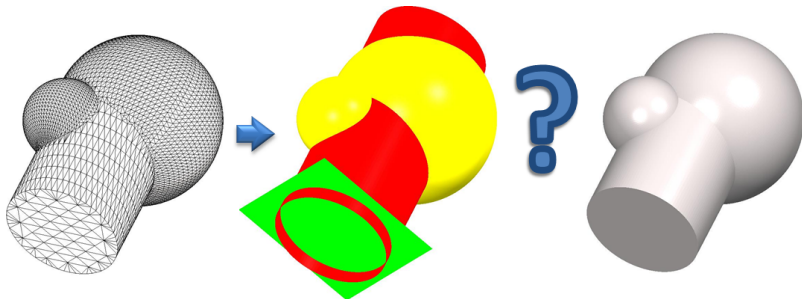
# Introduction topologie

Après l'extraction des primitives  $\Rightarrow$  définition de la topologie



# Introduction topologie

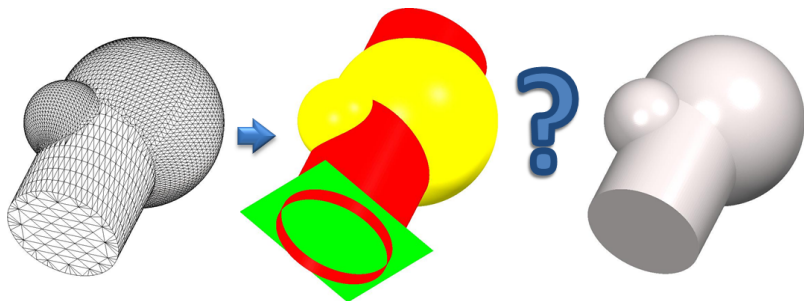
Après l'extraction des primitives  $\Rightarrow$  définition de la topologie



- Calculer les intersections [Patrikalakis 93]

# Introduction topologie

Après l'extraction des primitives  $\Rightarrow$  définition de la topologie



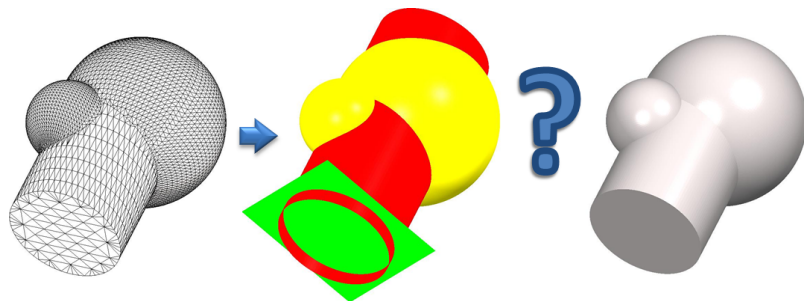
- Calculer les intersections [Patrikalakis 93]
- Construire les contours [Miller 93]

N.M. Patrikalakis, T.Maekawa et H.Mukundan, **Surface to surface intersections**, 1993.

J. R. Miller, **Incremental Boundary Evaluation Using Inference of Edge Classifications**, 1993.

# Introduction topologie

Après l'extraction des primitives  $\Rightarrow$  définition de la topologie



- Calculer les intersections [Patrikalakis 93]
- Construire les contours [Miller 93]
- Déterminer le voisinage [Chappuis 04]

N.M. Patrikalakis, T.Maekawa et H.Mukundan, **Surface to surface intersections**, 1993.

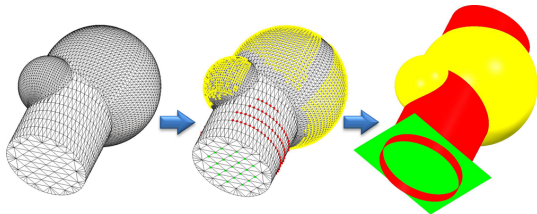
J. R. Miller, **Incremental Boundary Evaluation Using Inference of Edge Classifications**, 1993.

C. Chappuis, A. Rassineux, P. Breitkopf et P. Villon, **Improving surface meshing from discrete data by feature recognition** 2004.

