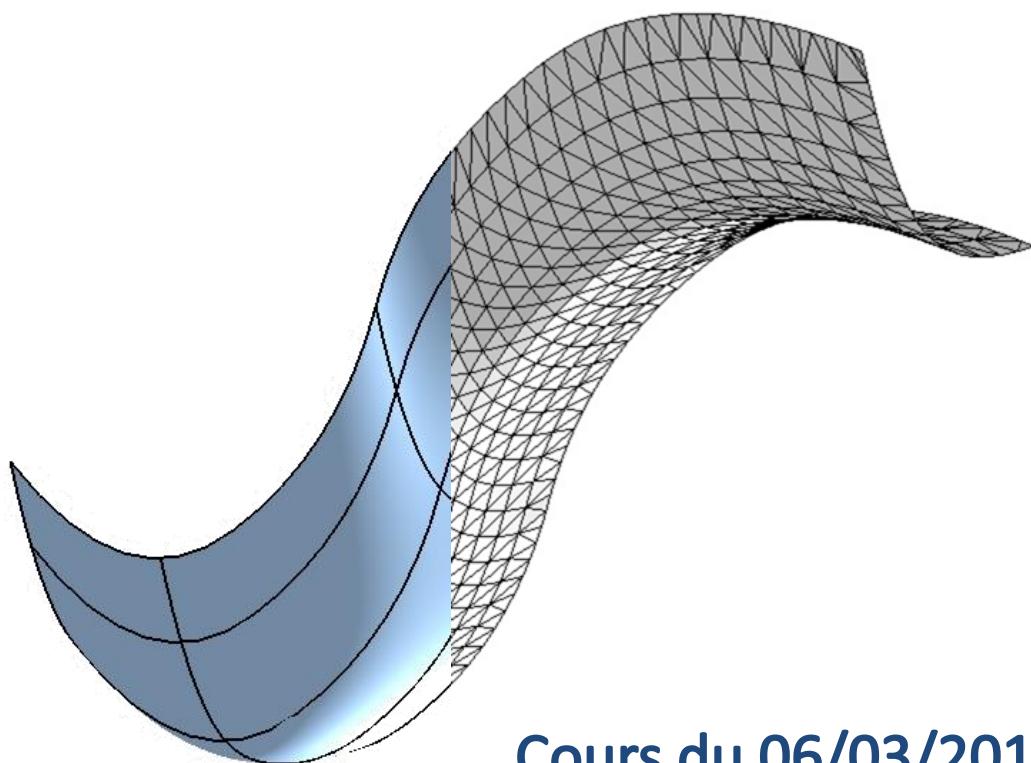


Modélisation et Programmation 3D

Maillage avancé



Cours du 06/03/2017

roseline.beniere@c4w.com / roseline.beniere@umontpellier.fr

Plan

- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d'un maillage
- Défauts dans les maillages

Plan

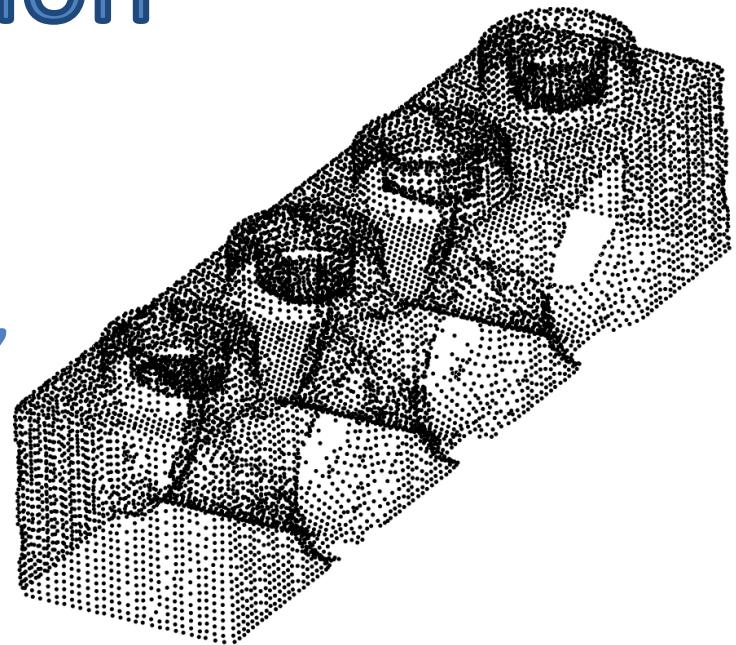
- **Introduction**
- **Discrétisation / Triangulation**
- **Maillage régulier ou semi-régulier**
- **Définition de la forme d'un maillage**
- **Défauts dans les maillages**

Introduction

- Création d'un maillage :
 - à partir d'un nuage de point en utilisant une triangulation,

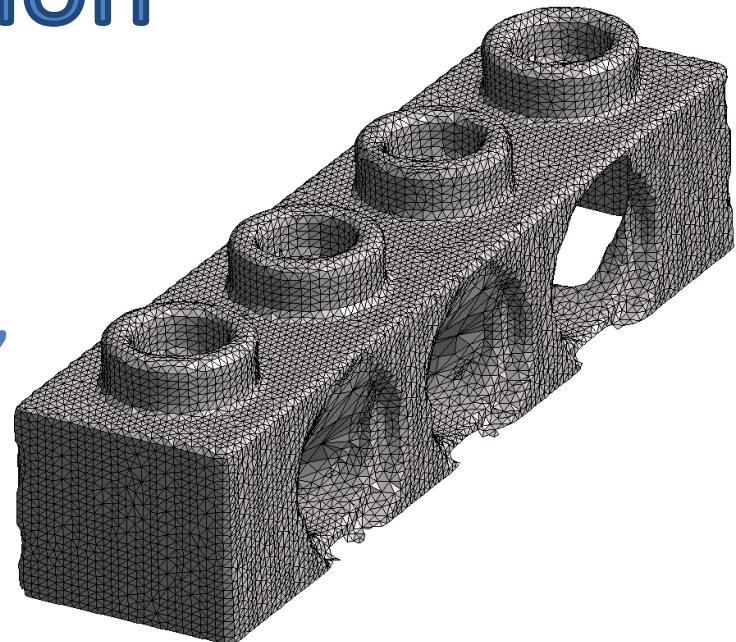
Introduction

- Création d'un maillage :
 - à partir d'un nuage de point en utilisant une triangulation,



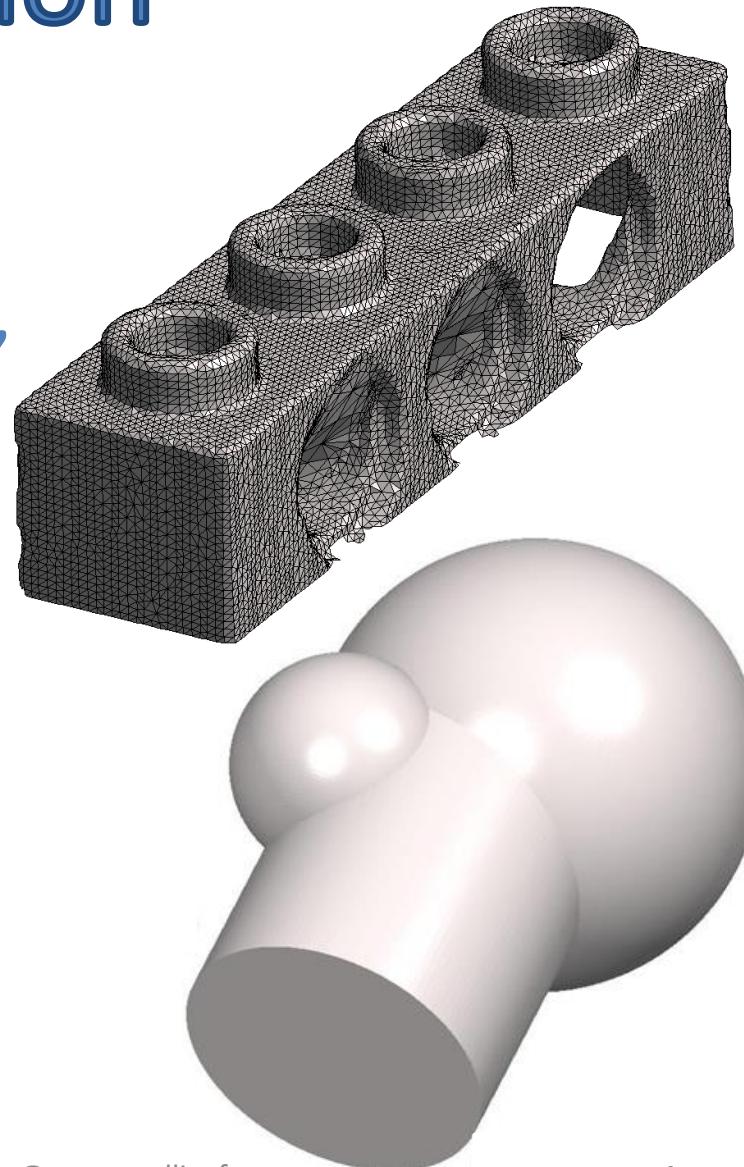
Introduction

- Création d'un maillage :
 - à partir d'un nuage de point en utilisant une triangulation,



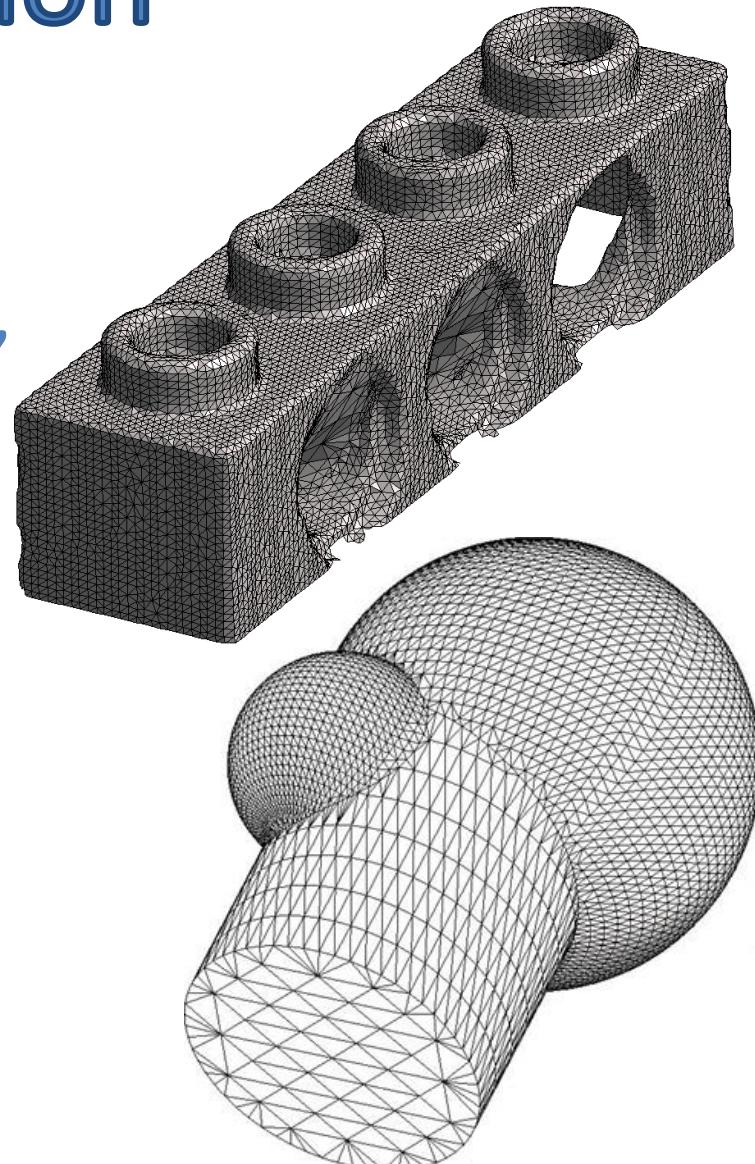
Introduction

- **Création d'un maillage :**
 - à partir d'un nuage de point en utilisant une triangulation,
 - à partir d'une surface continue en utilisant une discrétisation.



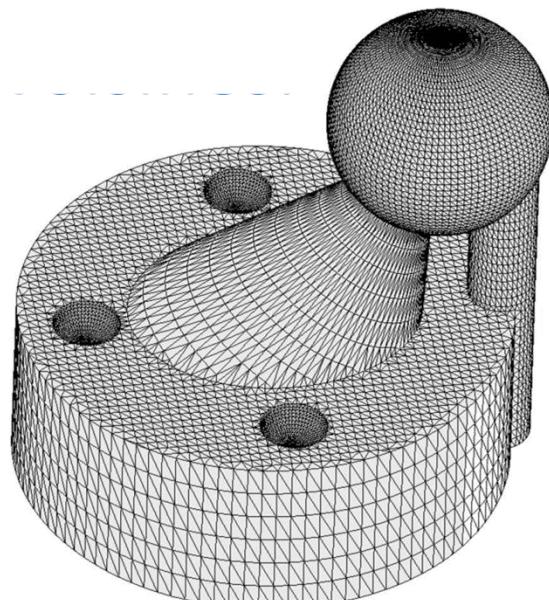
Introduction

- **Création d'un maillage :**
 - à partir d'un nuage de point en utilisant une triangulation,
 - à partir d'une surface continue en utilisant une discrétisation.



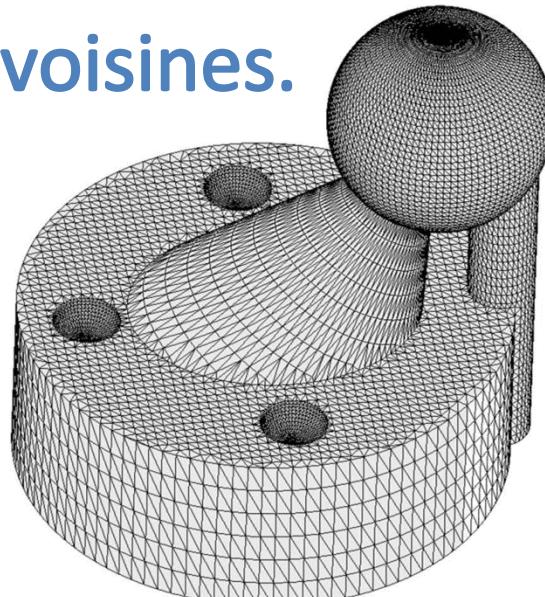
Introduction

- Selon l'utilisation que l'on souhaite faire des maillages il peut être primordial d'étudier la forme d'un maillage.



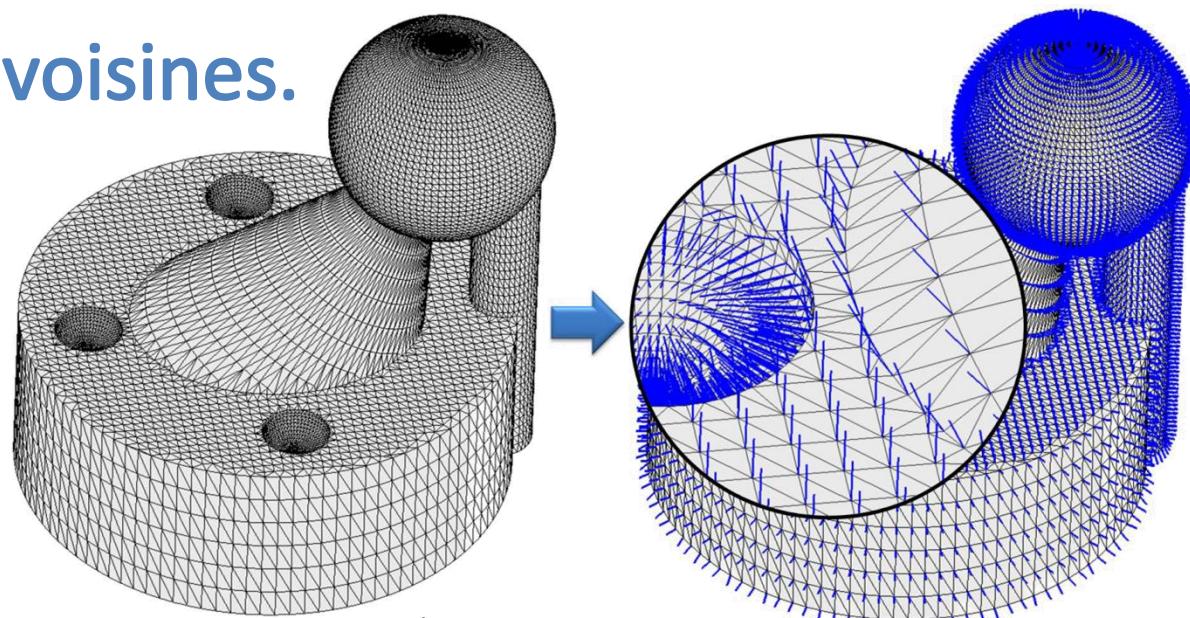
Introduction

- Selon l'utilisation que l'on souhaite faire des maillages il peut être primordial d'étudier la forme d'un maillage.
- Les informations de forme sont extraites le plus souvent d'une étude des variations des normales voisines.