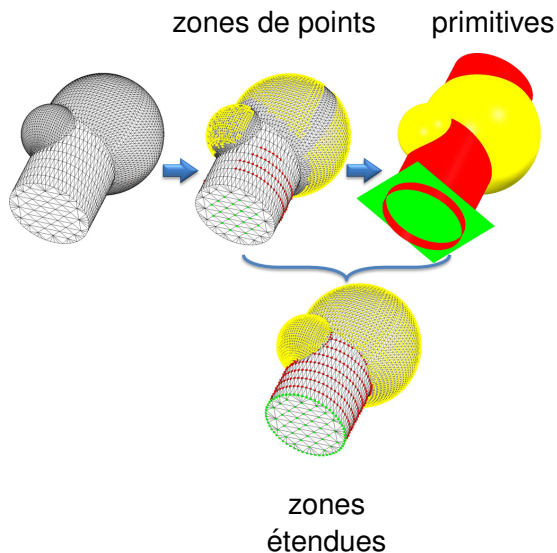
# Détermination du voisinage

zones de points

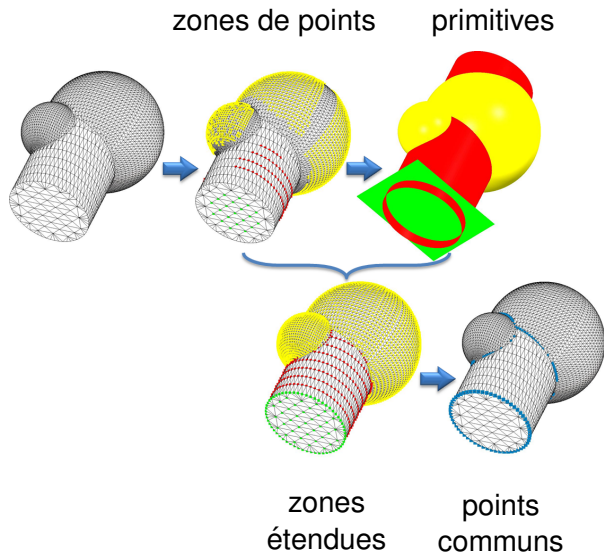
primitives



# Détermination du voisinage

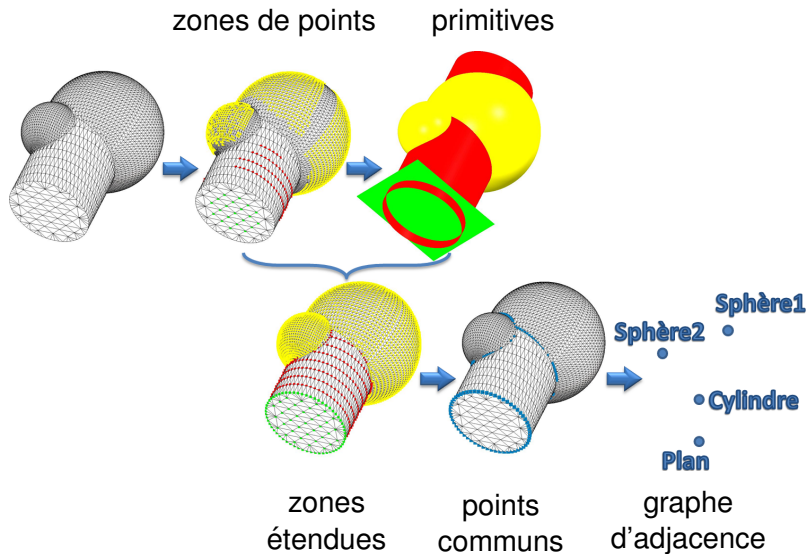


# Détermination du voisinage

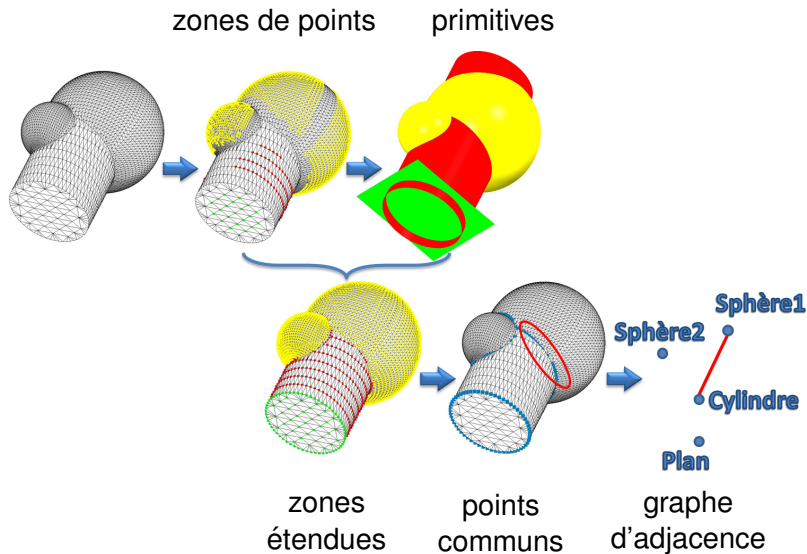




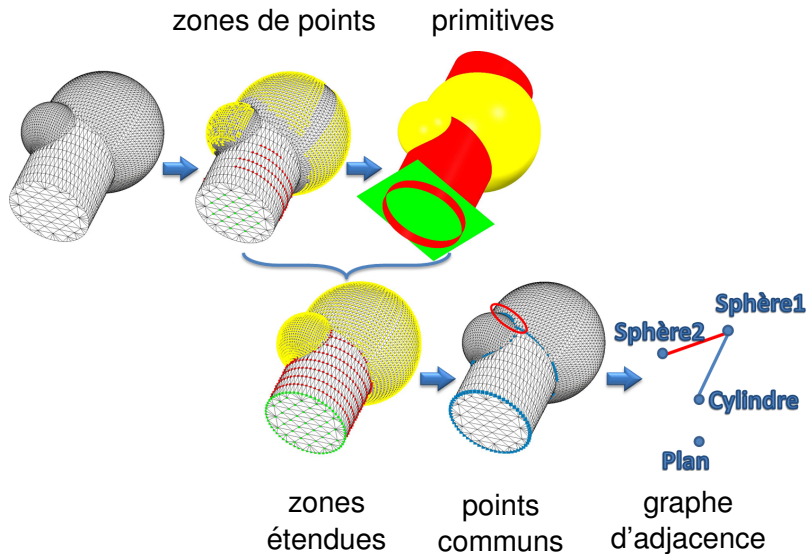
# Détermination du voisinage



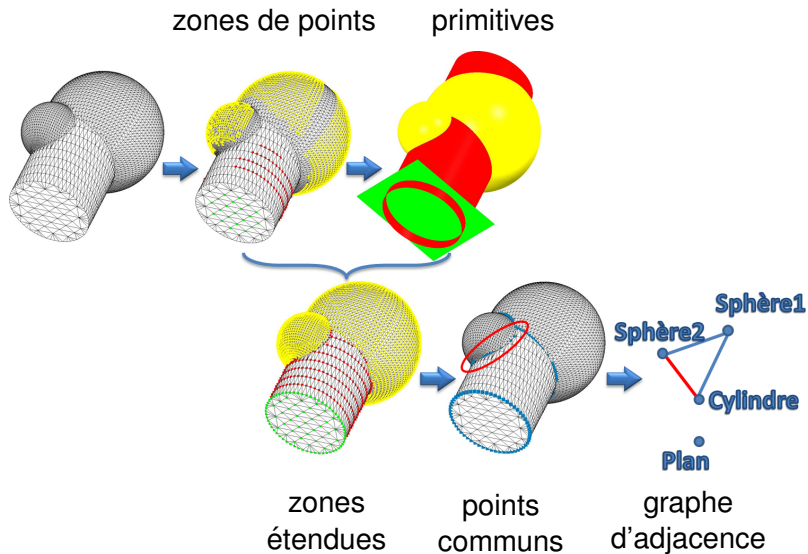
# Détermination du voisinage



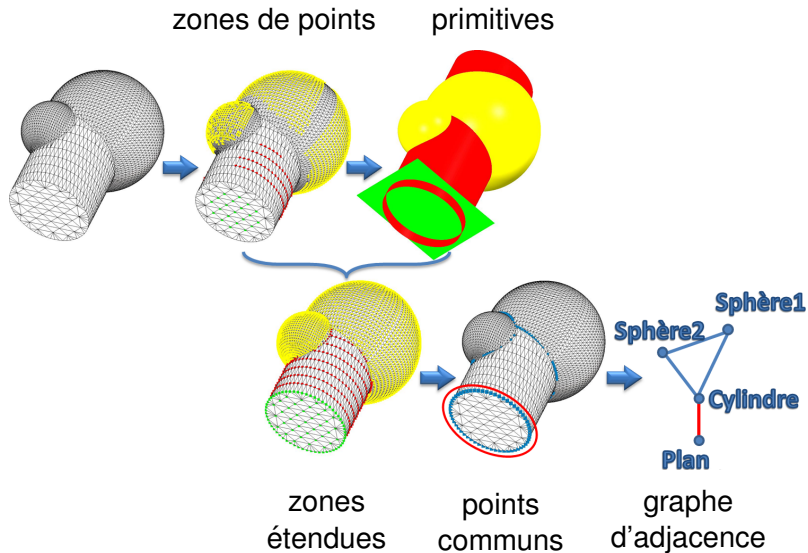
# Détermination du voisinage



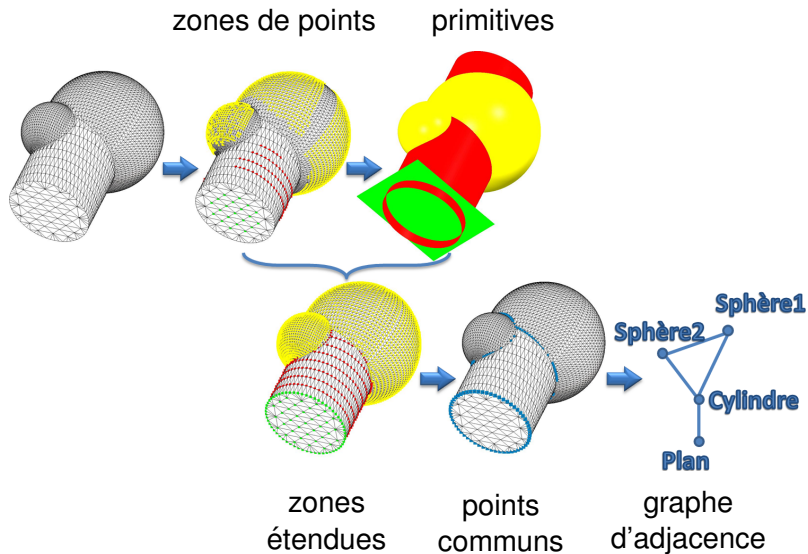
# Détermination du voisinage



# Détermination du voisinage

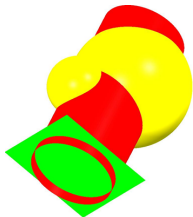


# Détermination du voisinage



# Calcul des intersections valides

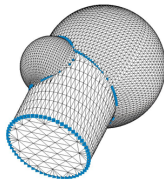
primitives



graphe d'adjacence

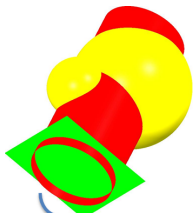


points communs



# Calcul des intersections valides

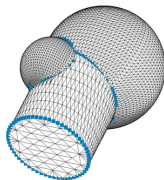
primitives



graphe d'adjacence



points communs

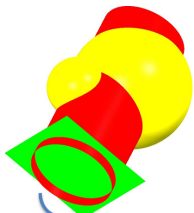


intersections



# Calcul des intersections valides

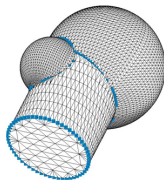
primitives



graphe d'adjacence



points communs

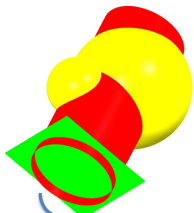


intersections

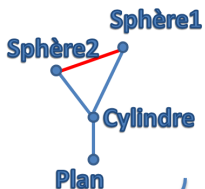


# Calcul des intersections valides

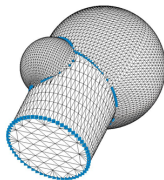
primitives



graphe d'adjacence



points communs

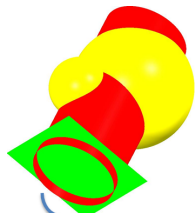


intersections



# Calcul des intersections valides

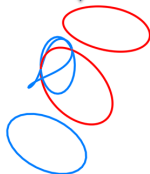
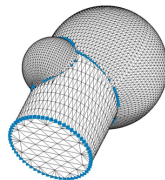
primitives



graphe d'adjacence



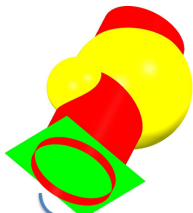
points communs



intersections

# Calcul des intersections valides

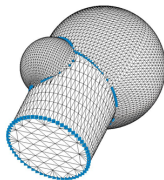
primitives



graphe d'adjacence



points communs

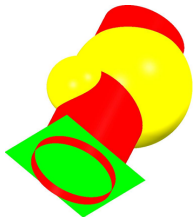


intersections

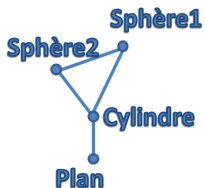


# Calcul des intersections valides

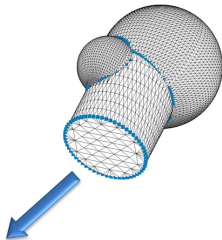
primitives



graphe d'adjacence



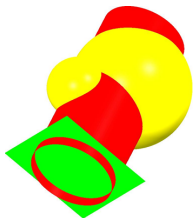
points communs



intersections valides

# Calcul des intersections valides

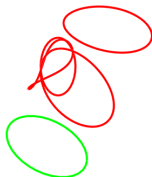
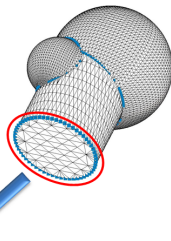
primitives



graphe d'adjacence



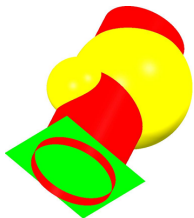
points communs



intersections valides

# Calcul des intersections valides

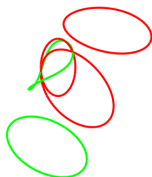
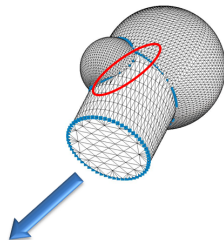
primitives



graphe d'adjacence



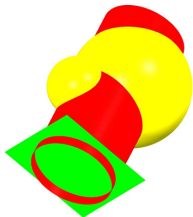
points communs



intersections valides

# Calcul des intersections valides

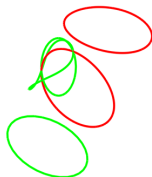
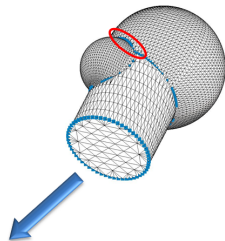
primitives



graphe d'adjacence



points communs

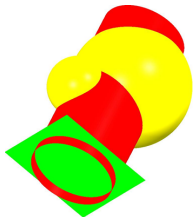


intersections valides



# Calcul des intersections valides

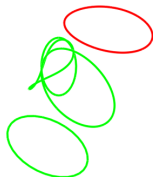
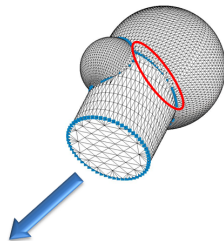
primitives



graphe d'adjacence

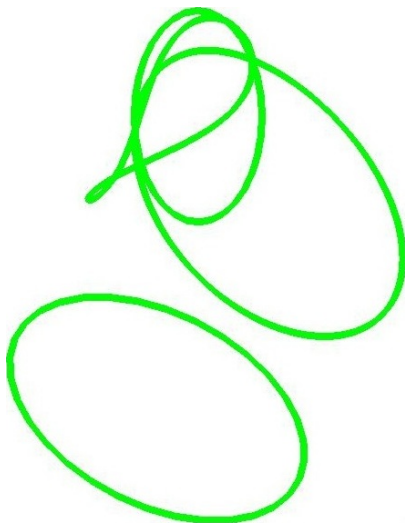


points communs



intersections valides

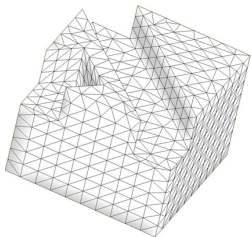
# Calcul des intersections pertinentes



# Décomposition des intersections en *edges*

Grâce aux étapes précédentes :

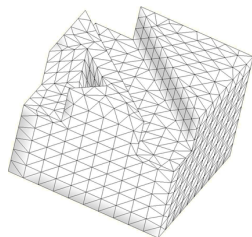
maillage



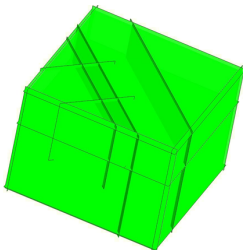
# Décomposition des intersections en *edges*

Grâce aux étapes précédentes :

maillage



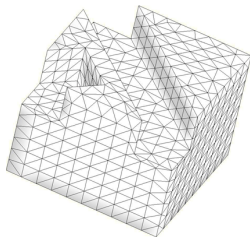
primitives



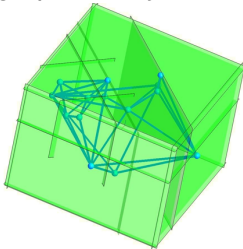
# Décomposition des intersections en *edges*

Grâce aux étapes précédentes :

maillage



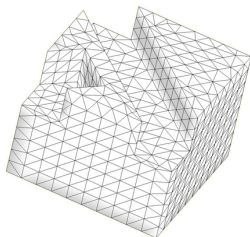
primitives  
+ graphe d'adjacence



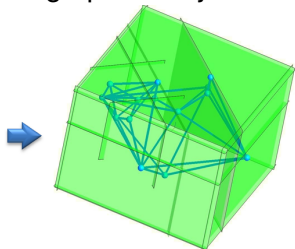
# Décomposition des intersections en *edges*

Grâce aux étapes précédentes :