Introduction

- Selon l'utilisation que l'on souhaite faire des maillages il peut être primordial d'étudier la forme d'un maillage.
- Les informations de forme sont extraites le plus souvent d'une étude des variations des normales voisines.

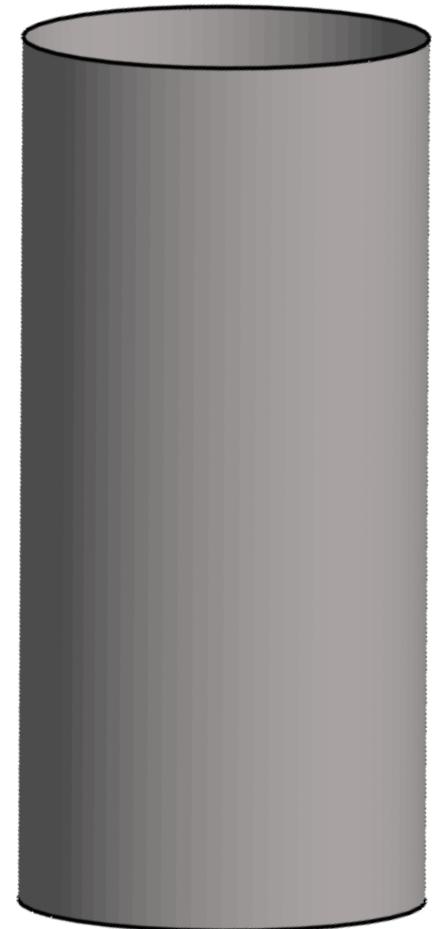


Plan

- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d'un maillage
- Défauts dans les maillages

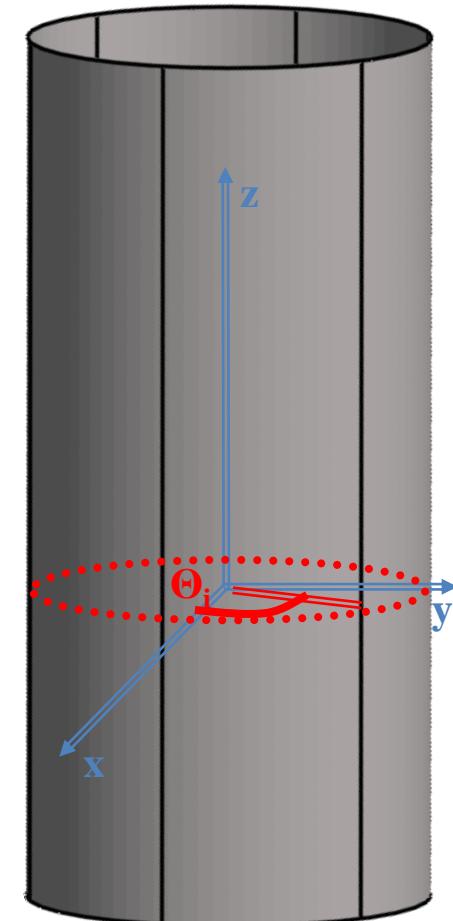
Discrétisation

- A partir d'objet simple, exemple du cas du cylindre :



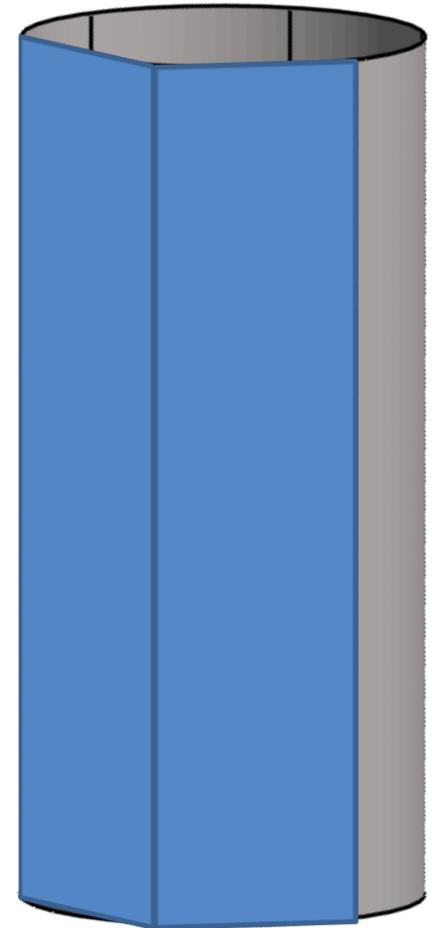
Discrétisation

- A partir d'objet simple, exemple du cas du cylindre :
 - des méridiens sont extraits autour du cylindre,



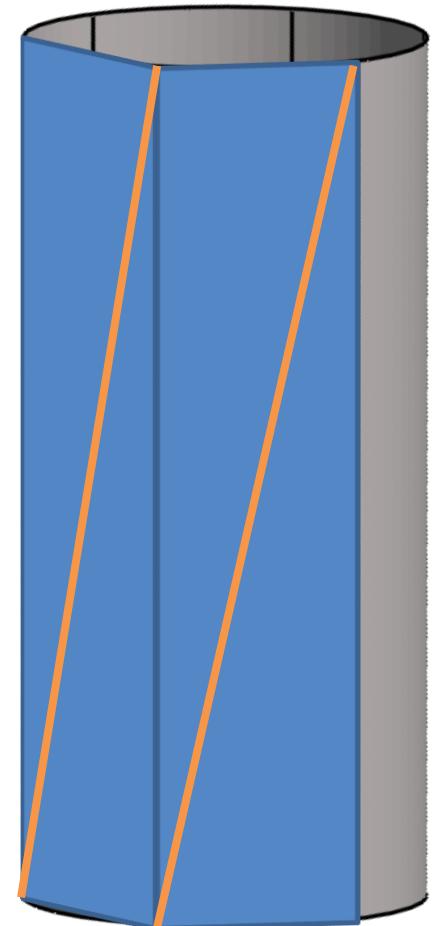
Discrétisation

- A partir d'objet simple, exemple du cas du cylindre :
 - des méridiens sont extraits autour du cylindre,
 - à partir des méridiens on calcule des facettes,



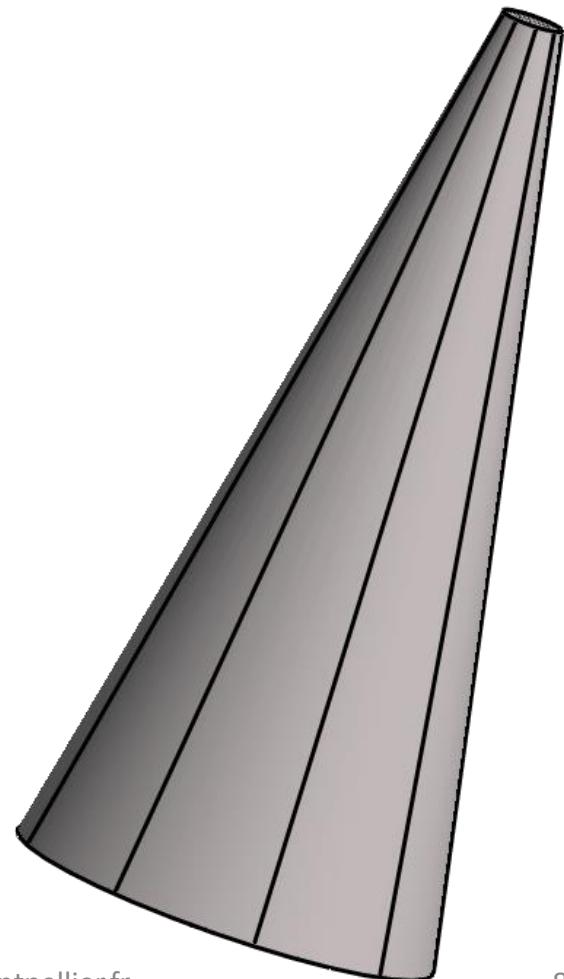
Discrétisation

- A partir d'objet simple, exemple du cas du cylindre :
 - des méridiens sont extraits autour du cylindre,
 - à partir des méridiens on calcule des facettes,
 - chaque facette est découpée en triangle en ajoutant une diagonale.



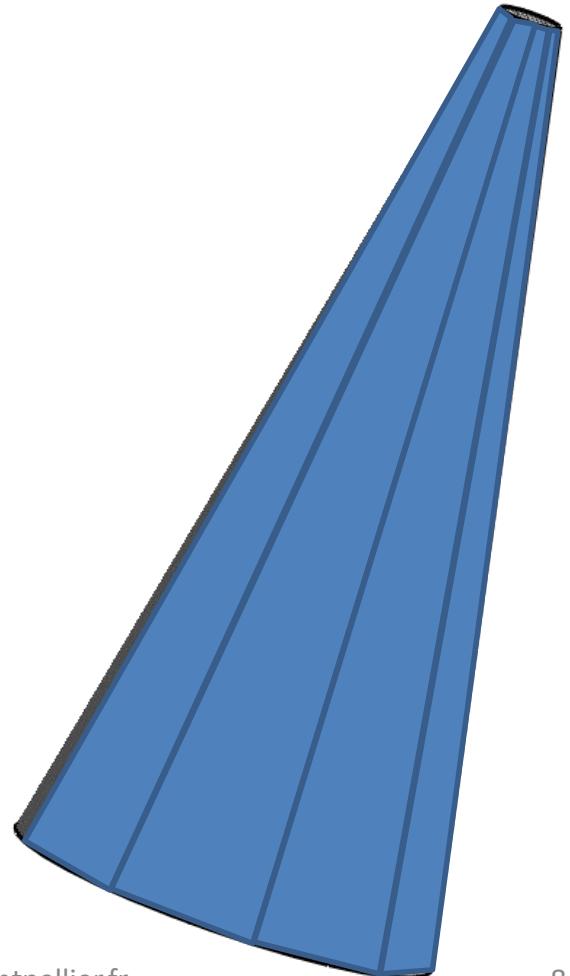
Discrétisation

- Idem pour le cône.



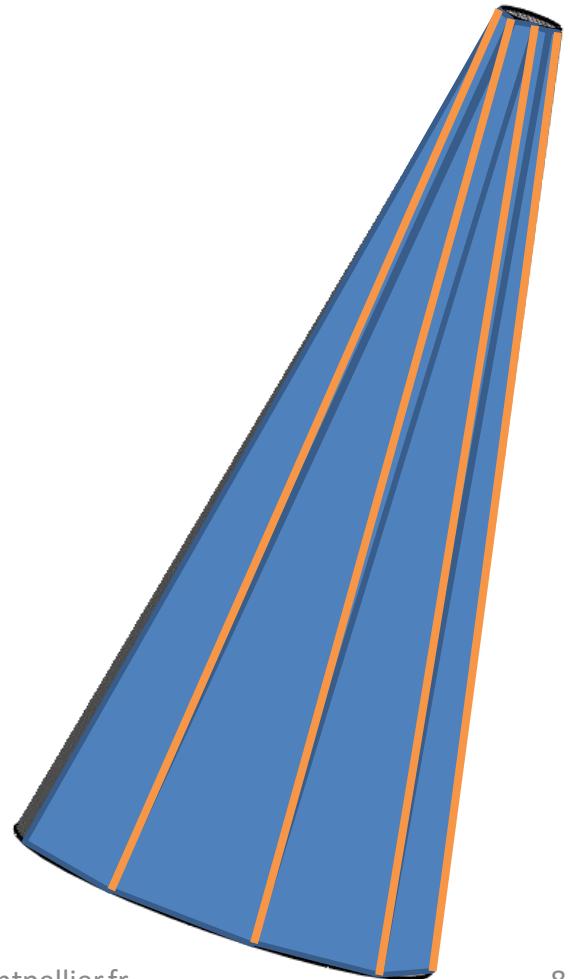
Discrétisation

- Idem pour le cône.



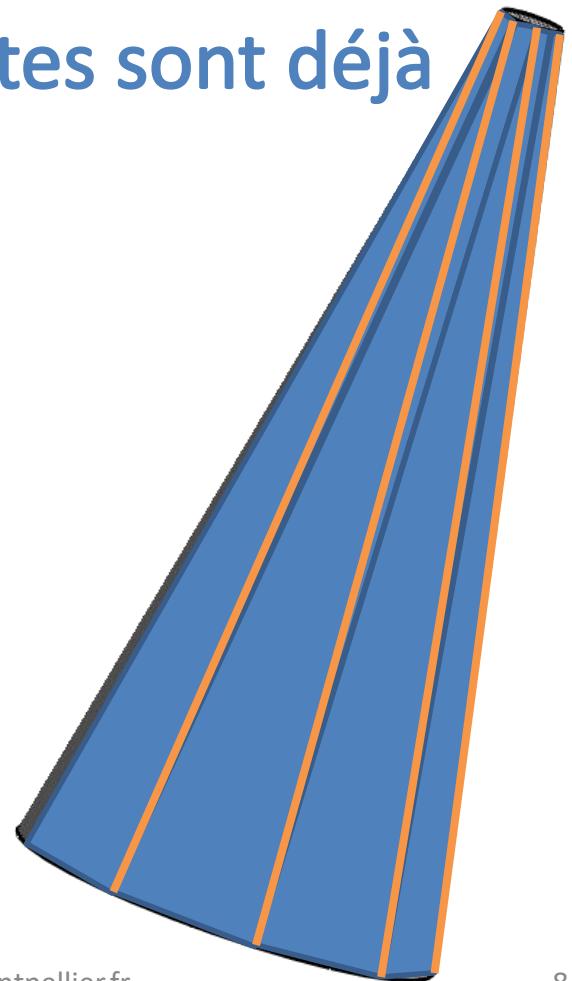
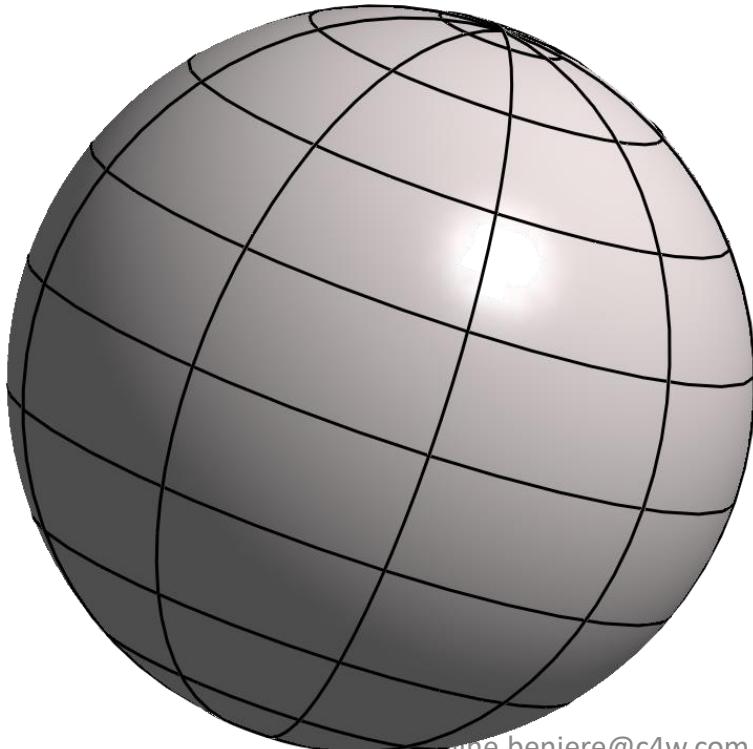
Discrétisation

- Idem pour le cône.



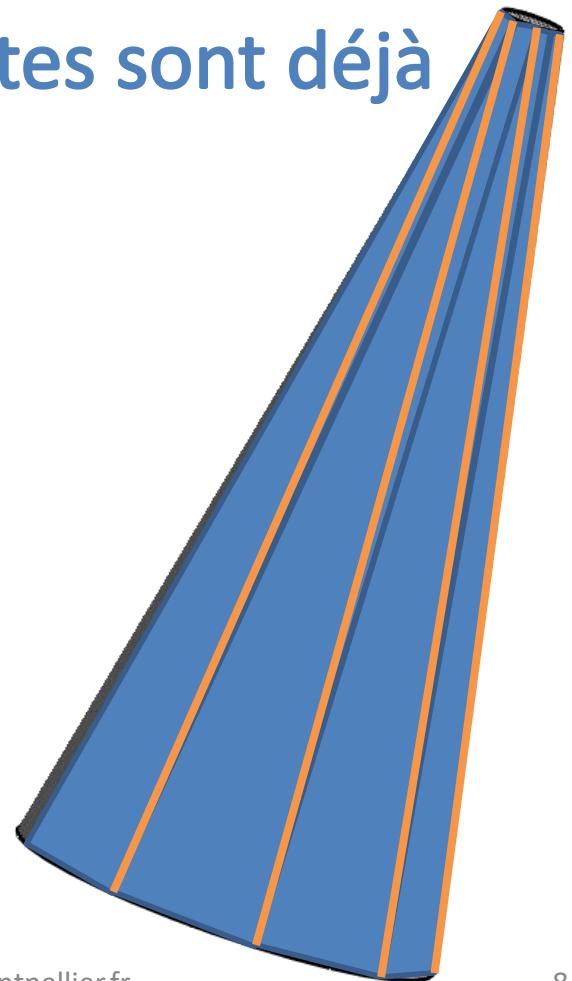
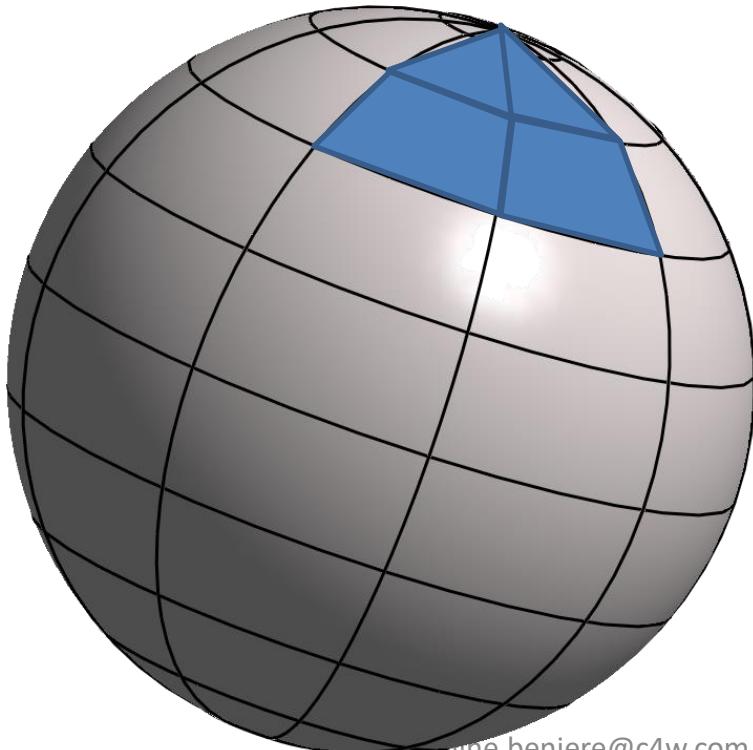
Discrétisation

- Idem pour le cône.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.



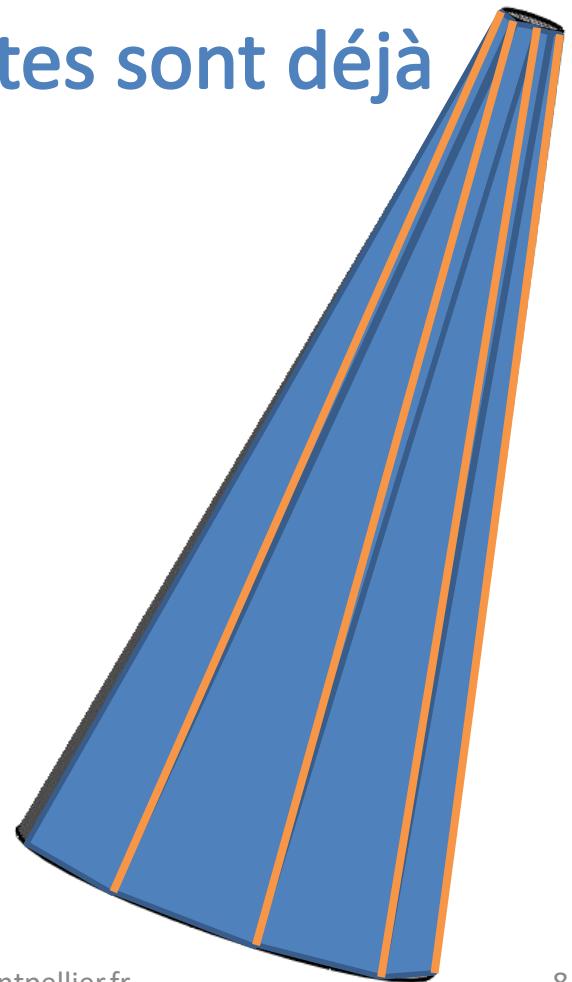
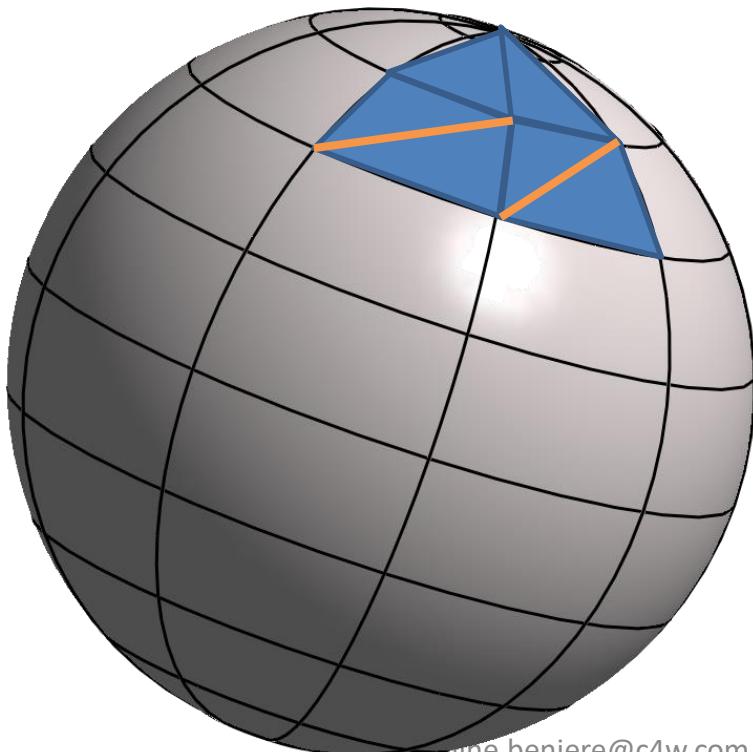
Discrétisation

- Idem pour le cône.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.



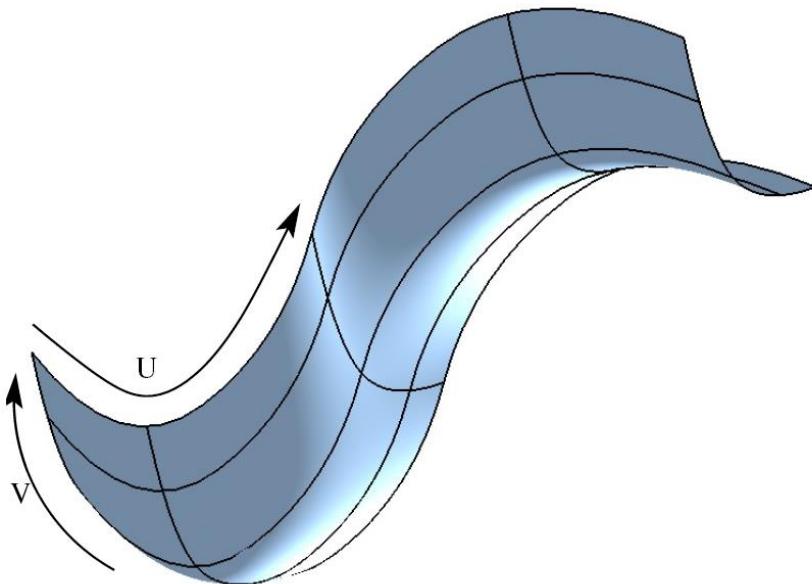
Discrétisation

- Idem pour le cône.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.



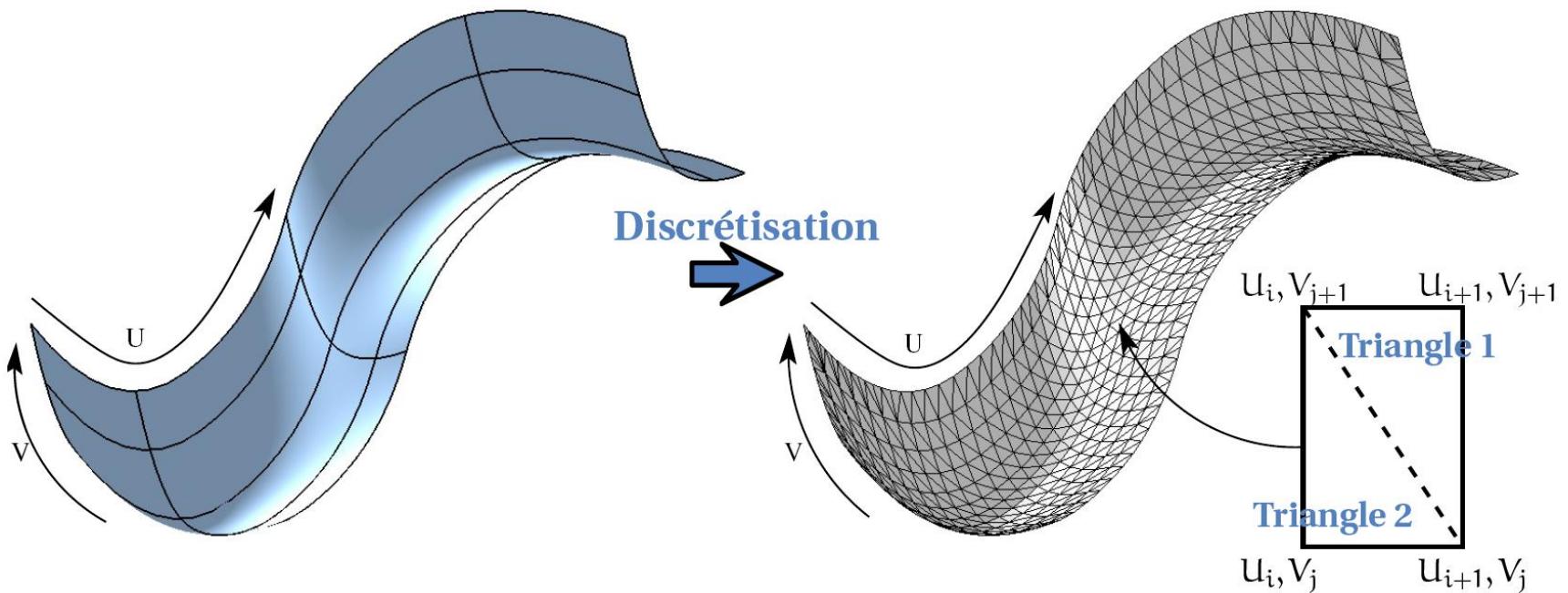
Discrétisation

- Surfaces libres en utilisant les iso-paramétriques :
 - courbes de contrôle en U et V ,



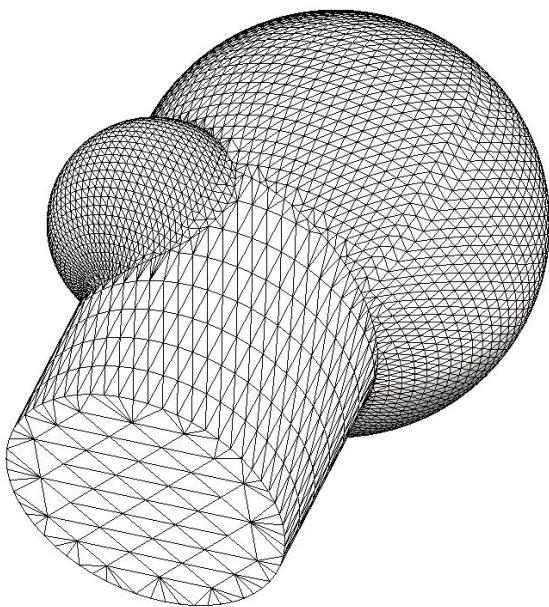
Discrétisation

- Surfaces libres en utilisant les iso-paramétriques :
 - courbes de contrôle en U et V ,
 - construction de facettes qui sont ensuite triangulées.



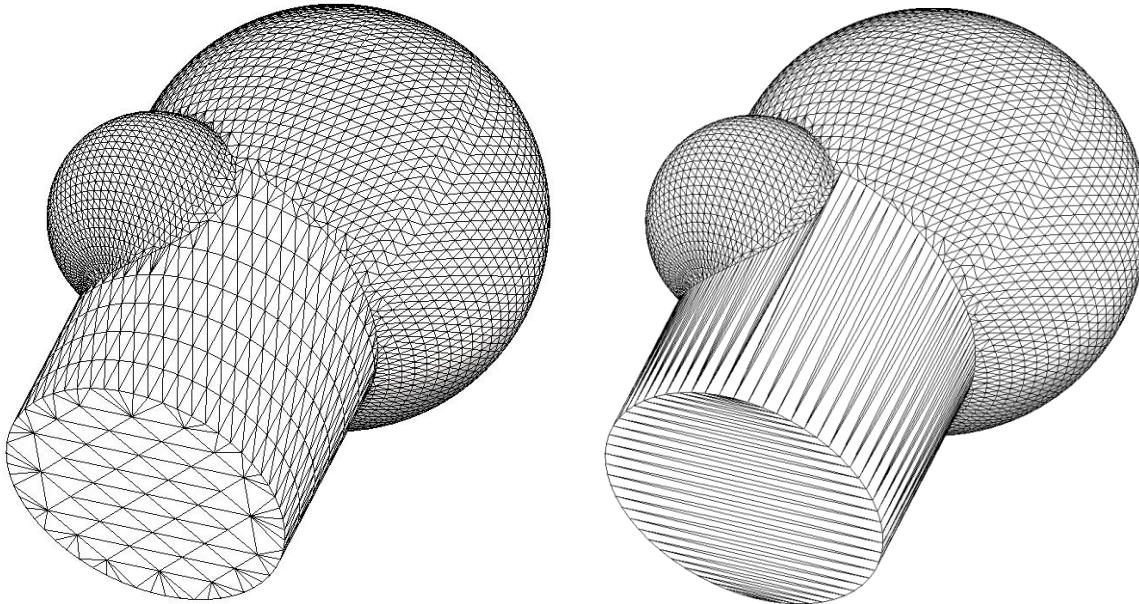
Discrétisation

- La résolution du maillage est induite par le nombre d'iso-paramétriques calculées en U ou en V :



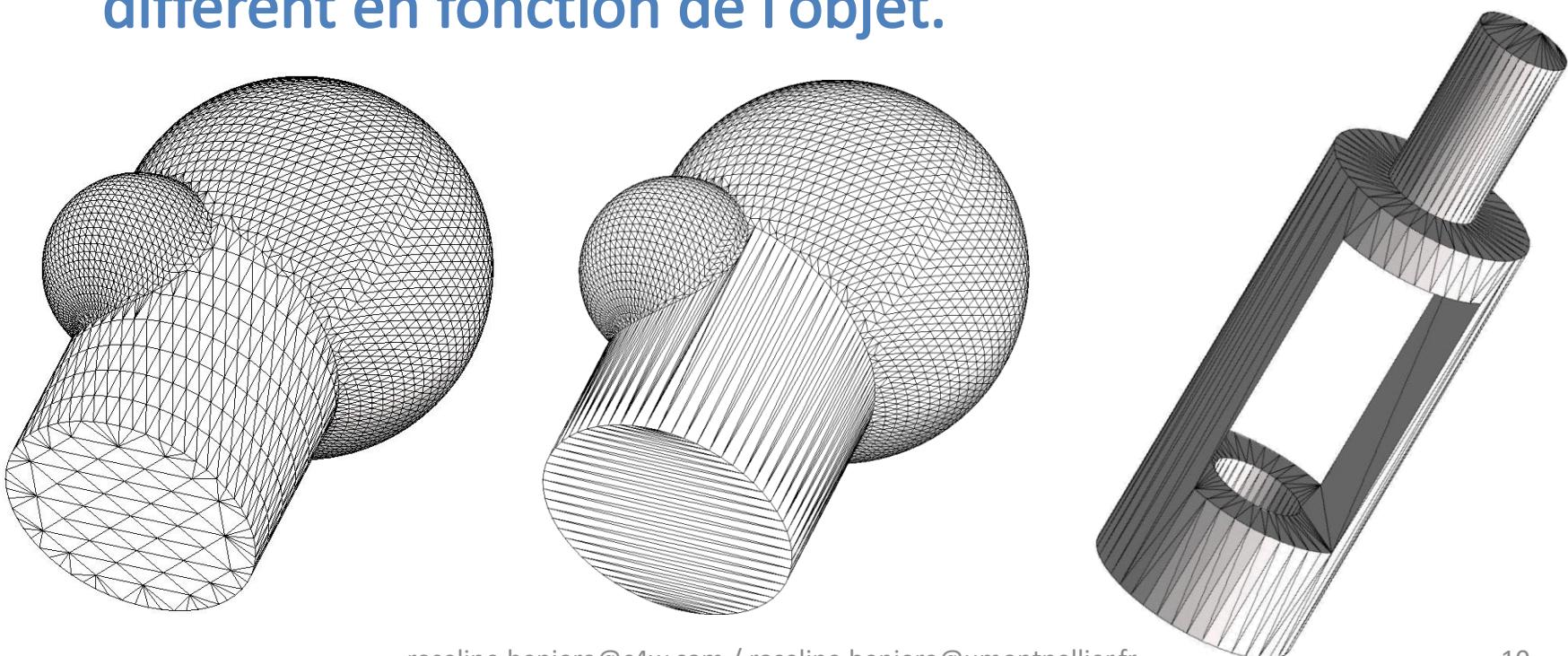
Discrétisation

- La résolution du maillage est induite par le nombre d'iso-paramétriques calculées en U ou en V :
 - le nombre d'iso-paramétriques en U ou en V , peut être différent en fonction de l'objet.