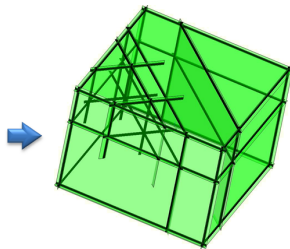
maillage



primitives  
+ graphe d'adjacence



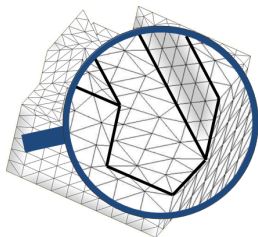
intersections  
valides



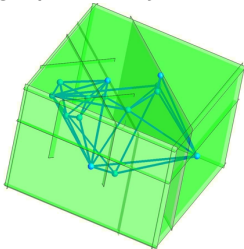
# Décomposition des intersections en *edges*

Grâce aux étapes précédentes :

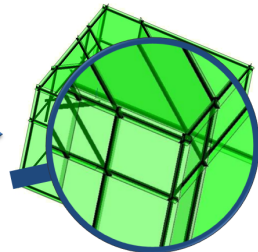
maillage



primitives  
+ graphe d'adjacence



intersections  
valides

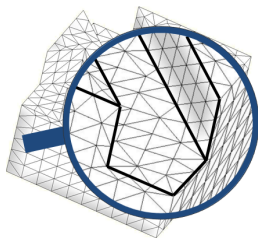


⇒ Découper les intersections

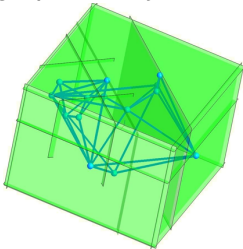
# Décomposition des intersections en *edges*

Grâce aux étapes précédentes :

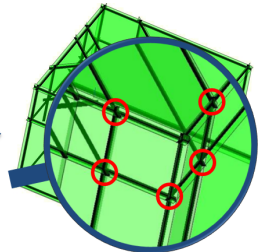
maillage



primitives  
+ graphe d'adjacence



intersections  
valides

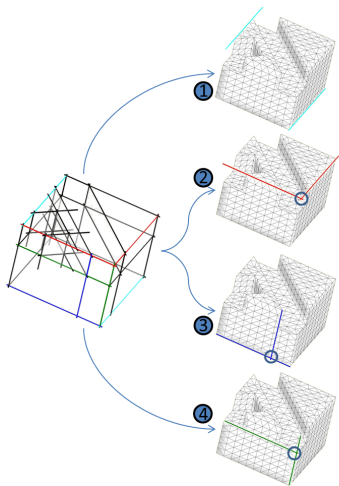


⇒ Découper les intersections

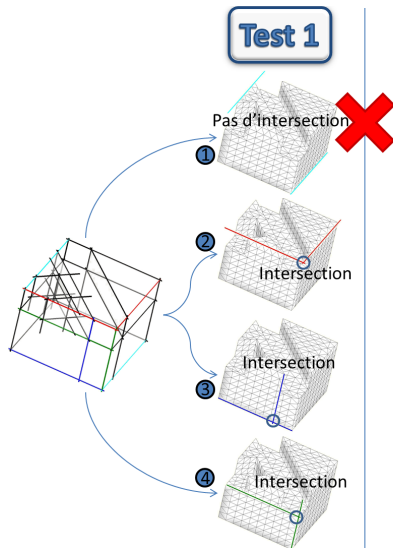
**JONCTIONS** ⇒ points vérifiant les 3 tests suivants



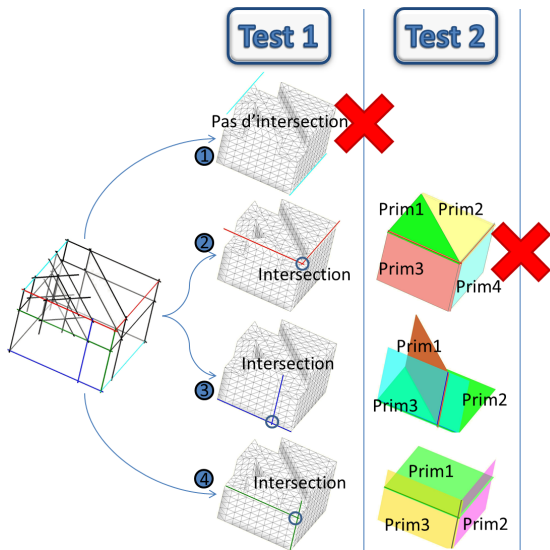
# Extraction des jonctions



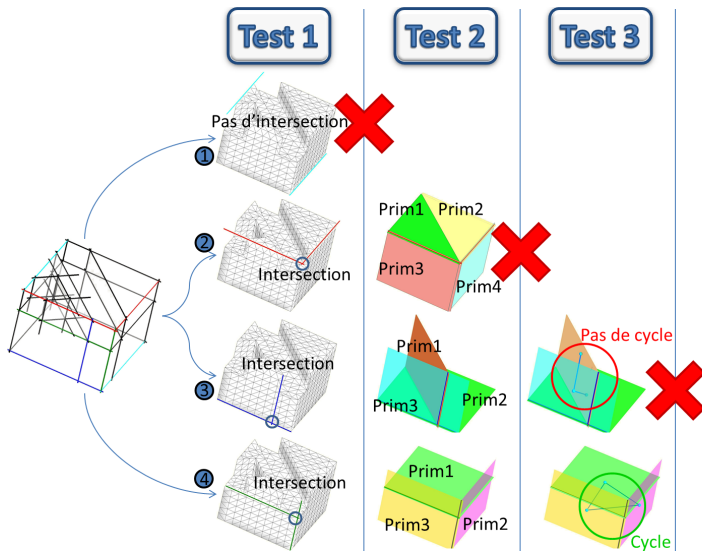
# Extraction des jonctions



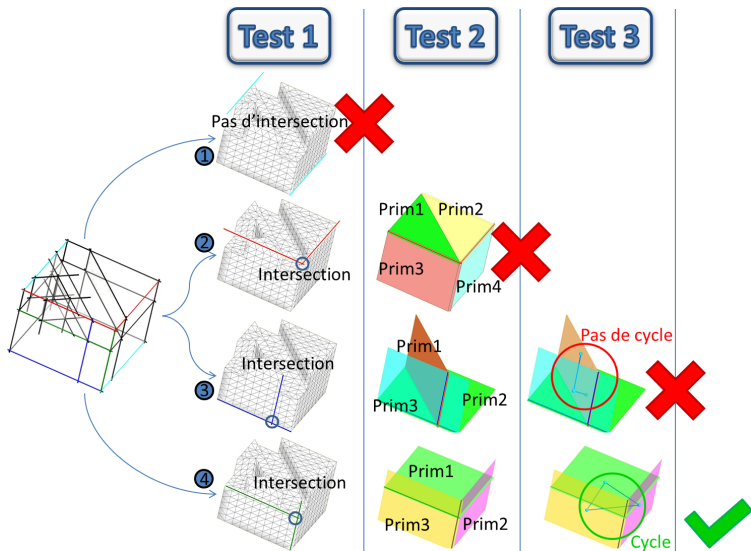
# Extraction des jonctions



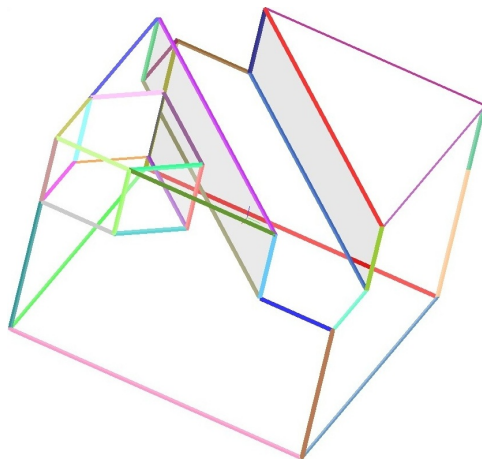
# Extraction des jonctions



# Extraction des jonctions

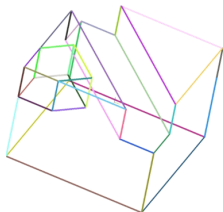


# Extraction des jonctions



# Algorithme de construction des contours

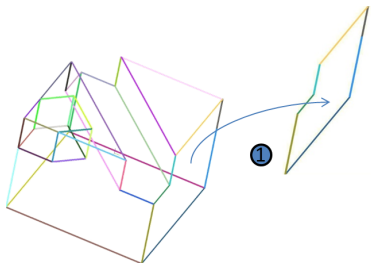
Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.



# Algorithme de construction des contours

Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.

- 1 Un seul chemin possible

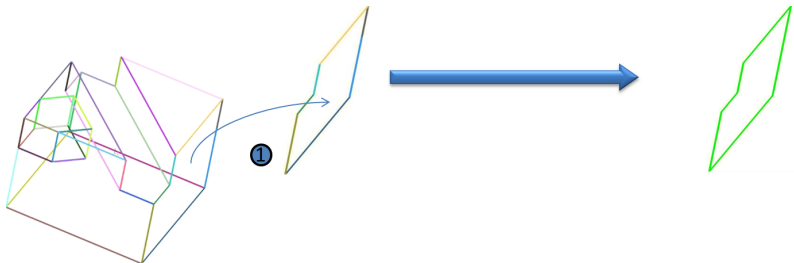




# Algorithme de construction des contours

Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.

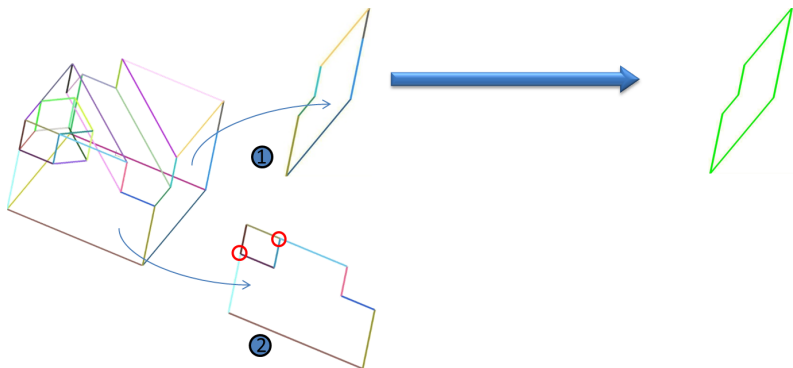
- 1 Un seul chemin possible  $\Rightarrow$  construction immédiate,



# Algorithme de construction des contours

Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.

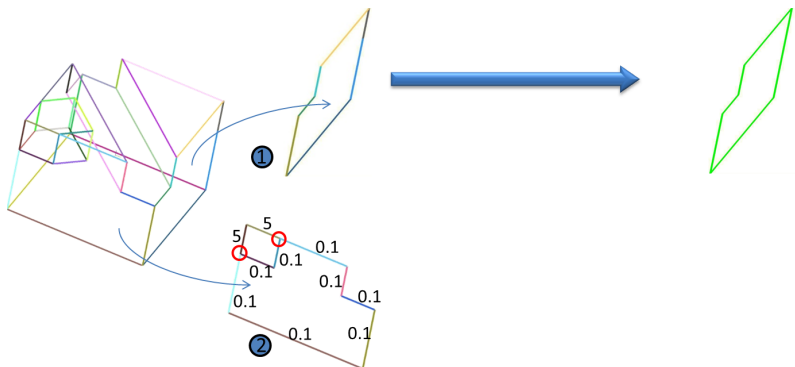
- 1 Un seul chemin possible  $\Rightarrow$  construction immédiate,
- 2 Plusieurs chemins



# Algorithme de construction des contours

Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.