Discrétisation

- La résolution du maillage est induite par le nombre d'iso-paramétriques calculées en U ou en V :
 - le nombre d'iso-paramétriques en U ou en V , peut être différent en fonction de l'objet.

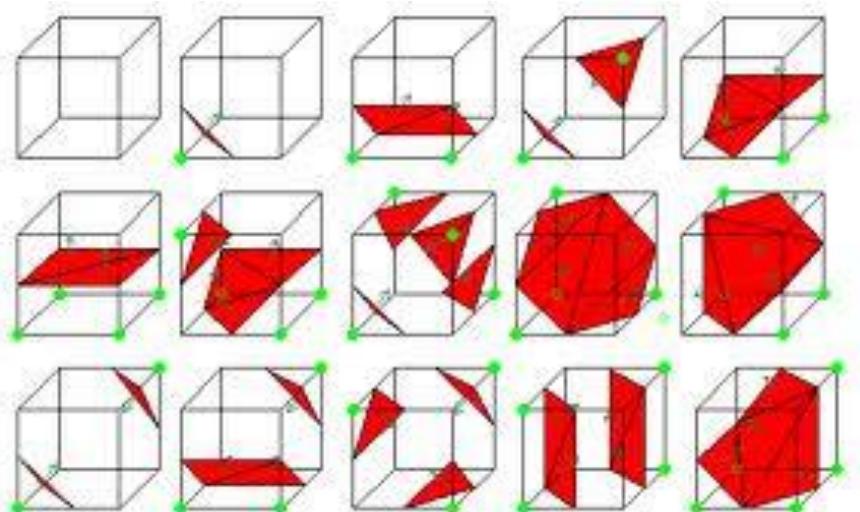


Triangulation

- A partir d'un nuage de points, plusieurs méthodes :
 - par triangulation de Delaunay et diagramme de Voronoï,

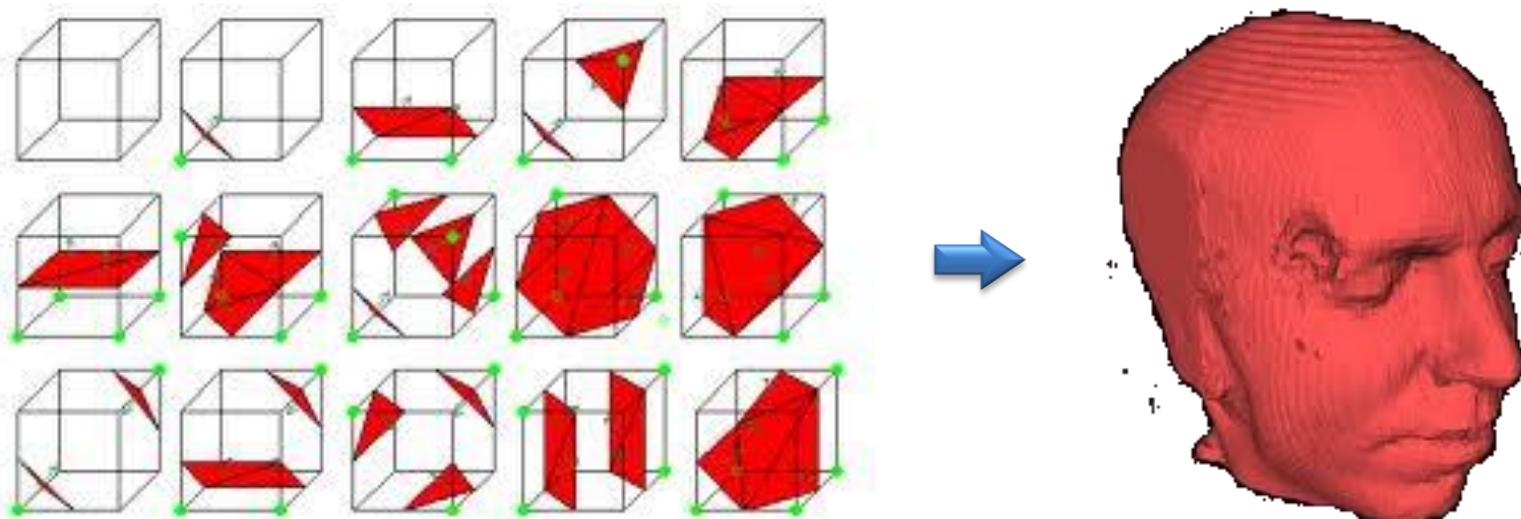
Triangulation

- A partir d'un nuage de points, plusieurs méthodes :
 - par triangulation de Delaunay et diagramme de Voronoï,
 - par "Marching cube", en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs,



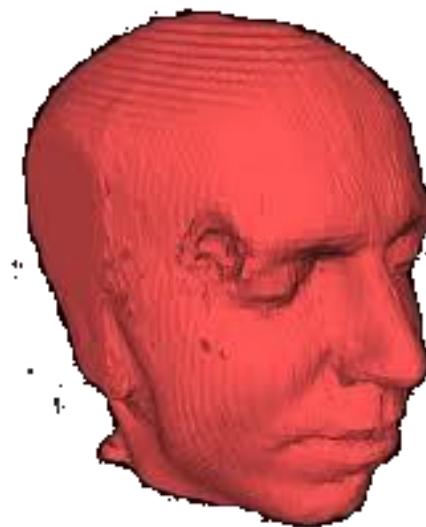
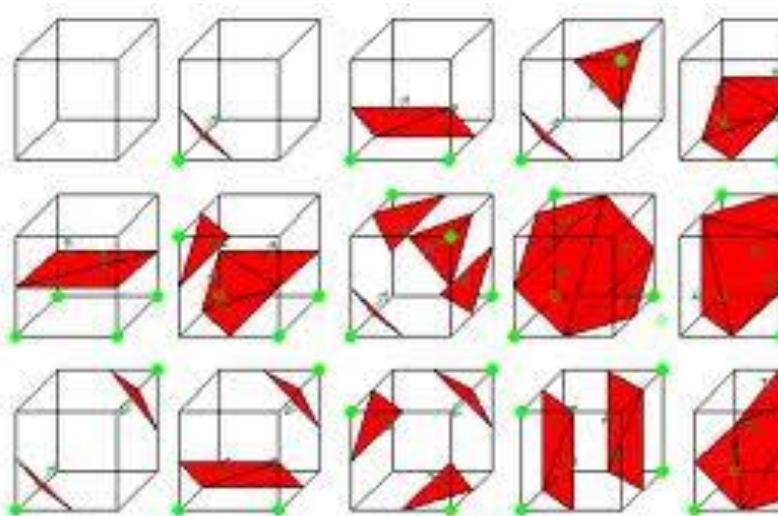
Triangulation

- A partir d'un nuage de points, plusieurs méthodes :
 - par triangulation de Delaunay et diagramme de Voronoï,
 - par "Marching cube", en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs,



Triangulation

- A partir d'un nuage de points, plusieurs méthodes :
 - par triangulation de Delaunay et diagramme de Voronoï,
 - par "Marching cube", en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs,



➤ pour définir intérieur-extérieur : "Surface de poisson"
basée sur les normales aux sommets,

Plan

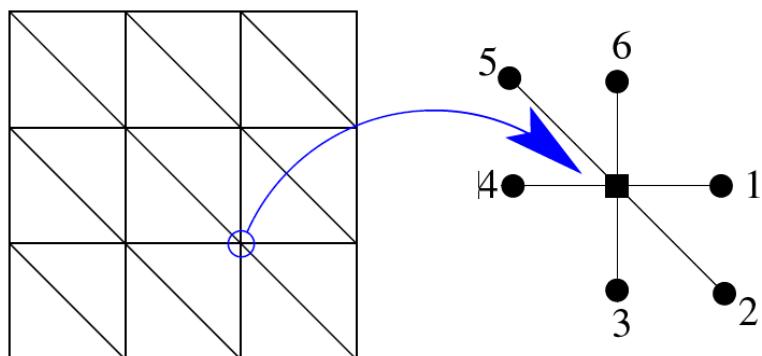
- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d'un maillage
- Défauts dans les maillages

Maillage régulier

- Lors d'une discrétisation il y a deux façons de rajouter les diagonales :

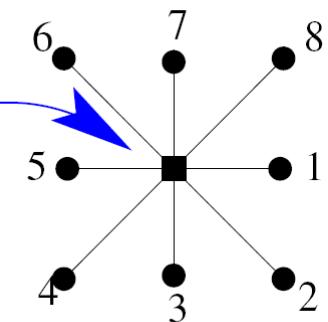
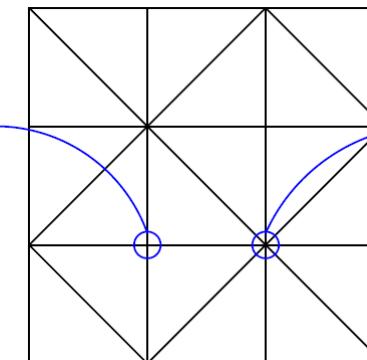
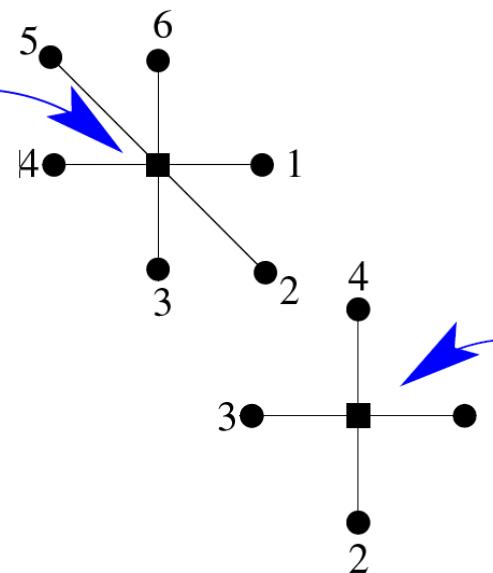
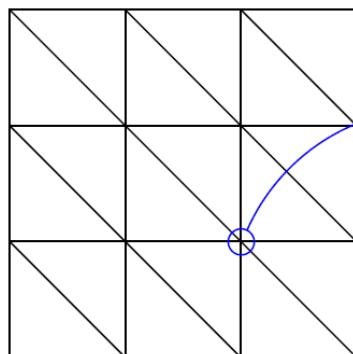
Maillage régulier

- Lors d'une discrétisation il y a deux façons de rajouter les diagonales :
 - toutes les diagonales dans le même sens (valence 6),



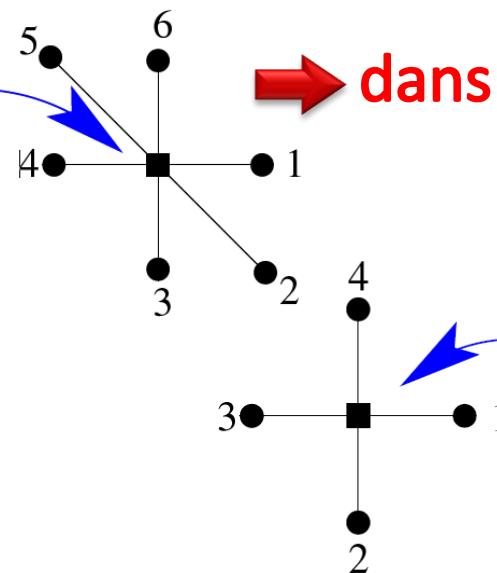
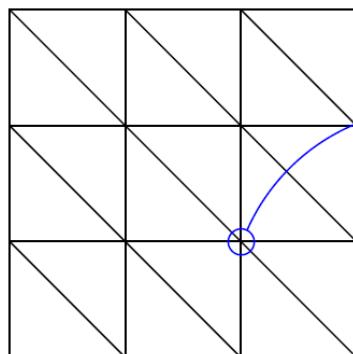
Maillage régulier

- Lors d'une discrétisation il y a deux façons de rajouter les diagonales :
 - toutes les diagonales dans le même sens (valence 6),
 - un coup d'un côté, un coup de l'autre (valence 4/8).

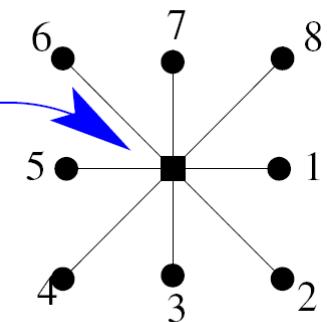
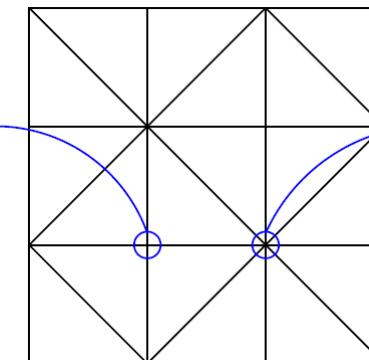


Maillage régulier

- Lors d'une discrétisation il y a deux façons de rajouter les diagonales :
 - toutes les diagonales dans le même sens (valence 6),
 - un coup d'un côté, un coup de l'autre (valence 4/8).

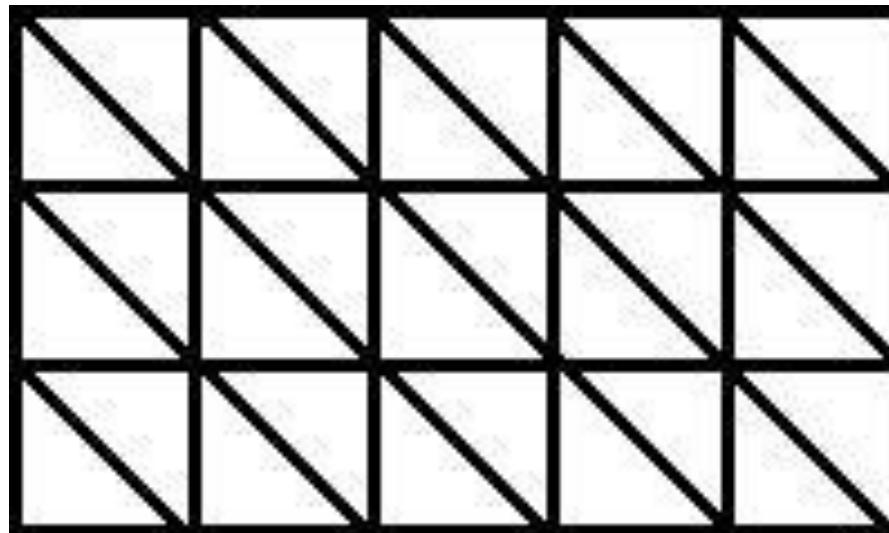


dans ce cas : maillage régulier



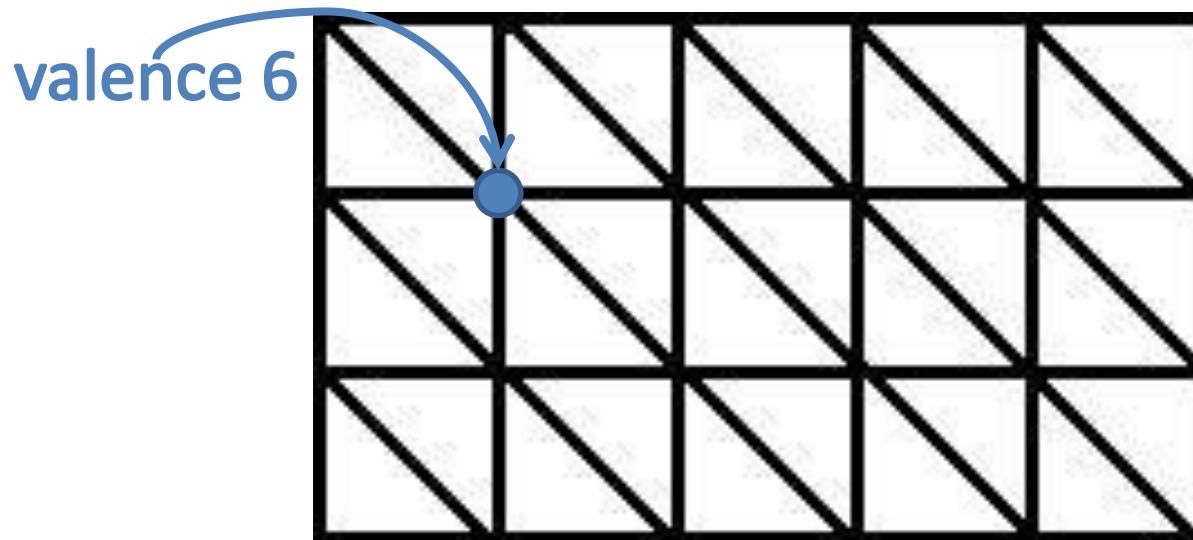
Maillage régulier

- Un maillage est régulier si :



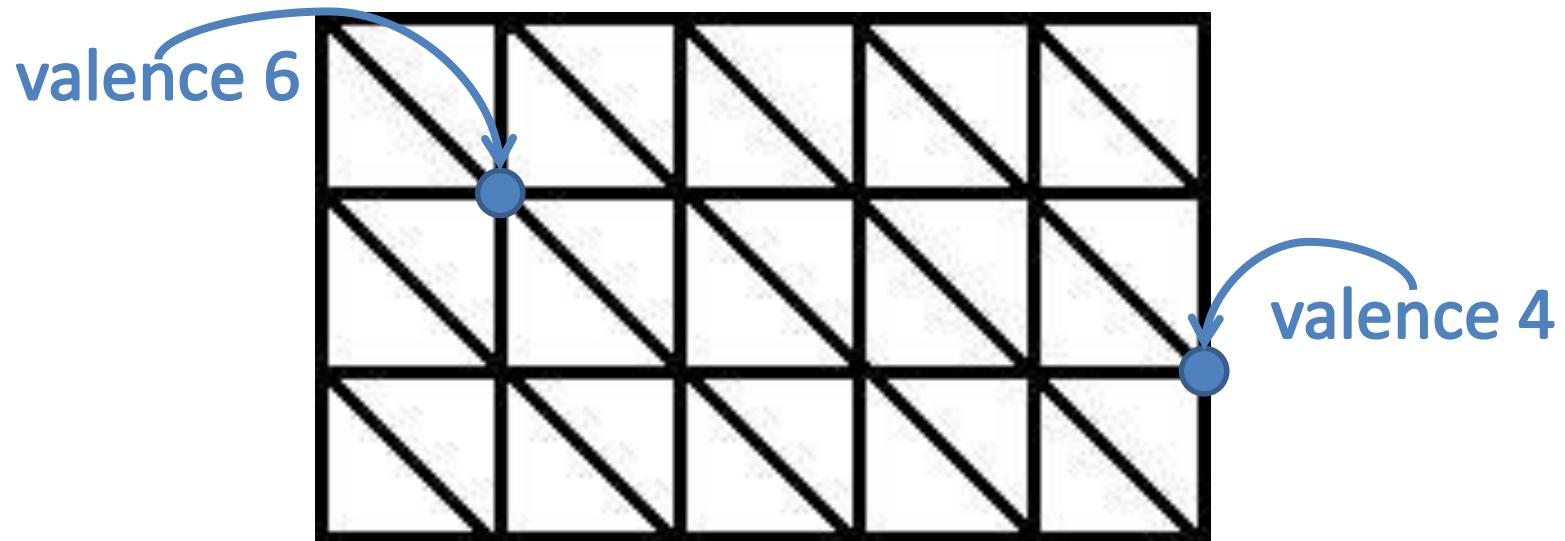
Maillage régulier

- Un maillage est régulier si :
 - tous ses sommets internes sont de valence 6,



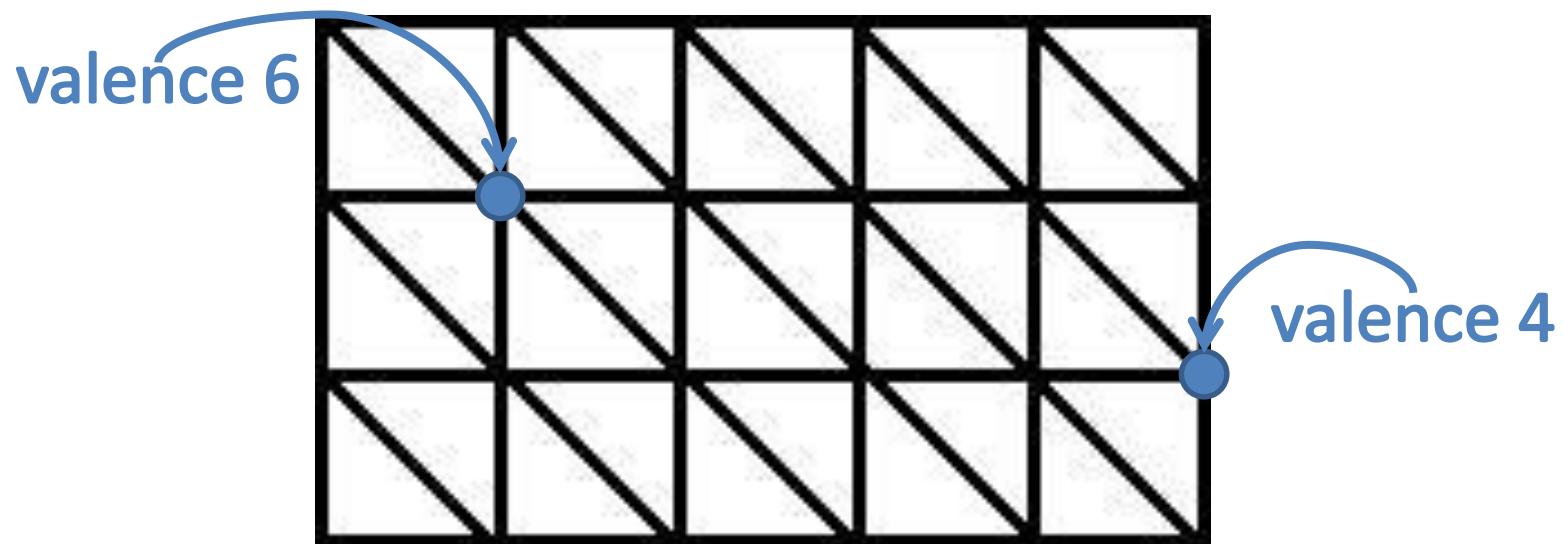
Maillage régulier

- Un maillage est régulier si :
 - tous ses sommets internes sont de valence 6,
 - tous ses sommets du bord sont de valence 4.



Maillage régulier

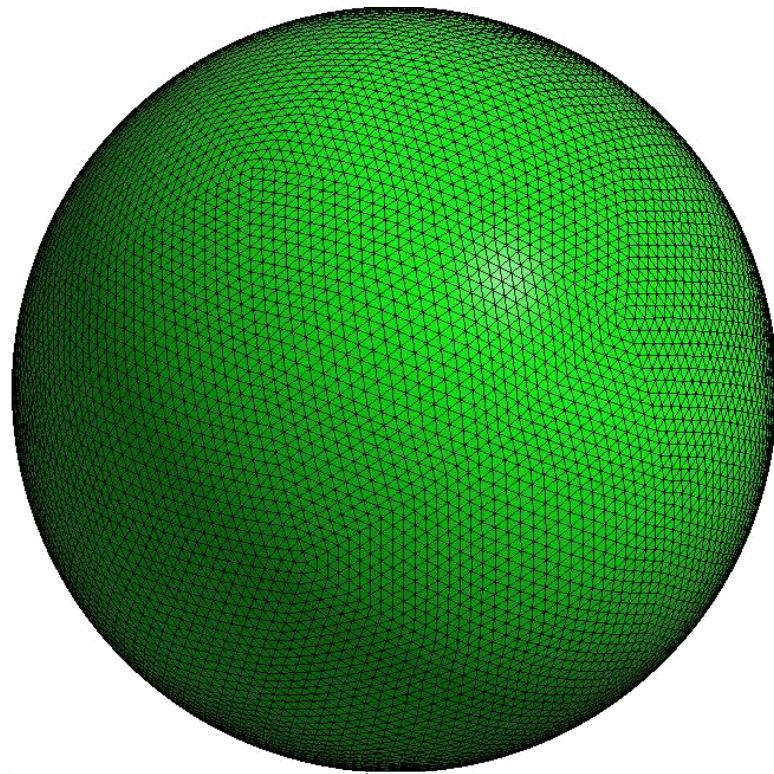
- Un maillage est régulier si :
 - tous ses sommets internes sont de valence 6,
 - tous ses sommets du bord sont de valence 4.



→ utile pour certaines opérations : subdivision, topologie ...

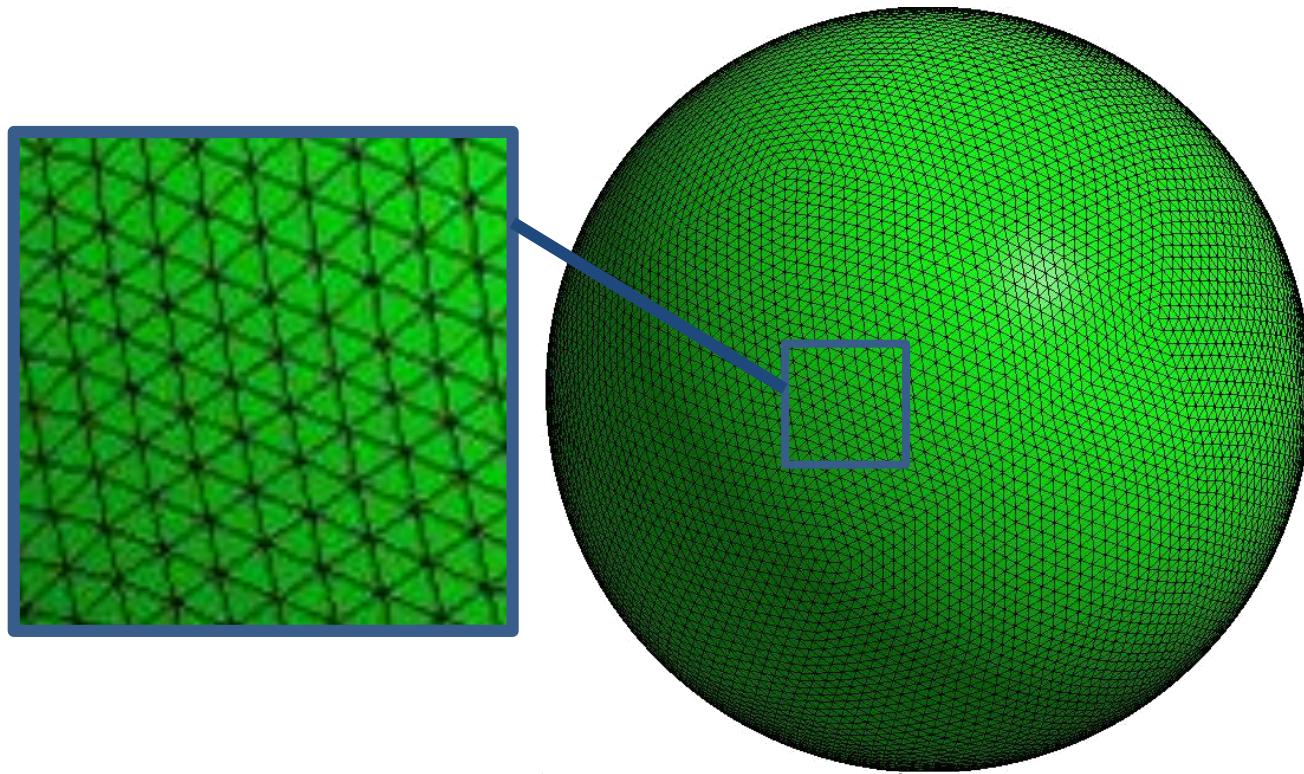
Maillage régulier

- Un maillage est semi-régulier si :



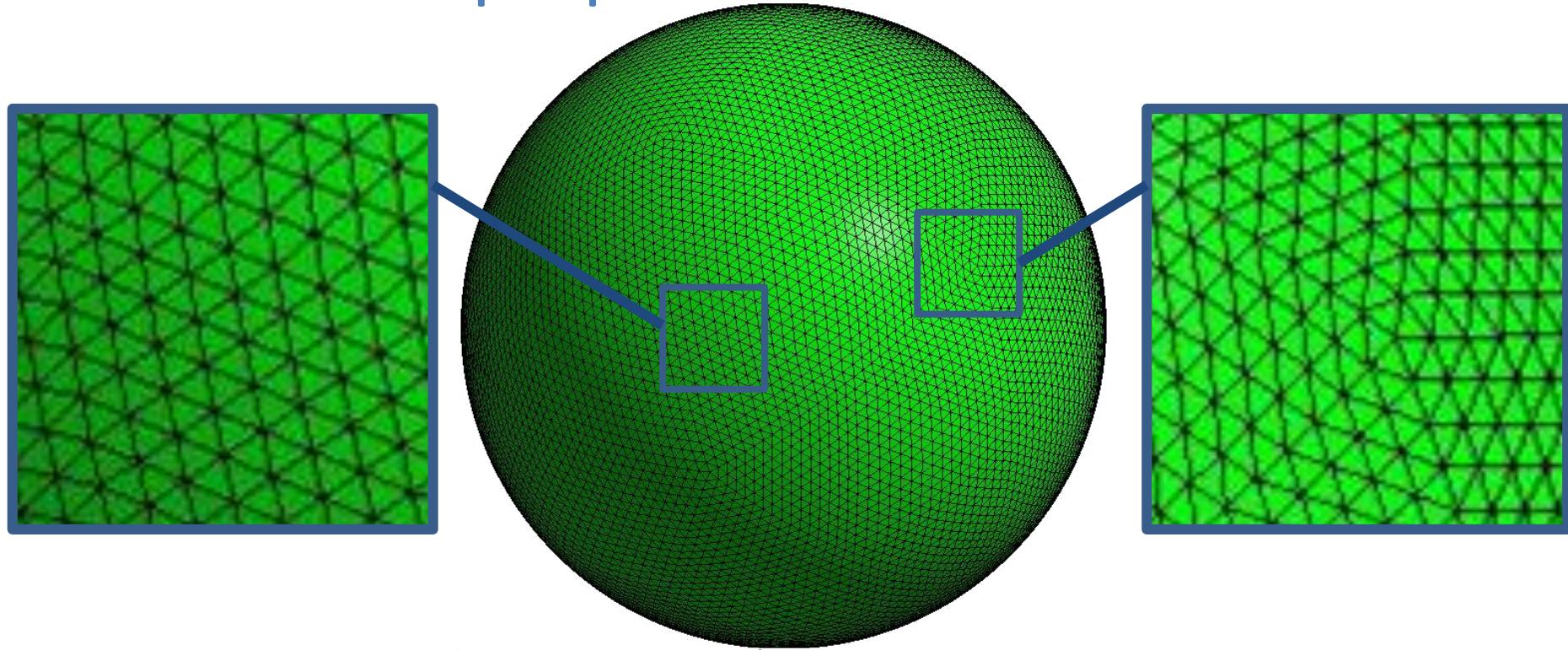
Maillage régulier

- Un maillage est semi-régulier si :
 - la majeure partie de ses sommets sont de valence 6,



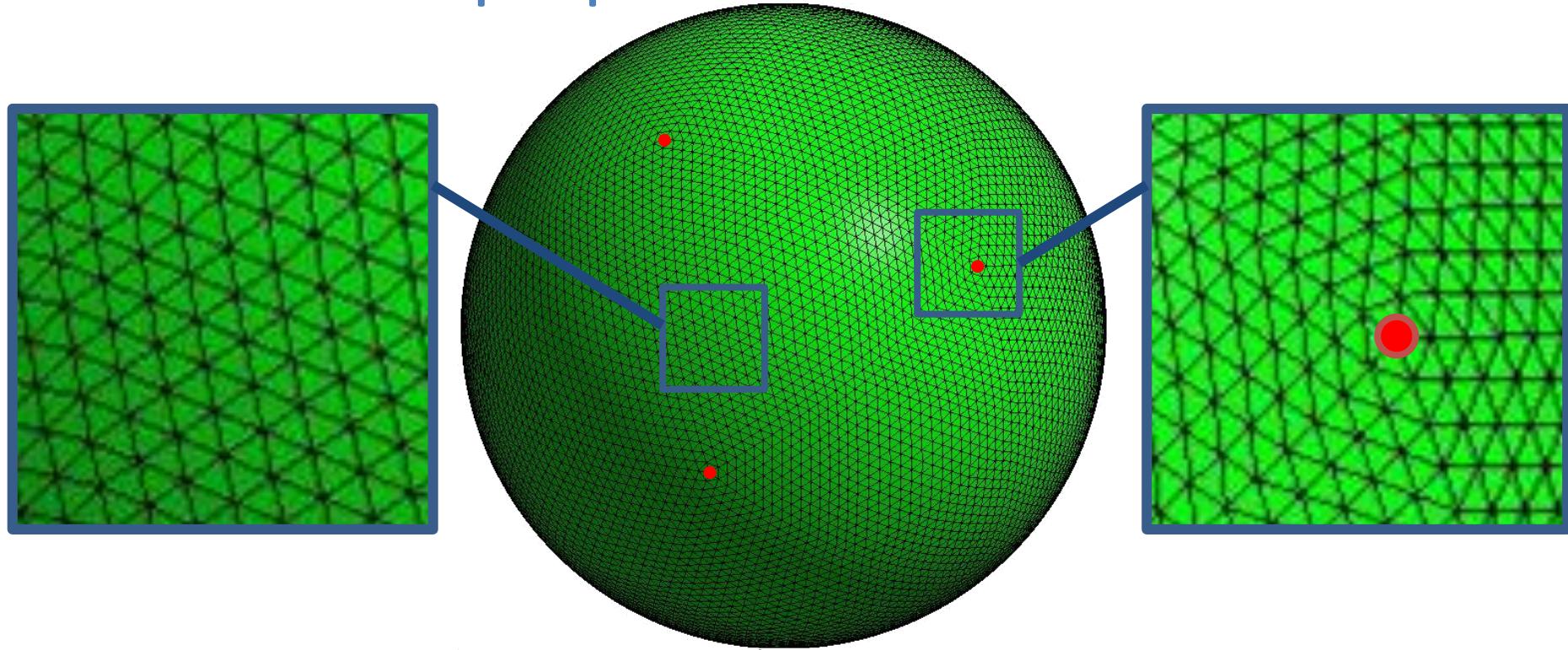
Maillage régulier

- Un maillage est semi-régulier si :
 - la majeure partie de ses sommets sont de valence 6,
 - seulement quelques sommets sont de valence 6.