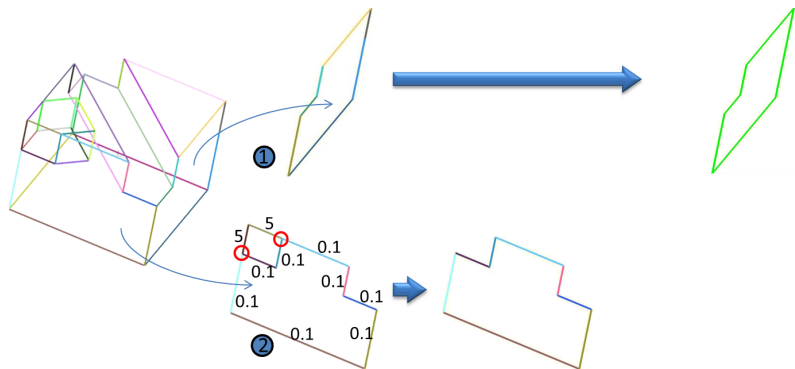
- ① Un seul chemin possible  $\Rightarrow$  construction immédiate,
- ② Plusieurs chemins  $\Rightarrow$  utilisation d'un score.



# Algorithme de construction des contours

Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.

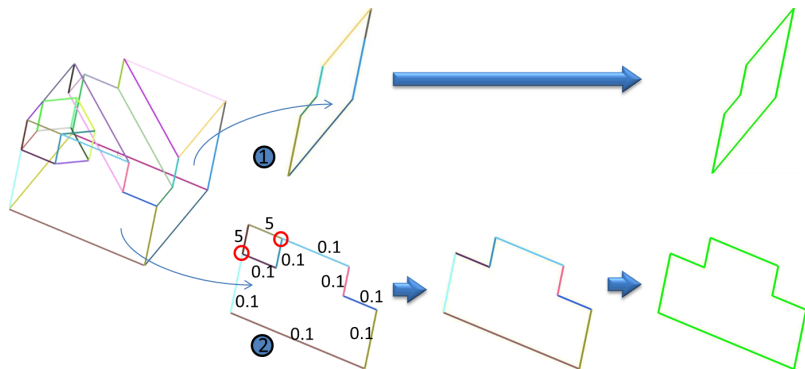
- ① Un seul chemin possible  $\Rightarrow$  construction immédiate,
- ② Plusieurs chemins  $\Rightarrow$  utilisation d'un score.



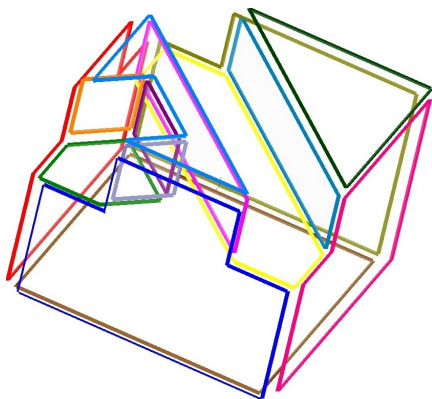
# Algorithme de construction des contours

Ensuite les *edges* sont regroupés en contours.

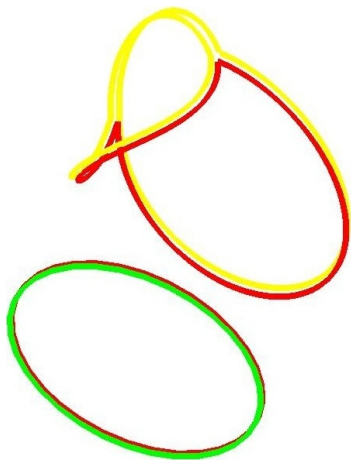
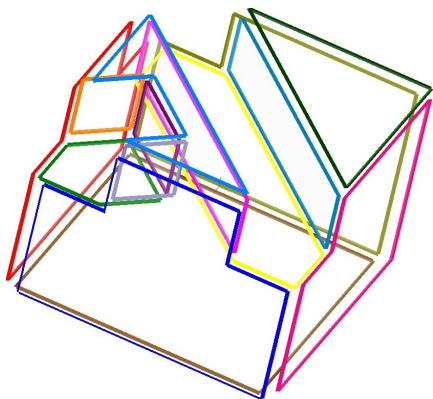
- ① Un seul chemin possible  $\Rightarrow$  construction immédiate,
- ② Plusieurs chemins  $\Rightarrow$  utilisation d'un score.



# Construction des contours

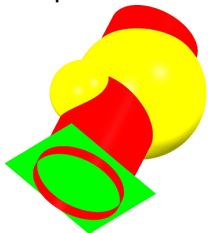


# Construction des contours



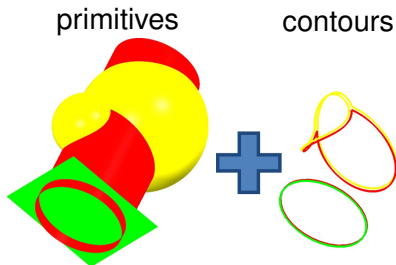
# Création du modèle B-Rep

primitives

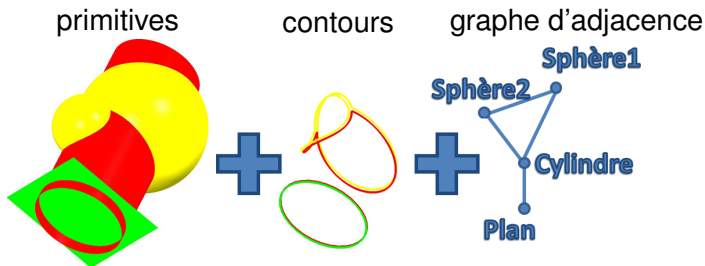




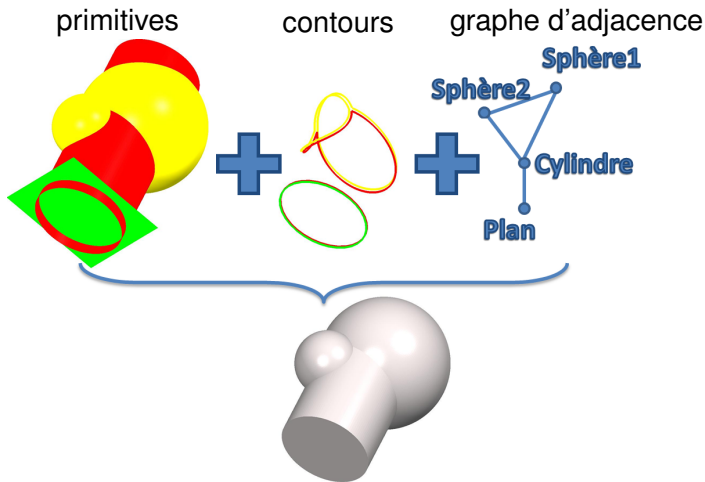
# Création du modèle B-Rep



# Création du modèle B-Rep

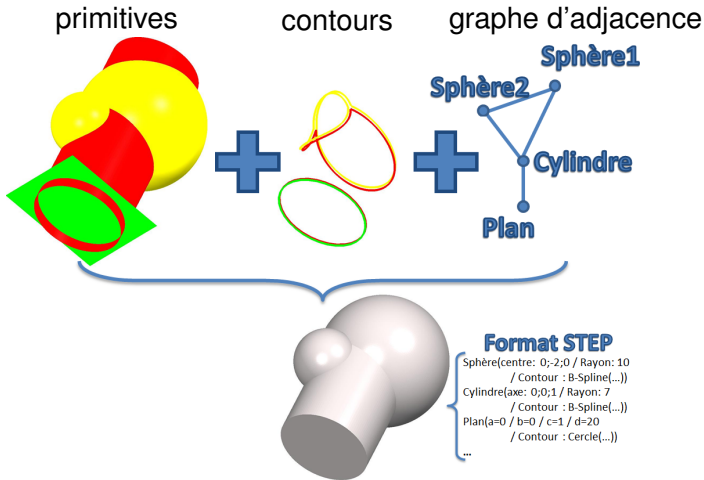


# Création du modèle B-Rep



modèle B-Rep [Bénière 12]

# Création du modèle B-Rep



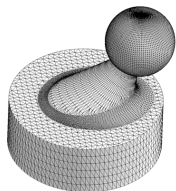
modèle B-Rep [Bénière 12]

# Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Extraction de primitives
- 3 Construction de la topologie
- 4 Surfaces paramétriques**
  - Pourquoi les surfaces paramétriques ?
  - Construction des surfaces paramétriques
  - Ajout des surfaces paramétriques au processus
- 5 Résultats
- 6 Conclusion

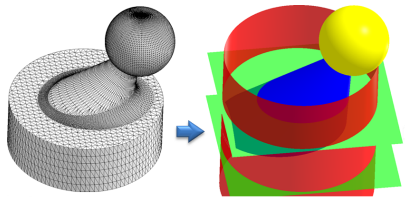
# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques



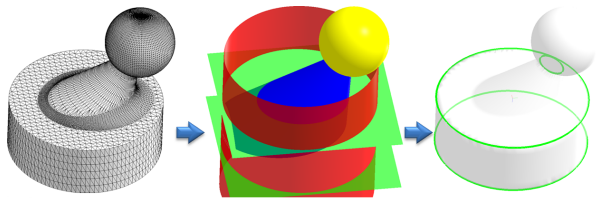
# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques



# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

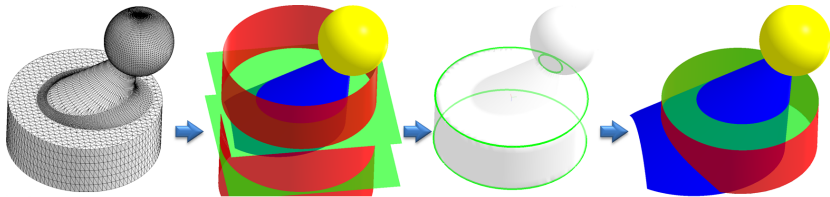
Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques  $\Rightarrow$  zones non converties et problèmes de construction des contours





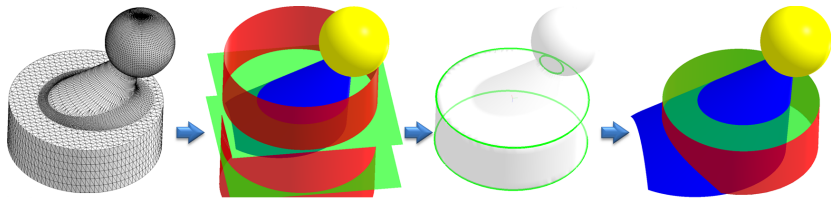
# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques  $\Rightarrow$  zones non converties et problèmes de construction des contours



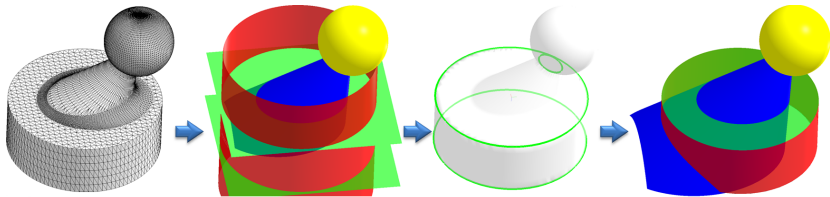
# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques  $\Rightarrow$  zones non converties et problèmes de construction des contours  $\Rightarrow$  **nouveaux types de primitives**



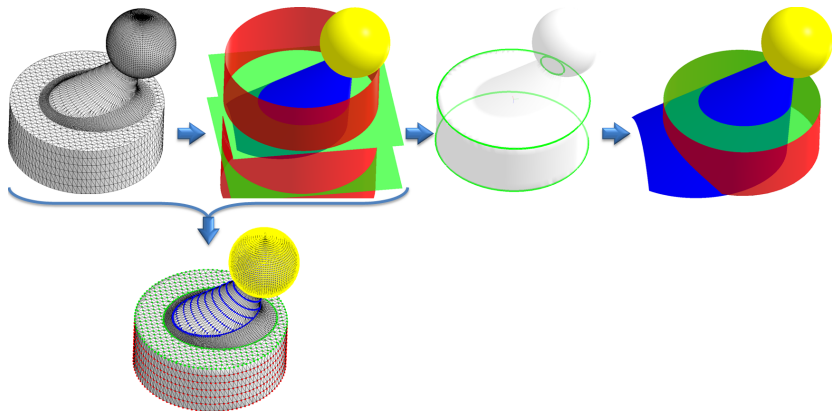
# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques  $\Rightarrow$  zones non converties et problèmes de construction des contours  $\Rightarrow$  nouveaux types de primitives ou utilisation de surfaces libres.



# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

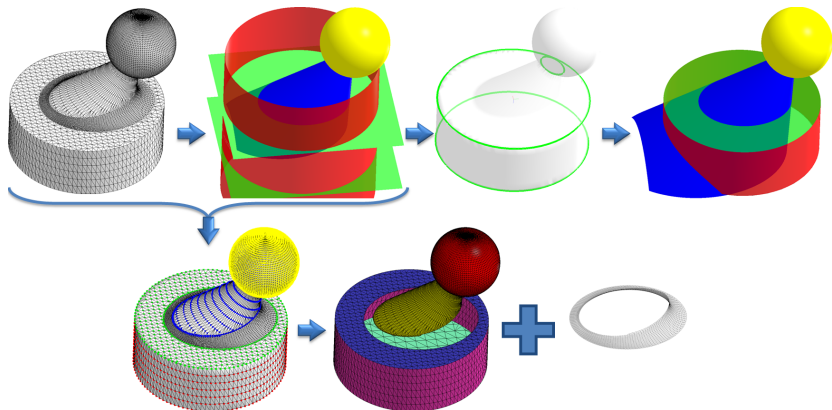
Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques  $\Rightarrow$  zones non converties et problèmes de construction des contours  $\Rightarrow$  nouveaux types de primitives ou utilisation de surfaces libres.



A partir des zones de points étendues

# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

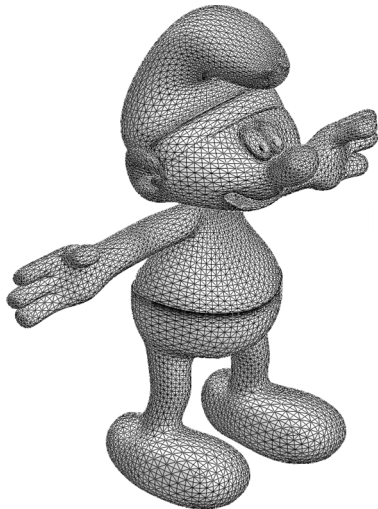
Objet CAO non constitué uniquement de primitives géométriques  $\Rightarrow$  zones non converties et problèmes de construction des contours  $\Rightarrow$  nouveaux types de primitives ou utilisation de surfaces libres.



A partir des zones de points étendues  $\Rightarrow$  Maillages restants.

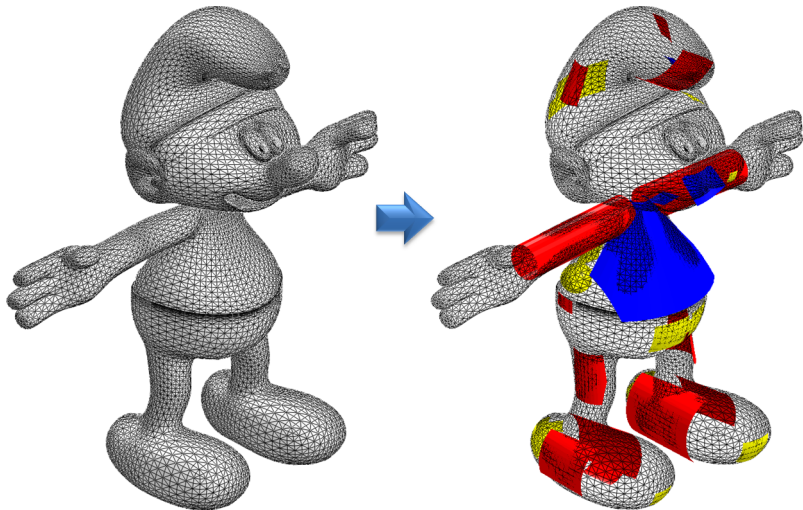
# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

Objet non constitué de primitives géométriques



# Pourquoi les surfaces paramétriques ?

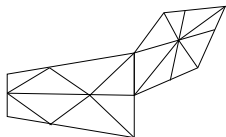
Objet non constitué de primitives géométriques  $\Rightarrow$  extraction de primitives non appropriée



# Construction des surfaces paramétriques

Construction de surfaces paramétriques [Eck 96]

⇒ Extraction de carreaux paramétriques.



Maillage initial

M. Eck et H. Hoppe, **Automatic reconstruction of B-spline surfaces of Arbitrary Topological Type**, 1996.



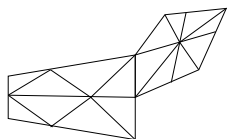
# Construction des surfaces paramétriques

Construction de surfaces paramétriques [Eck 96]

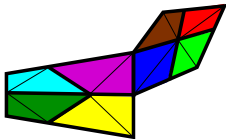
⇒ Extraction de carreaux paramétriques.

Contraintes :

- Carreaux = sommets du maillage + arêtes du maillage  
⇒ quadrangulation du maillage [Borouchaki 98]



Maillage initial



Etape 1

M. Eck et H. Hoppe, **Automatic reconstruction of B-spline surfaces of Arbitrary Topological Type**, 1996.

H. Borouchaki et P.J. Frey, **Adaptive triangular-quadrilateral mesh generation**, 1998.

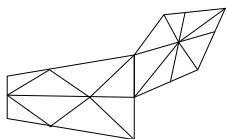
# Construction des surfaces paramétriques

Construction de surfaces paramétriques [Eck 96]

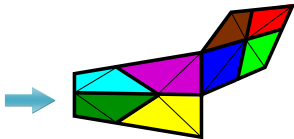
⇒ Extraction de carreaux paramétriques.

Contraintes :

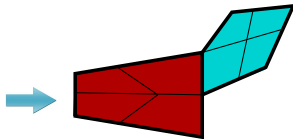
- Carreaux = sommets du maillage + arêtes du maillage  
⇒ quadrangulation du maillage [Borouchaki 98]
- Carreaux = même Nb Colonnes + même Nb Lignes  
⇒ décomposition en grilles rectangulaires régulières [Eppstein 08]



Maillage initial



Etape 1



Etape 2

M. Eck et H. Hoppe, **Automatic reconstruction of B-spline surfaces of Arbitrary Topological Type**, 1996.

H. Borouchaki et P.J. Frey, **Adaptive triangular-quadrilateral mesh generation**, 1998.

D. Eppstein, M.T. Goodrich, E. Kim et R. Tamstorf, **Motorcycle graphs : Canonical mesh partitioning**, 2008.

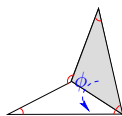
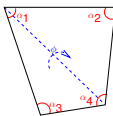
# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles

# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles  $\Rightarrow$  coefficient de qualité [Bénière 10]

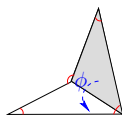
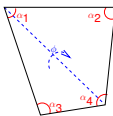
- Angle dièdre ( $\phi$ )
- Angles aux 4 coins ( $\alpha_j$ )



# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles  $\Rightarrow$  coefficient de qualité [Bénière 10]

- Angle dièdre ( $\phi$ )
- Angles aux 4 coins ( $\alpha_j$ )

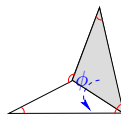
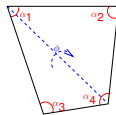


Puis construction itérative du maillage quadrangulaire :

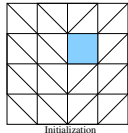
# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles  $\Rightarrow$  coefficient de qualité [Bénière 10]

- Angle dièdre ( $\phi$ )
- Angles aux 4 coins ( $\alpha_j$ )



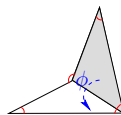
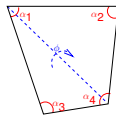
Puis construction itérative du maillage quadrangulaire :



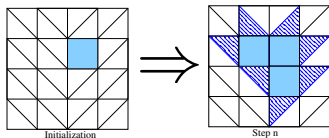
# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles  $\Rightarrow$  coefficient de qualité [Bénière 10]

- Angle dièdre ( $\phi$ )
- Angles aux 4 coins ( $\alpha_j$ )



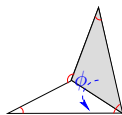
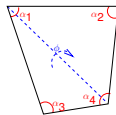
Puis construction itérative du maillage quadrangulaire :



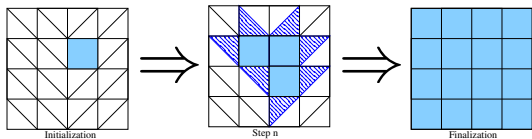
# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles  $\Rightarrow$  coefficient de qualité [Bénière 10]

- Angle dièdre ( $\phi$ )
- Angles aux 4 coins ( $\alpha_j$ )



Puis construction itérative du maillage quadrangulaire :

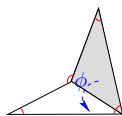
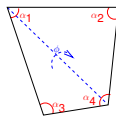




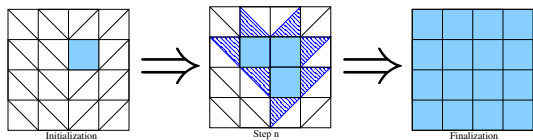
# Construction de maillages quadrangulaires

1 quadrangle = 2 triangles  $\Rightarrow$  coefficient de qualité [Bénière 10]


- Angle dièdre ( $\phi$ )
- Angles aux 4 coins ( $\alpha_j$ )




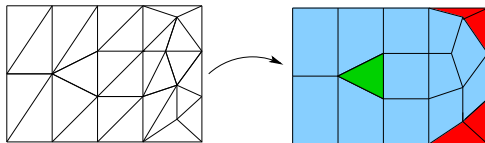
Puis construction itérative du maillage quadrangulaire :



Triangles restants :