Maillage régulier

- Un maillage est semi-régulier si :
 - la majeure partie de ses sommets sont de valence 6,
 - seulement quelques sommets sont de valence 6.



Plan

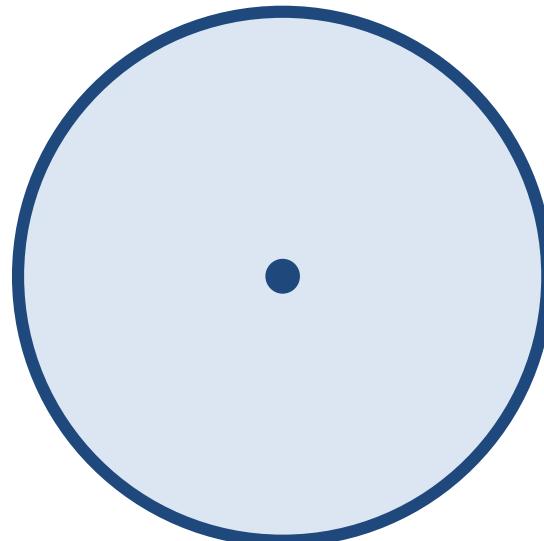
- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d'un maillage
- Défauts dans les maillages

Définition de la forme d'un maillage

- La forme d'un maillage est définie par les normales aux sommets. Plusieurs méthodes possibles :
 - image Gaussienne du maillage,
 - variation des angles dièdres,
 - courbure de chaque sommet.

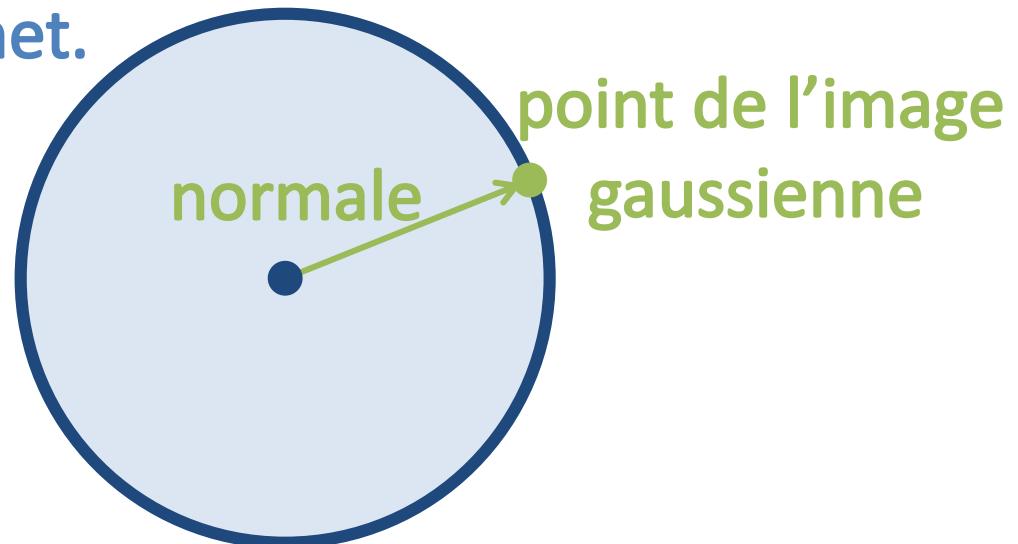
Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :
 - représentée sur la sphère unitaire (centre 0,0,0 rayon 1),



Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :
 - représentée sur la sphère unitaire (centre 0,0,0 rayon 1),
 - pour chaque sommet du maillage on obtient un point sur la sphère en translatant le centre avec la normale du sommet.



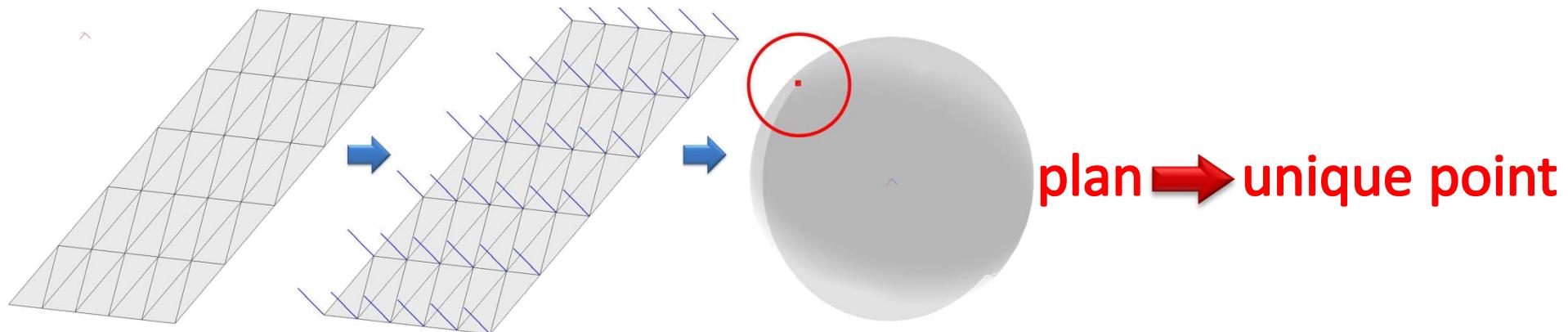
Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :
 - permet de détecter des plans ou des cylindres ...

Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :

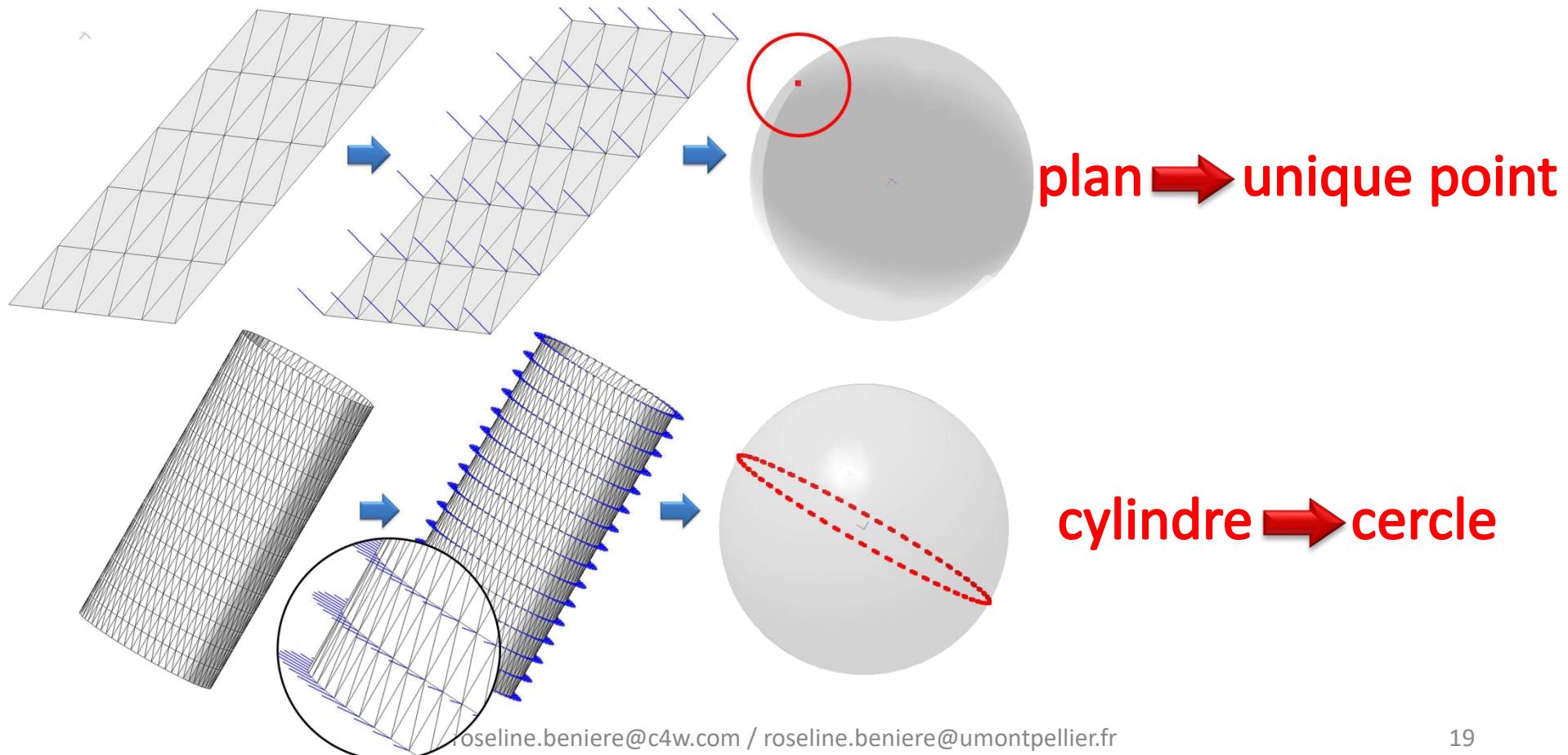
➤ permet de détecter des plans ou des cylindres ...



Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :

➤ permet de détecter des plans ou des cylindres ...

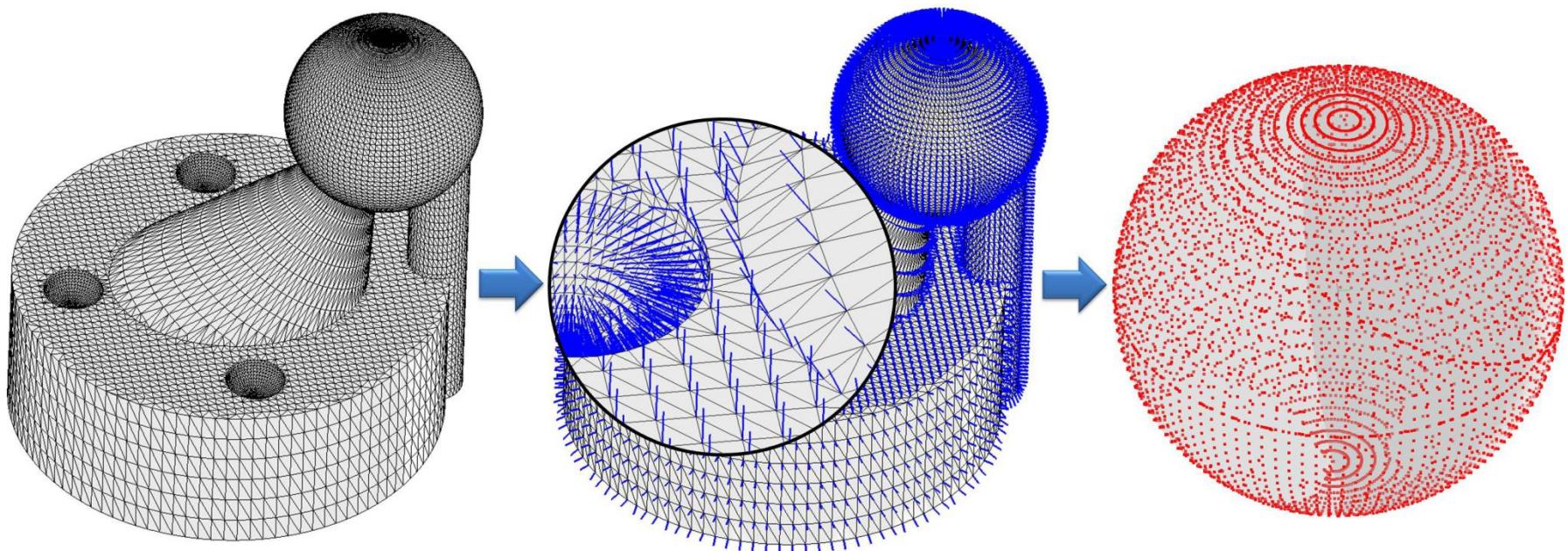


Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :
 - de manière globale sur un maillage n'est pas toujours pertinente.

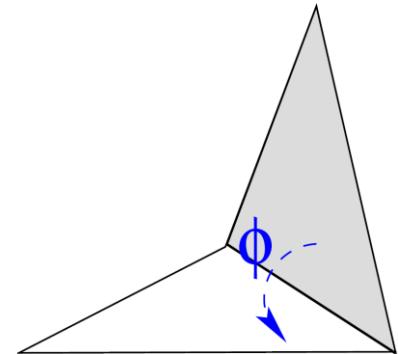
Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :
 - de manière globale sur un maillage n'est pas toujours pertinente.



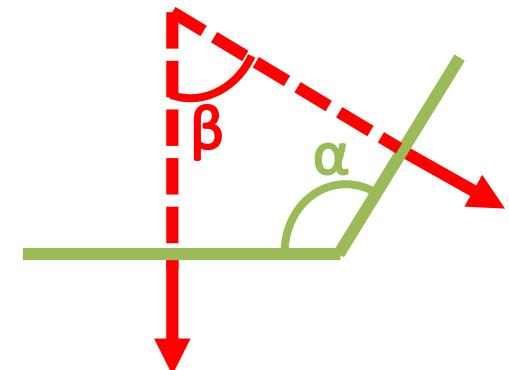
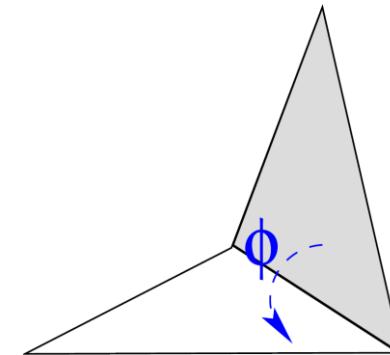
Définition de la forme d'un maillage

- Variation des angles dièdres :
 - un angle dièdre est un angle entre deux triangles:



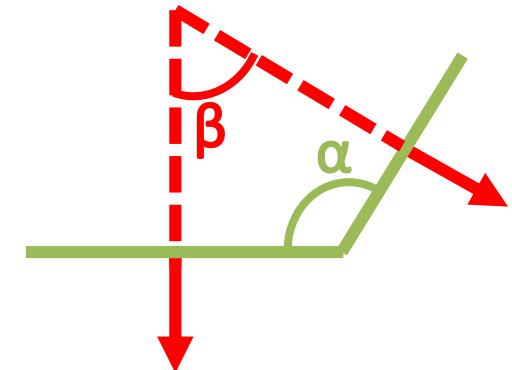
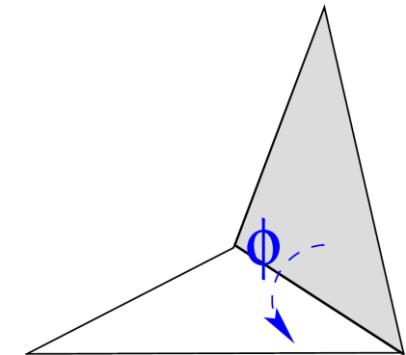
Définition de la forme d'un maillage

- Variation des angles dièdres :
 - un angle dièdre est un angle entre deux triangles:
 - l'angle dièdre entre deux triangles se calcule à partir des normales,



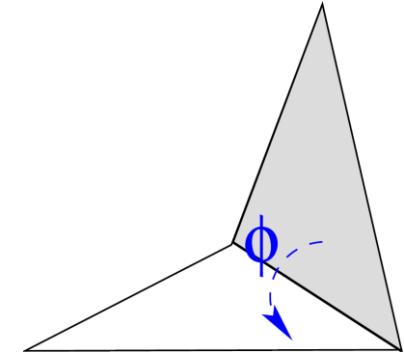
Définition de la forme d'un maillage

- Variation des angles dièdres :
 - un angle dièdre est un angle entre deux triangles:
 - l'angle dièdre entre deux triangles se calcule à partir des normales,
 $\rightarrow \pi = \beta + \alpha$

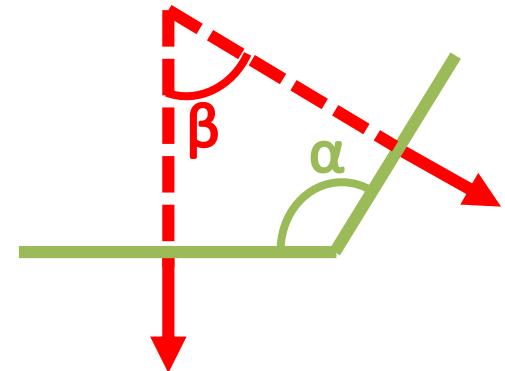


Définition de la forme d'un maillage

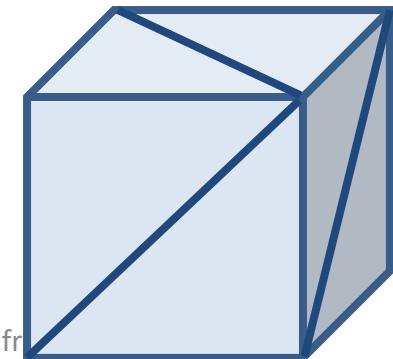
- Variation des angles dièdres :
 - un angle dièdre est un angle entre deux triangles:



- l'angle dièdre entre deux triangles se calcule à partir des normales,
 $\rightarrow \pi = \beta + \alpha$

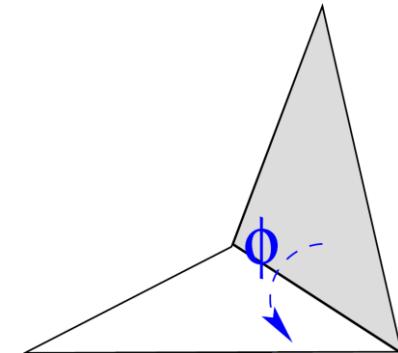


- permet de détecter les changements brusques de forme comme des arêtes vives.