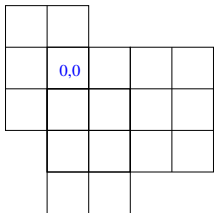
$\Rightarrow$   Triangles isolés

$\Rightarrow$   Mauvais quadrangles



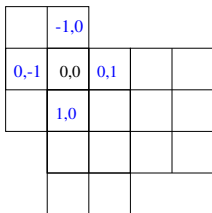
# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières



# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières



# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

-1,-1	-1,0			
0,-1	0,0	0,1	0,2	
1,-1	1,0	1,1		
	2,0			

# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

-1,-1	-1,0				
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3	
1,-1	1,0	1,1	1,2		
	2,0	2,1			
	3,0				

# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

-1,-1	-1,0			
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3
	2,0	2,1	2,2	
	3,0	3,1		

# Extraction de grilles rectangulaires régulières

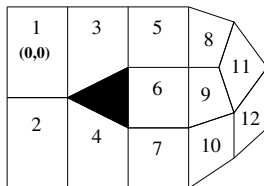
⇒ Extraction de grilles régulières

-1,-1	-1,0			
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3
	2,0	2,1	2,2	2,3
	3,0	3,1		

# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

-1,-1	-1,0				
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3	
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3	
	2,0	2,1	2,2	2,3	
	3,0	3,1			

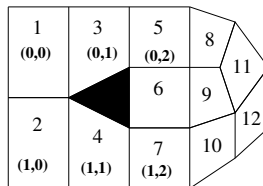




# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

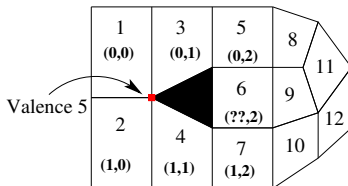
-1,-1	-1,0				
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3	
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3	
	2,0	2,1	2,2	2,3	
	3,0	3,1			



# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

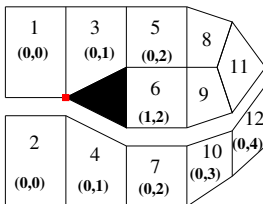
-1,-1	-1,0				
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3	
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3	
	2,0	2,1	2,2	2,3	
	3,0	3,1			



# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

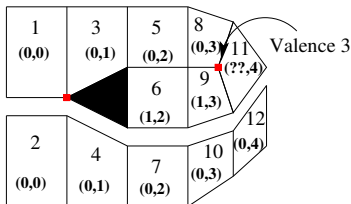
-1,-1	-1,0				
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3	
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3	
	2,0	2,1	2,2	2,3	
	3,0	3,1			



# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières

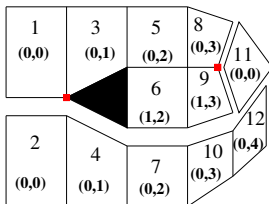
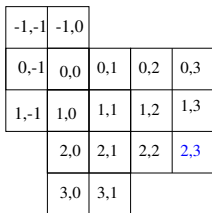
-1,-1	-1,0				
0,-1	0,0	0,1	0,2	0,3	
1,-1	1,0	1,1	1,2	1,3	
	2,0	2,1	2,2	2,3	
	3,0	3,1			





# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières



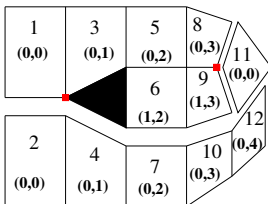
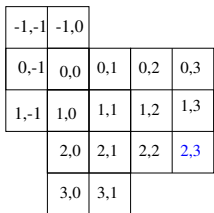
⇒ Décomposition en grilles rectangulaires régulières





# Extraction de grilles rectangulaires régulières

⇒ Extraction de grilles régulières



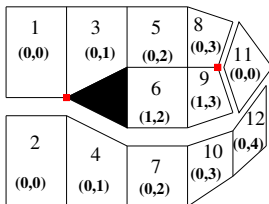
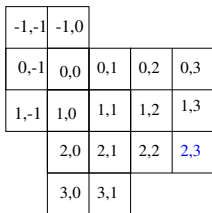
⇒ Décomposition en grilles rectangulaires régulières



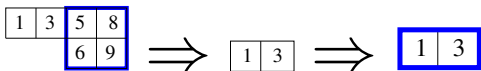


# Extraction de grilles rectangulaires régulières

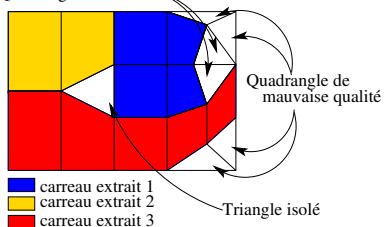
⇒ Extraction de grilles régulières



⇒ Décomposition en grilles rectangulaires régulières

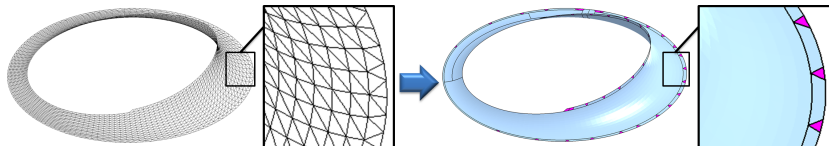


Quadrangle isolé



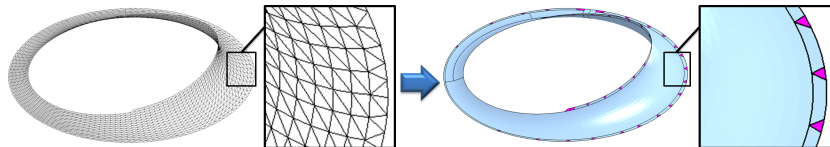
# Ajout des surfaces paramétriques au processus

Maillage restant  $\Rightarrow$  surfaces paramétriques restreintes

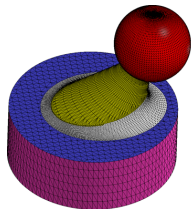


# Ajout des surfaces paramétriques au processus

Maillage restant  $\Rightarrow$  surfaces paramétriques restreintes

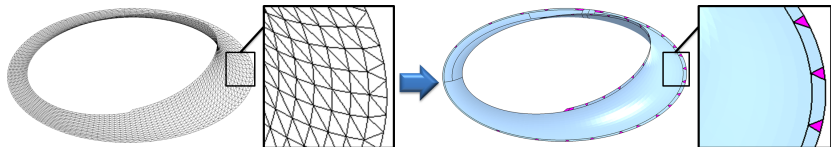


Restreindre les primitives voisines des surfaces paramétriques  
 $\Rightarrow$  utilisation des sous-maillages pour extraire des “contours discrets” et les coupler aux contours.

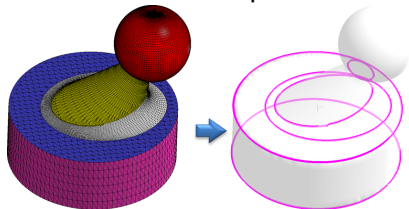


# Ajout des surfaces paramétriques au processus

Maillage restant  $\Rightarrow$  surfaces paramétriques restreintes

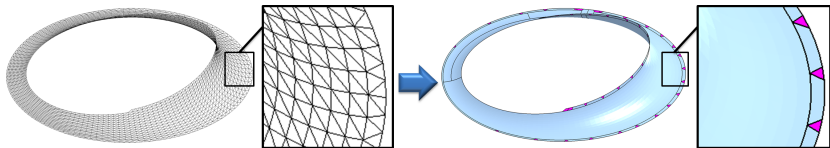


Restreindre les primitives voisines des surfaces paramétriques  
 $\Rightarrow$  utilisation des sous-maillages pour extraire des “contours discrets” et les coupler aux contours.

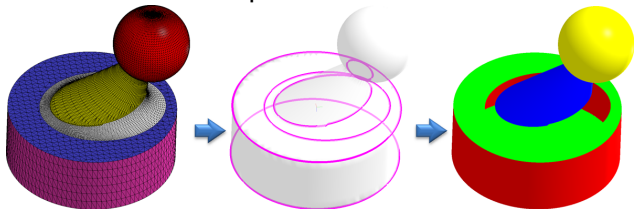


# Ajout des surfaces paramétriques au processus

Maillage restant  $\Rightarrow$  surfaces paramétriques restreintes

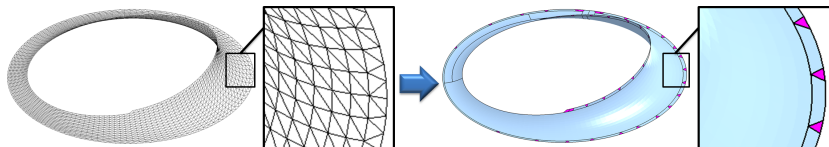


Restreindre les primitives voisines des surfaces paramétriques  
 $\Rightarrow$  utilisation des sous-maillages pour extraire des “contours discrets” et les coupler aux contours.

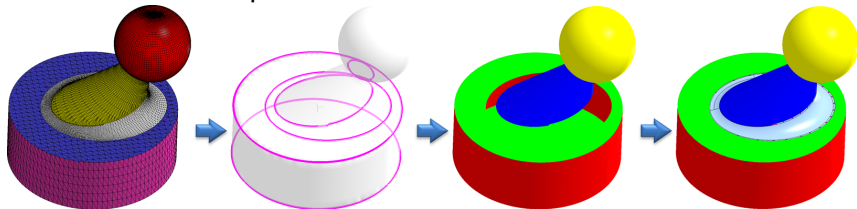


# Ajout des surfaces paramétriques au processus

Maillage restant  $\Rightarrow$  surfaces paramétriques restreintes



Restreindre les primitives voisines des surfaces paramétriques  
 $\Rightarrow$  utilisation des sous-maillages pour extraire des “contours discrets” et les coupler aux contours.

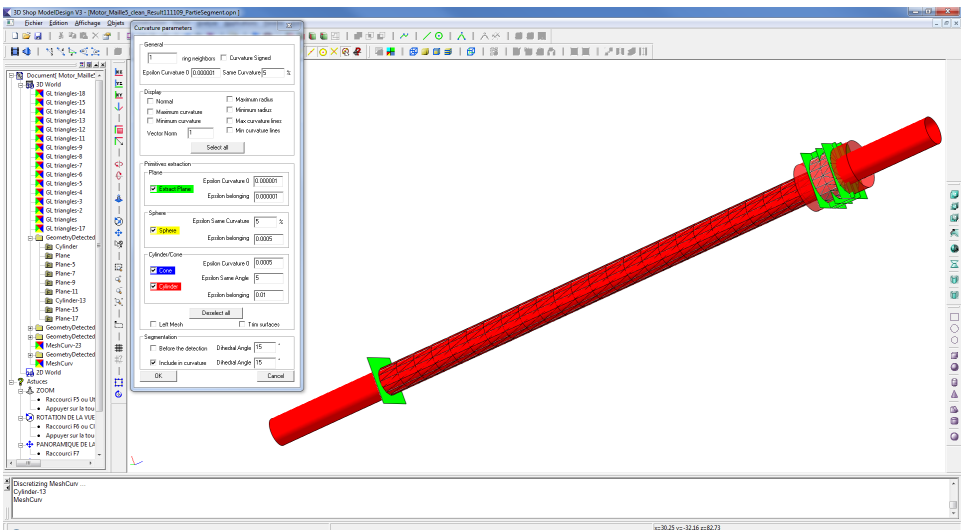


# Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Extraction de primitives
- 3 Construction de la topologie
- 4 Surfaces paramétriques
- 5 Résultats**
  - Maillages denses ou épars
  - Maillages réels
  - Maillages complexes
  - Maillages sans primitives
- 6 Conclusion

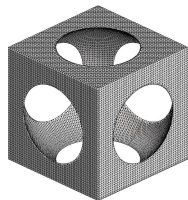
# Implémentation de la méthode

Intégration de la méthode dans le logiciel de C4W : *3D Shop*.

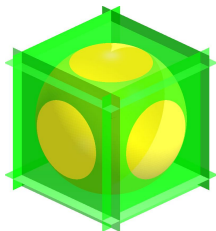




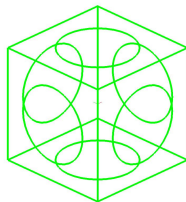
# Résultats sur des maillages denses ou épars



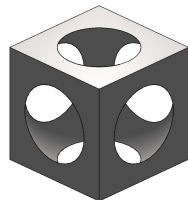
Maillage



Primitives



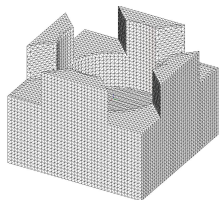
Contours



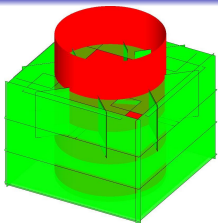
Modèle B-Rep

		Valeurs initiales	Valeurs retrouvées
Sphère	Centre (x ; y ; z)	0 ; 0 ; 0	0,000 ; 0,000 ; 0,001
	Rayon	6	5,999
Plan 1	Coeff(a ; b ; c ; d)	0 ; 0 ; 1 ; 5	0,000 ; 0,000 ; 1,000 ; 5,000
Plan 2	Coeff(a ; b ; c ; d)	0 ; 1 ; 0 ; 5	0,000 ; 1,000 ; 0,000 ; 5,000

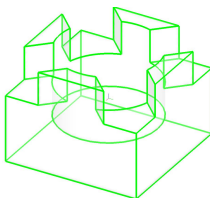
# Résultats sur des maillages denses ou épars



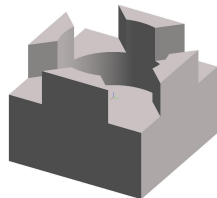
Maillage



Primitives

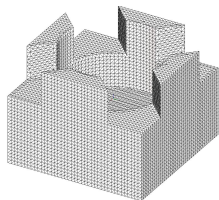


Contours

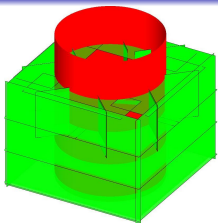


Modèle B-Rep

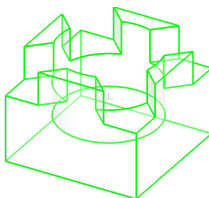
# Résultats sur des maillages denses ou épars



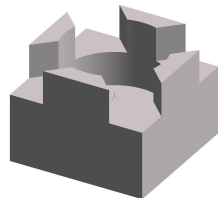
Maillage



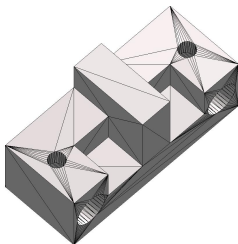
Primitives



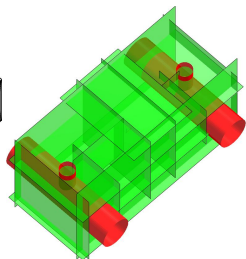
Contours



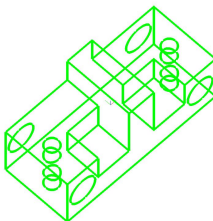
Modèle B-Rep



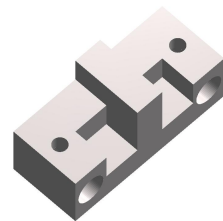
Maillage



Primitives

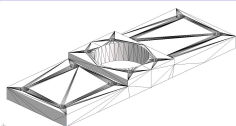


Contours

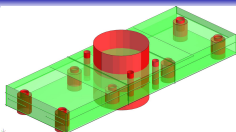


Modèle B-Rep

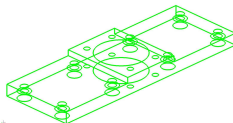
# Résultats sur des maillages réels



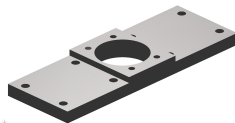
Maillage



Primitives



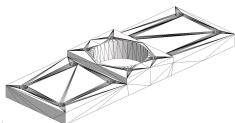
Contours



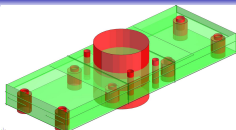
Modèle B-Rep

Nb Triangles	Nb Primitives	Temps
3 220	39	2 s

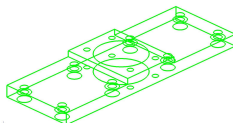
# Résultats sur des maillages réels



Maillage



Primitives

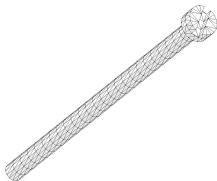


Contours

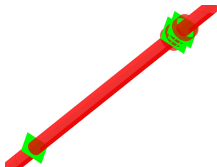


Modèle B-Rep

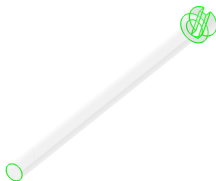
Nb Triangles	Nb Primitives	Temps
3 220	39	2 s



Maillage



Primitives



Contours



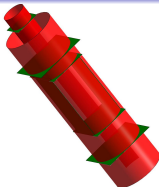
Modèle B-Rep

Nb Triangles	Nb Primitives	Temps
854	9	4 s

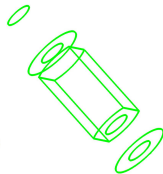
# Résultats sur des maillages réels



Maillage



Primitives



Contours

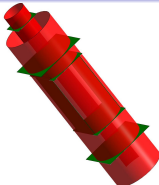


Modèle B-Rep

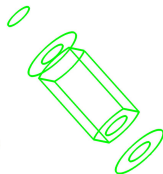
# Résultats sur des maillages réels



Maillage



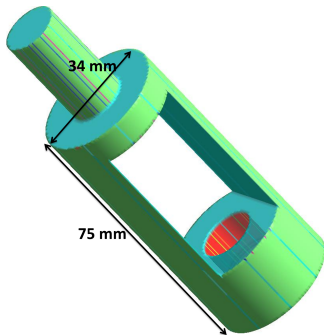
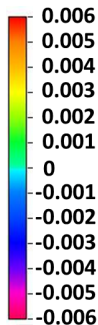
Primitives



Contours



Modèle B-Rep

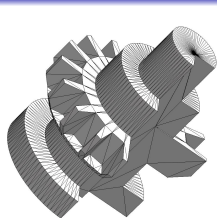


Nb Trian	Nb Prim	Temps
540	10	1 s

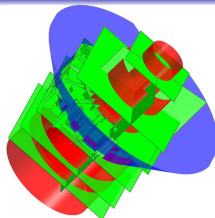
Distance entre le maillage et le B-Rep reconstruit (mm)

Min	Moyenne	Max
0,000	$\approx 1.10^{-10}$	0,052

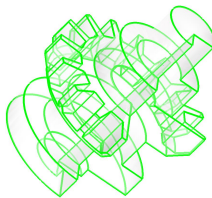
# Résultats sur des maillages complexes



Maillage



Primitives



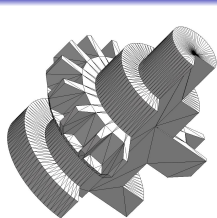
Contours



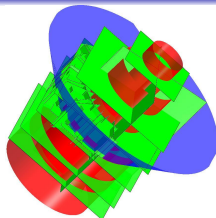
Modèle B-Rep



# Résultats sur des maillages complexes



Maillage



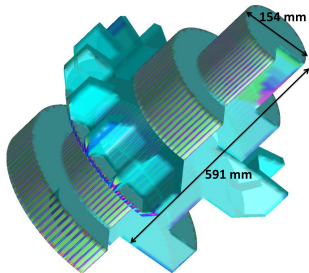
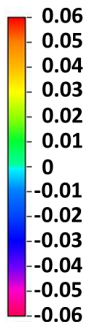
Primitives



Contours



Modèle B-Rep

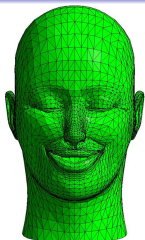


Nb Trian	Nb Prim	Temps
1 928	78	1 mn 32 s

Distance entre le maillage et le B-Rep reconstruit (mm)

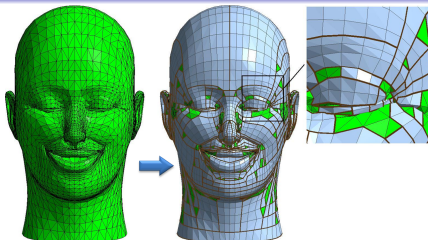
Min	Moyenne	Max
0,000	$\approx 1.10^{-7}$	0,275

# Résultats sur des maillages sans primitives



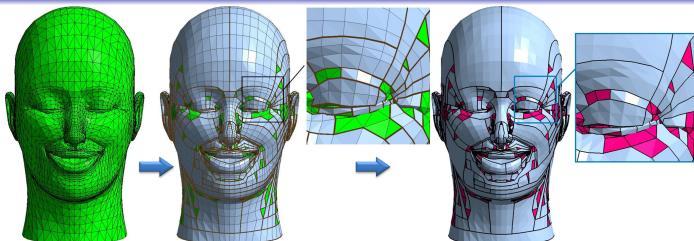
Maillage (5 590 trian)

# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)    Carreaux (335)

# Résultats sur des maillages sans primitives

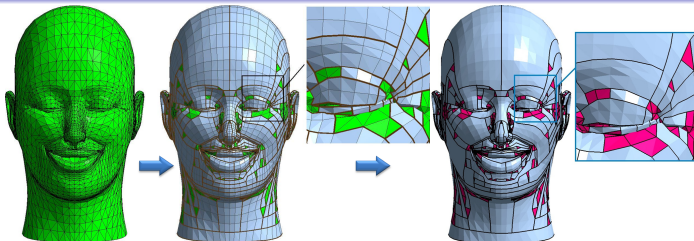


Maillage (5 590 trian)

Carreaux (335)

Surfaces

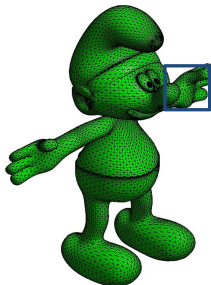
# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)

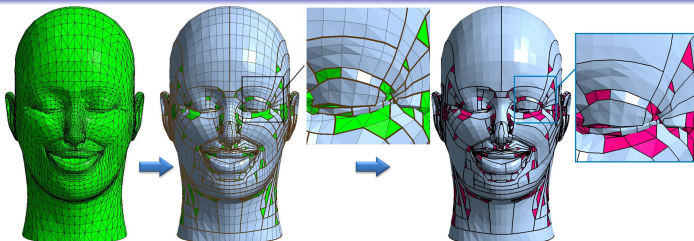
Carreaux (335)

Surfaces



Maillage (64 320 trian)

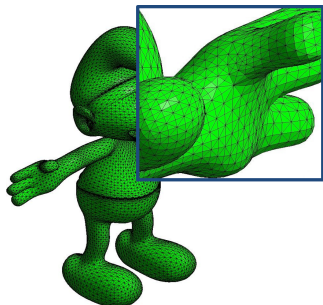
# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)

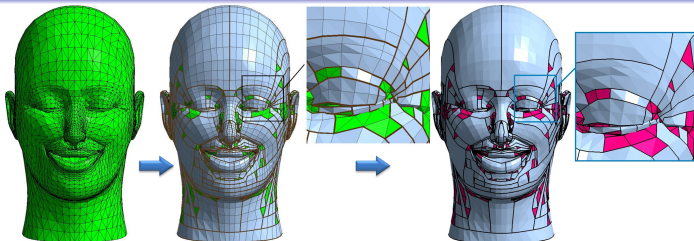
Carreaux (335)

Surfaces



Maillage (64 320 trian)

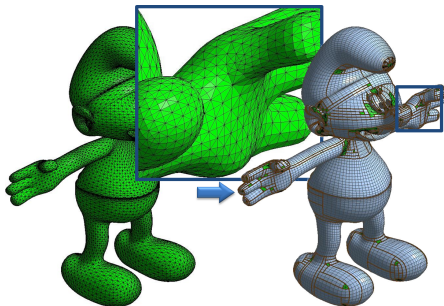
# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)

Carreaux (335)

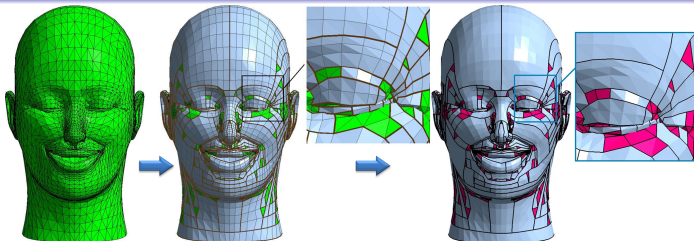
Surfaces



Maillage (64 320 trian)

Carreaux (931)

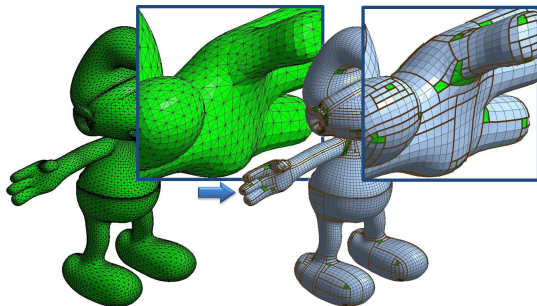
# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)

Carreaux (335)

Surfaces

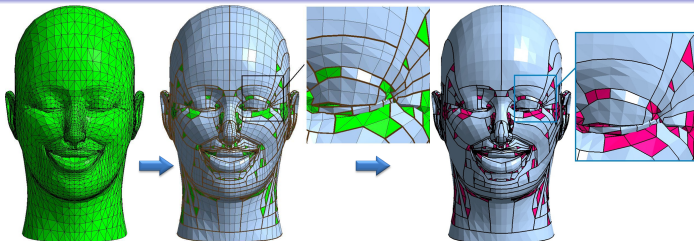


Maillage (64 320 trian)

Carreaux (931)



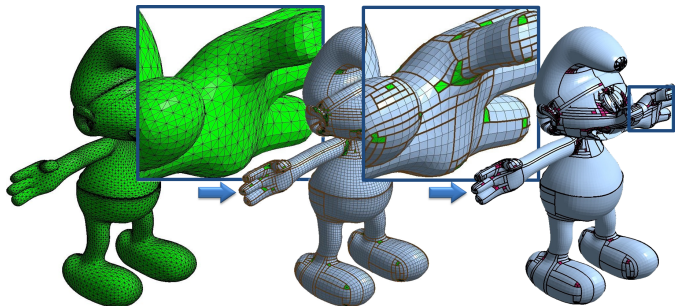
# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)

Carreaux (335)

Surfaces

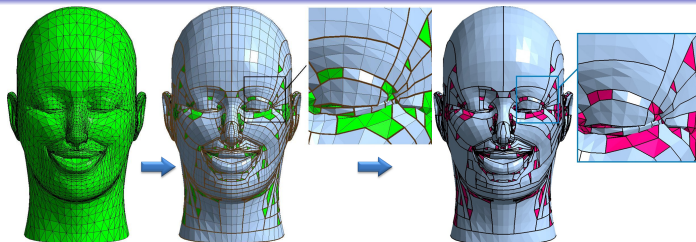


Maillage (64 320 trian)

Carreaux (931)

Surfaces

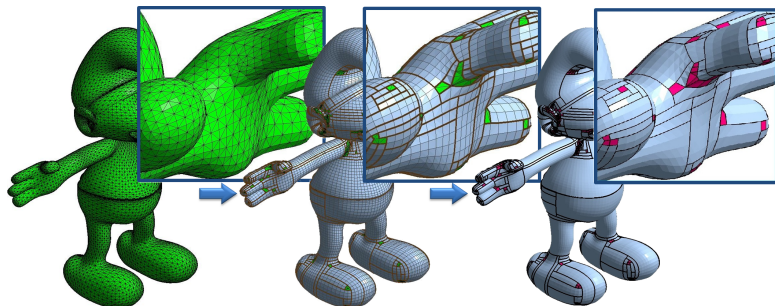
# Résultats sur des maillages sans primitives



Maillage (5 590 trian)

Carreaux (335)

Surfaces



Maillage (64 320 trian)

Carreaux (931)

Surfaces

# Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Extraction de primitives
- 3 Construction de la topologie
- 4 Surfaces paramétriques
- 5 Résultats
- 6 Conclusion**
  - Bilan de la méthode
  - Perspectives

# Conclusion

**Méthode complète** de reconstruction d'un modèle B-Rep à partir d'un maillage 3D :

# Conclusion

**Méthode complète** de reconstruction d'un modèle B-Rep à partir d'un maillage 3D :

- 1 Extraction des primitives géométriques
  - Définition de zones homogènes et identification  
⇒ **nouveau critère d'appartenance à un même cône**
  - Calcul des paramètres des primitives  
⇒ **amélioration du calcul des paramètres du cône**

# Conclusion

**Méthode complète** de reconstruction d'un modèle B-Rep à partir d'un maillage 3D :

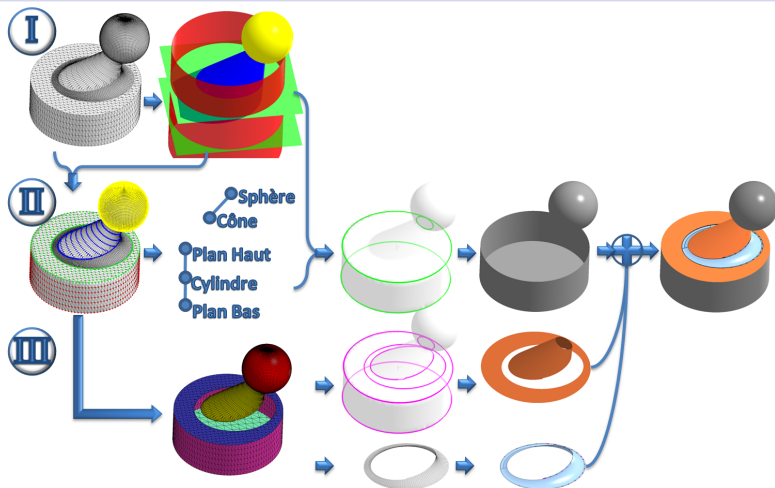
- 1 Extraction des primitives géométriques
  - Définition de zones homogènes et identification  
⇒ **nouveau critère d'appartenance à un même cône**
  - Calcul des paramètres des primitives  
⇒ **amélioration du calcul des paramètres du cône**
- 2 Construction de la topologie
  - Détermination du voisinage  
⇒ **nouveau formalisme**
  - Calcul des intersections et construction des contours  
⇒ **nouvel algorithme de construction**
  - Création du modèle B-Rep

# Conclusion

**Méthode complète** de reconstruction d'un modèle B-Rep à partir d'un maillage 3D :

- 1 Extraction des primitives géométriques
  - Définition de zones homogènes et identification  
⇒ **nouveau critère d'appartenance à un même cône**
  - Calcul des paramètres des primitives  
⇒ **amélioration du calcul des paramètres du cône**
- 2 Construction de la topologie
  - Détermination du voisinage  
⇒ **nouveau formalisme**
  - Calcul des intersections et construction des contours  
⇒ **nouvel algorithme de construction**
  - Création du modèle B-Rep
- 3 Finalisation par les surfaces paramétriques
  - Quadrangulation du maillage  
⇒ **nouveau critère de qualité**
  - Extraction de grilles rectangulaires régulières  
⇒ **nouvelle méthode d'extraction**

# Conclusion



## Extraction de primitives

## Surf libre

## Construction topologie

Zones homogènes

Identification

Calcul param

Surf libres

Voisinage

Contours

B-Rep

Notre approche

✓

✓

✓

✓

✓

✓

✓



# Perspectives

- Pré-segmentation avant le calcul de la courbure
- Détecter de nouvelles primitives (tore, surface réglée...)
- Optimiser la construction des contours en utilisant des algorithmes de la théorie des graphes
- Considérer les congés et les chanfreins comme des contours particuliers
- Calculer les intersections entre primitives et surfaces libres
- Traiter d'autres types de maillages : maillages scannés

# Publications

## REVUES INTERNATIONALES

- 1 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *A Comprehensive Process of Reverse Engineering from 3D Mesh to CAD Model*, *Computer Aided Design*, Soumis.

## REVUES NATIONALES

- 1 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *Décomposition d'un maillage triangulaire 3D en carreaux quadrangulés*, *Revue Electronique Francophone d'Informatique Graphique*, 5(1), pages 17–25, 2011.

## CONFERENCES INTERNATIONALES

- 1 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *Topology Reconstruction for B-Rep Modeling from 3D Mesh in Reverse Engineering Application*, *SPIE Electronic Imaging 2012, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 8290, 2012.
- 2 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *Topology Reconstruction for Reverse Engineering*, *Computer Graphics International*, Ottawa, 2011.
- 3 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *Recovering Primitives in 3D CAD meshes*, *SPIE Electronic Imaging 2011, 3D Imaging, Interaction and Measurement*, 7864, pages 0R–1–9, 2011.
- 4 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *Decomposition of a 3D Triangular Mesh into Quadrangulated Patches*, *International Conference on Computer Graphics Theory and Application (GRAPP 2010)*, pages 96–103, 2010.

## CONFERENCES NATIONALES

- 1 **R. Bénière**, G. Subsol, G. Gesquière, F. Le Breton et W. Puech, *Décomposition d'un maillage triangulaire 3D en carreaux quadrangulés*, *22ème Journées de l'Association Française d'Informatique Graphique*, page 133–140, 2009

# Merci de votre attention

## QUESTIONS ?

Site : [www.lirmm.fr/~beniere](http://www.lirmm.fr/~beniere)  
Mails : [roseline.beniere@lirmm.fr](mailto:roseline.beniere@lirmm.fr)  
[roseline.beniere@c4w.com](mailto:roseline.beniere@c4w.com)  
C4W site : [www.c4w.com](http://www.c4w.com)