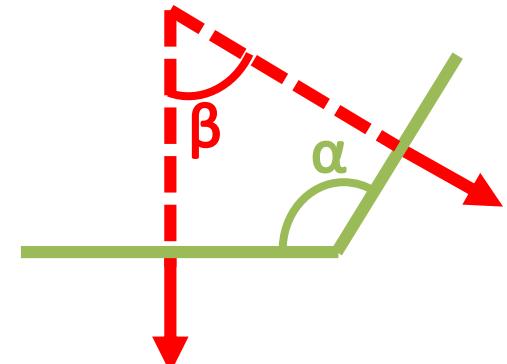


Définition de la forme d'un maillage

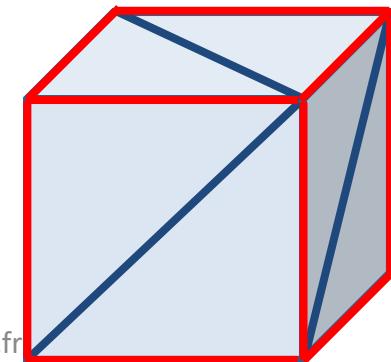
- Variation des angles dièdres :
 - un angle dièdre est un angle entre deux triangles:



- l'angle dièdre entre deux triangles se calcule à partir des normales,
 $\rightarrow \pi = \beta + \alpha$

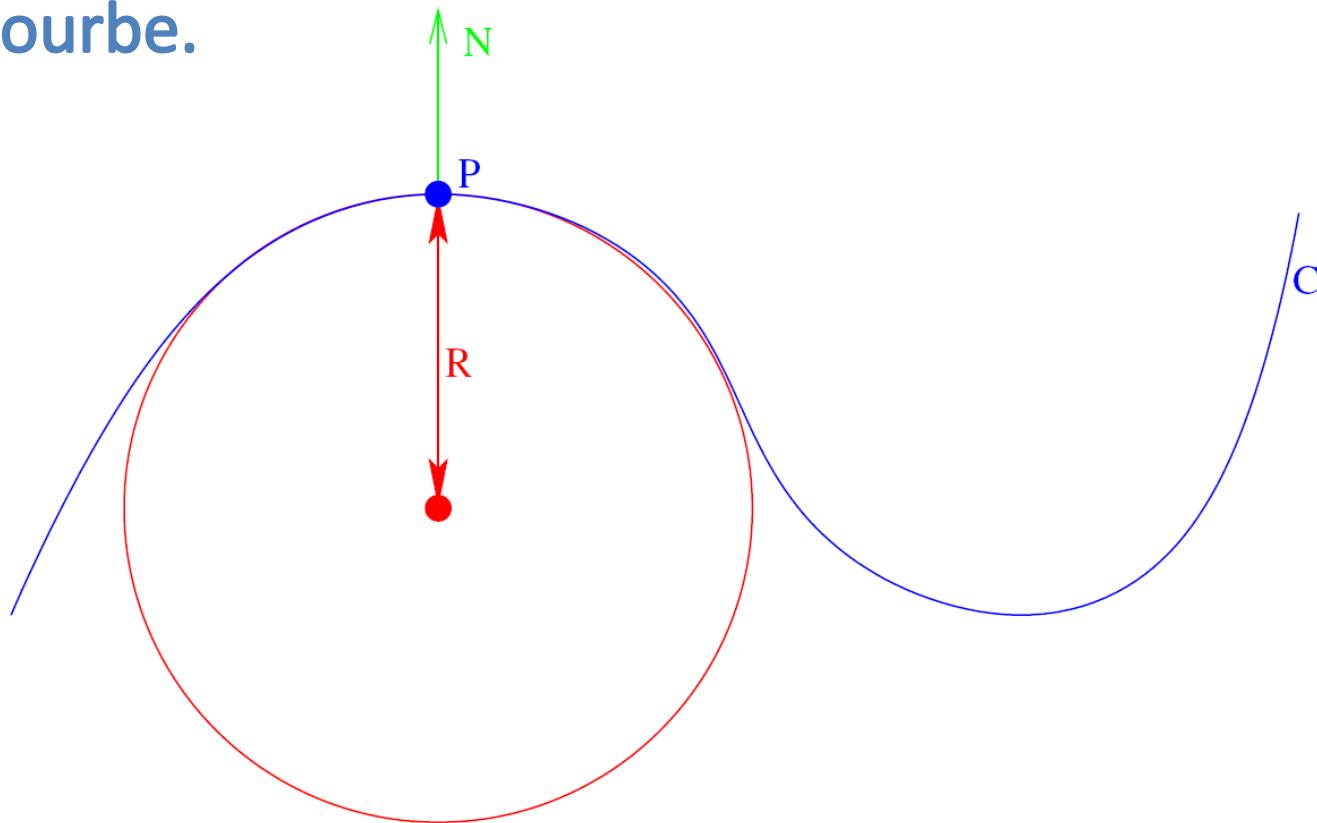


- permet de détecter les changements brusques de forme comme des arêtes vives.



Définition de la forme d'un maillage

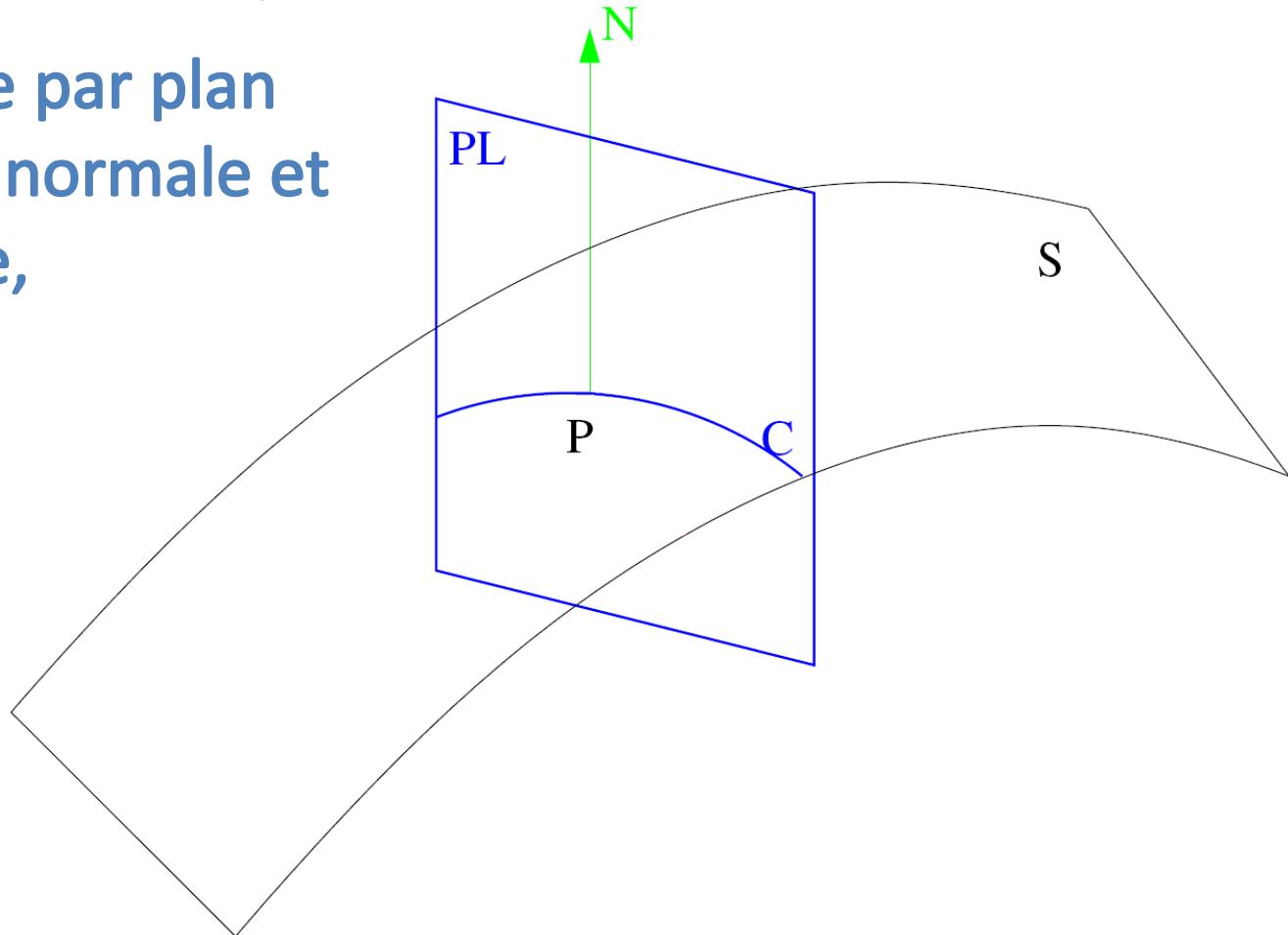
- La courbure 2D d'un point sur une courbe :
 - inverse du rayon du cercle tangent au point sur la courbe.



Définition de la forme d'un maillage

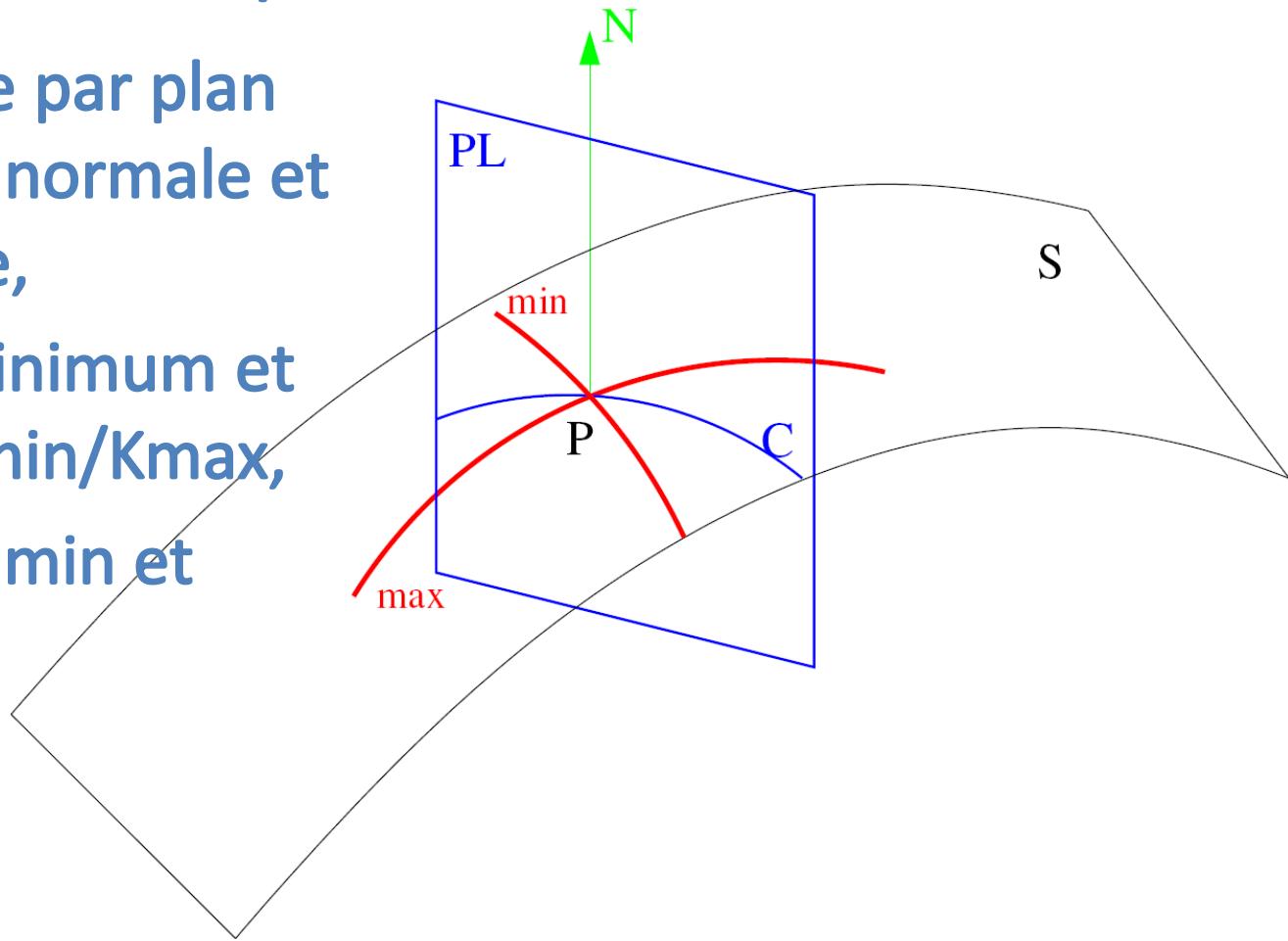
- La courbure 3D d'un point sur une surface :

➤ une courbure par plan
contenant la normale et
une tangente,



Définition de la forme d'un maillage

- La courbure 3D d'un point sur une surface :
 - une courbure par plan contenant la normale et une tangente,
 - courbures minimum et maximum K_{min}/K_{max} ,
 - 2 directions (min et max) à 90° ,
 - 1 normale.



Définition de la forme d'un maillage

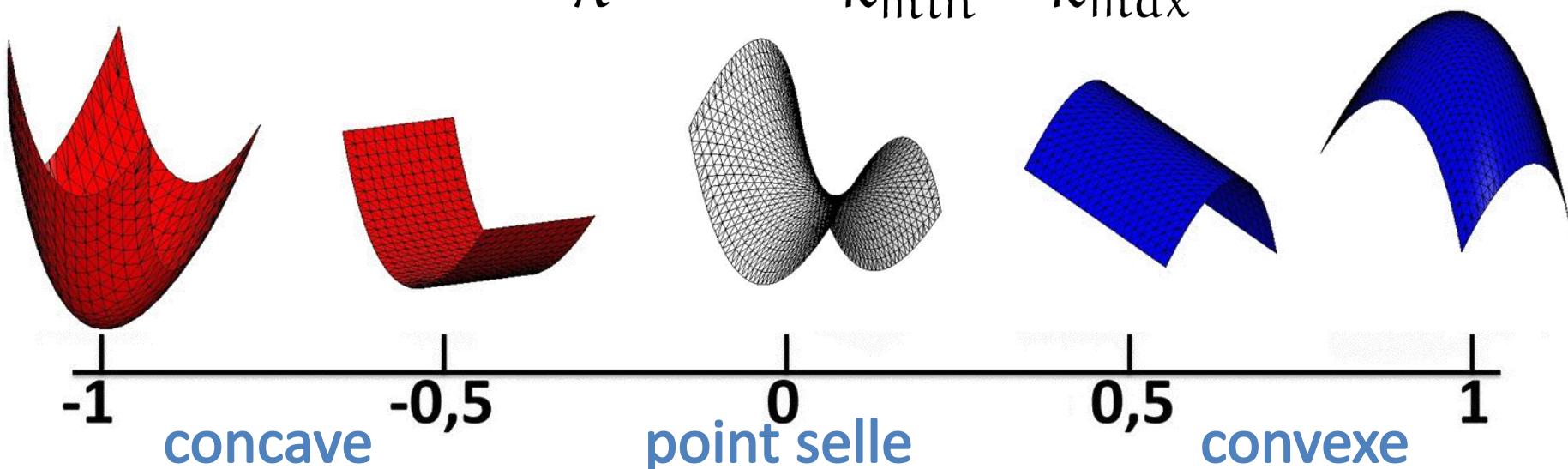
- Forme à partir de la courbure :
➤ utilisation d'un coefficient le ``Shape Index'' :

$$\text{ShIn} = \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{k_{\min} + k_{\max}}{k_{\min} - k_{\max}}\right)$$

Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure :
 - utilisation d'un coefficient le ``Shape Index'' :

$$ShIn = \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{k_{\min} + k_{\max}}{k_{\min} - k_{\max}}\right)$$

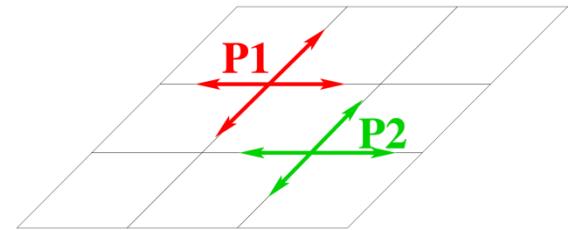


Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

Définition de la forme d'un maillage

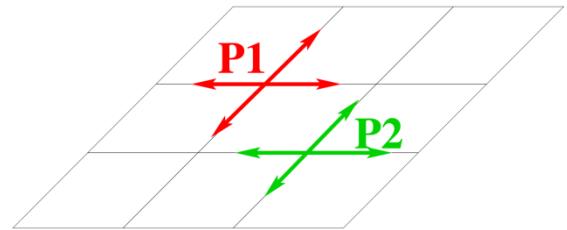
- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :
➤ plan $\rightarrow K_{\min} = K_{\max} = 0$,



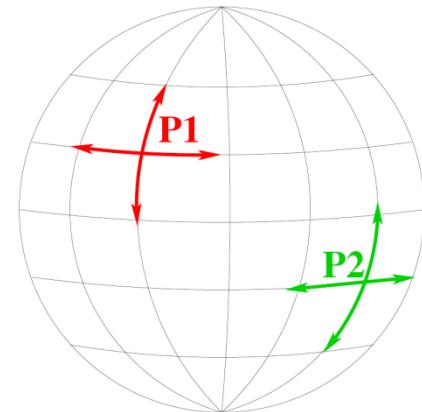
Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

➤ plan $\rightarrow K_{\min} = K_{\max} = 0$,



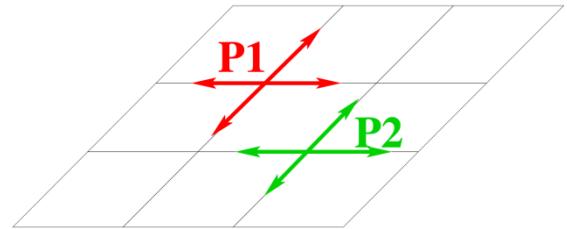
➤ sphère $\rightarrow K_{\min} = K_{\max} \neq 0$,



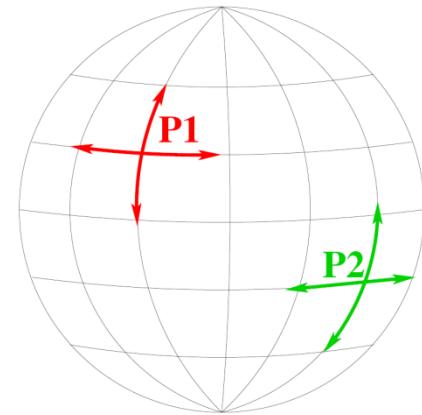
Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

➤ plan ➔ $K_{min} = K_{max} = 0$,



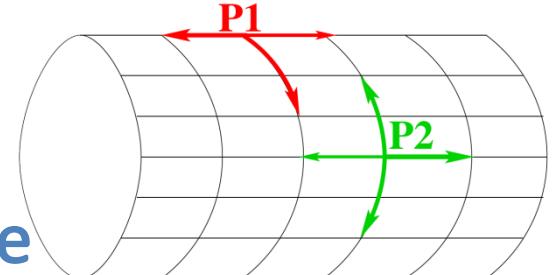
➤ sphère ➔ $K_{min} = K_{max} \neq 0$,



➤ cylindre ou cône

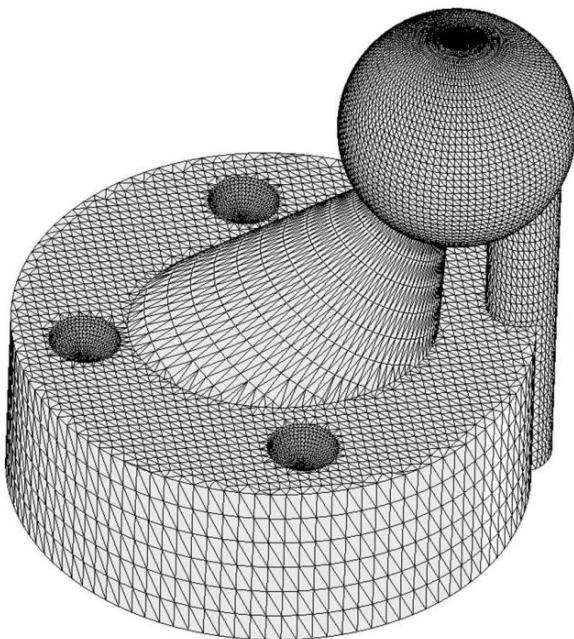
➔ K_{min} ou $K_{max} = 0$,

➔ DirMin ou DirMax = génératrice



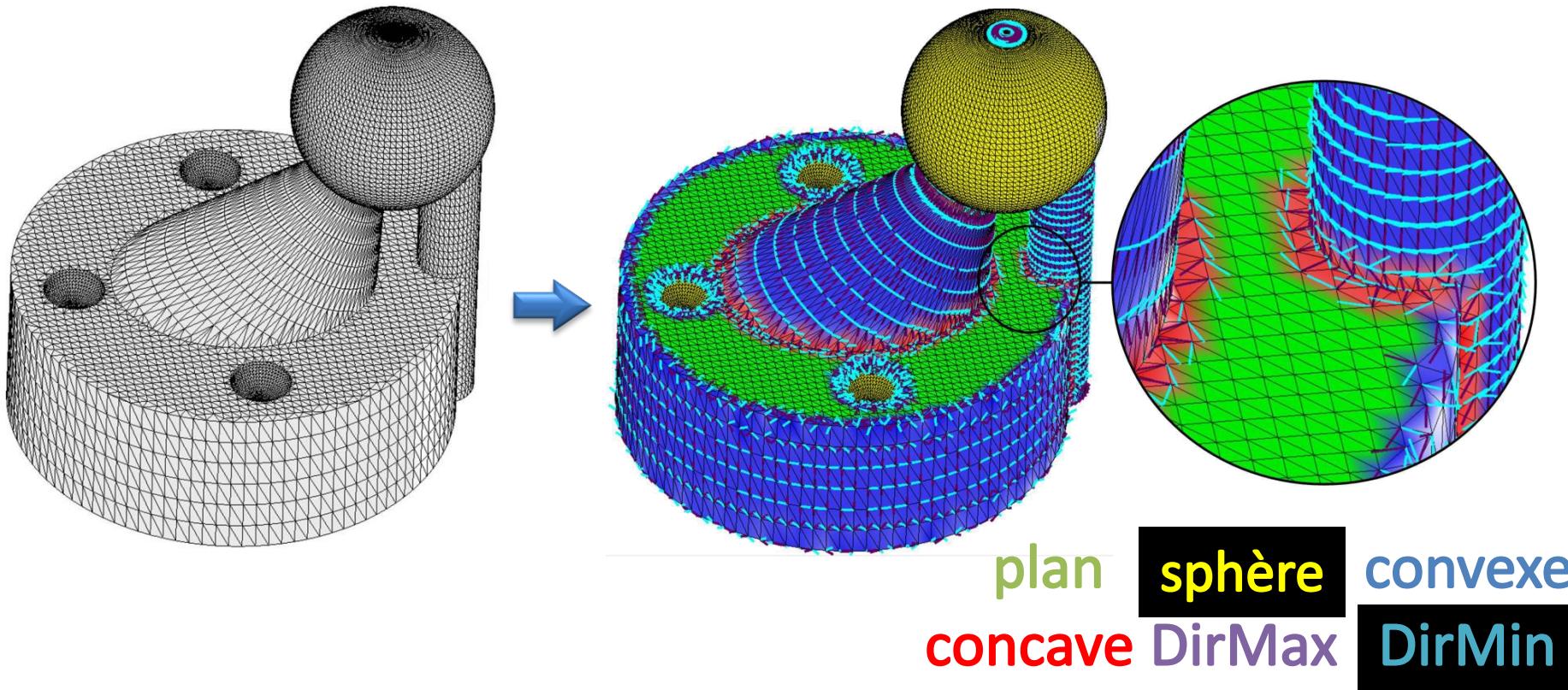
Définition de la forme d'un maillage

- Etude globale du maillage :



Définition de la forme d'un maillage

- Etude globale du maillage :
 - une courbure par sommet → identification de zone



Plan

- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d'un maillage
- Défauxts dans les maillages

Défauts dans les maillages

- Les maillages peuvent contenir différents défauts sur :
 - les arêtes,
 - les triangles.

Défauts dans les maillages

- Les maillages peuvent contenir différents défauts sur :
 - les arêtes,
 - les triangles.
- Ils peuvent avoir des impacts plus ou moins importants en fonction de l'utilisation du maillage :
 - problèmes de calcul,
 - problèmes d'impression,
 - ...

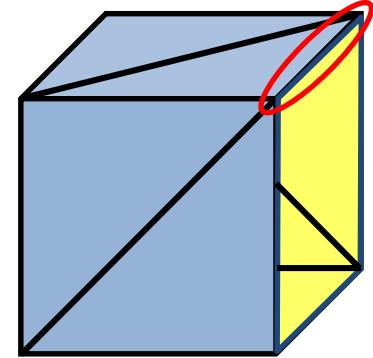
Défauts dans les maillages

- Problèmes sur les arêtes :

- arêtes libres

- arêtes contenues dans un seul triangle

- pas très grave, un maillage peut avoir un ``trou''



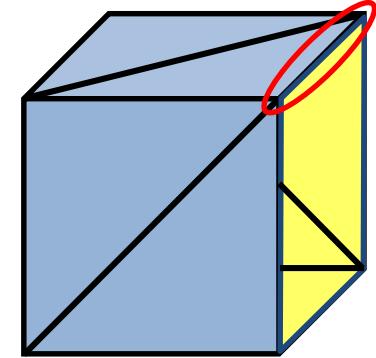
Défauts dans les maillages

- Problèmes sur les arêtes :

- arêtes libres

- arêtes contenues dans un seul triangle

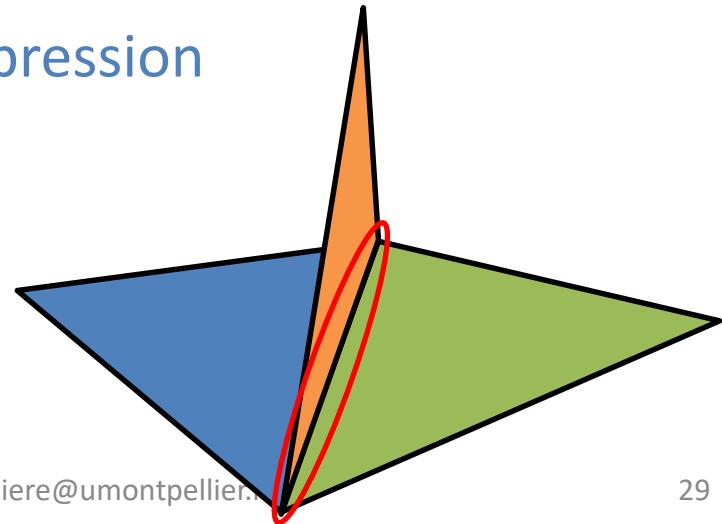
- pas très grave, un maillage peut avoir un ``trou''



- arêtes multiples

- arêtes contenues dans plus de deux triangles

- posent des problèmes d'impression
(intérieur/extérieur)

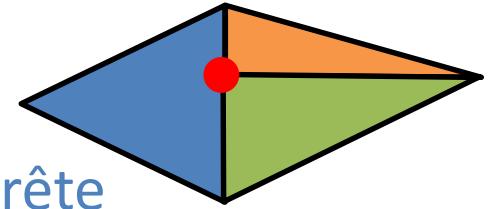


Défauts dans les maillages

- Problèmes sur les triangles :

- jonctions en T

- un sommet se trouve au milieu d'une arête
 - posent des problèmes de voisinage



Défauts dans les maillages

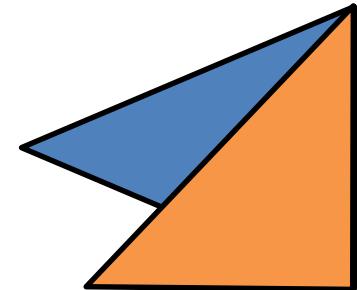
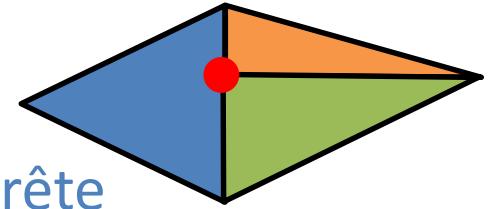
- Problèmes sur les triangles :

- jonctions en T

- un sommet se trouve au milieu d'une arête
 - posent des problèmes de voisinage

- triangles en “overlap”

- triangles qui se “superposent”

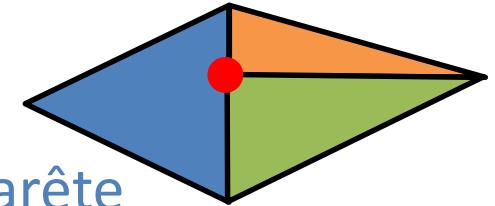


Défauts dans les maillages

- Problèmes sur les triangles :

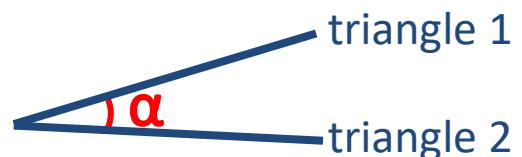
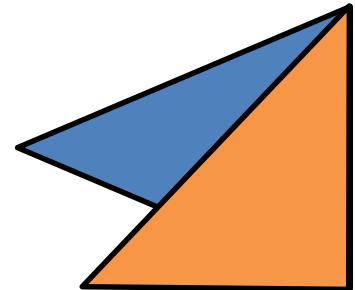
- jonctions en T

- un sommet se trouve au milieu d 'une arête
 - posent des problèmes de voisinage



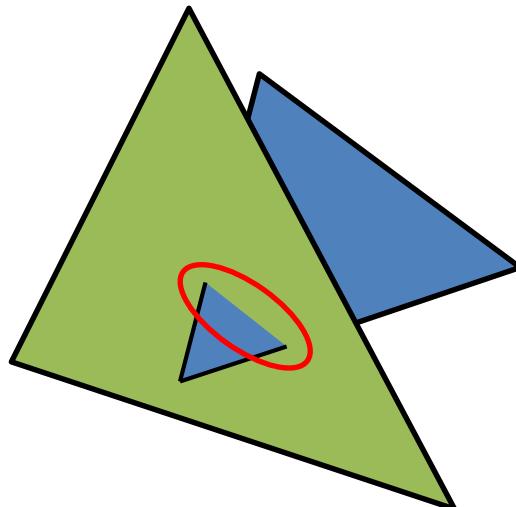
- triangles en “overlap”

- triangles qui se ``superposent''
 - définis par un angle
 - posent des problèmes de voisinage et d'impression



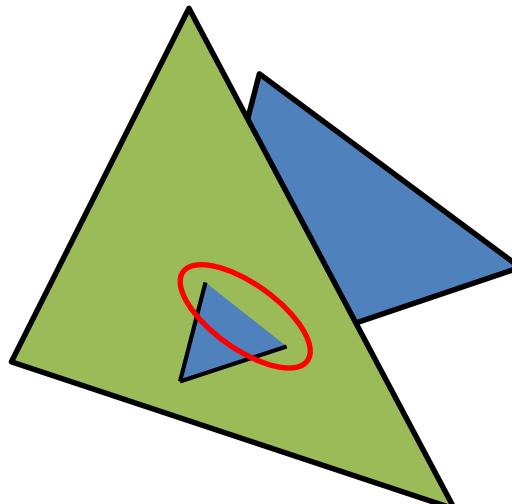
Défauts dans les maillages

- Problèmes sur les triangles :
 - Triangles en auto-intersection
 - triangles qui ``s'intersectent''
 - posent des problèmes de voisinage et d'impression



Défauts dans les maillages

- Problèmes sur les triangles :
 - Triangles en auto-intersection
 - ➔ triangles qui ``s'intersectent''
 - ➔ posent des problèmes de voisinage et d'impression
 - ➔ les jonctions en T et les *overlap* peuvent être considérés comme des auto-intersections



Conclusion

- Calcul d'un maillage :
 - discrétisation d'une surface continue,
 - triangulation d'un nuage de points.

Conclusion

- Calcul d'un maillage :
 - discrétisation d'une surface continue,
 - triangulation d'un nuage de points.
- Maillage régulier ou semi-régulier,

Conclusion

- Calcul d'un maillage :
 - discrétisation d'une surface continue,
 - triangulation d'un nuage de points.
- Maillage régulier ou semi-régulier,
- Etude de la forme du maillage :
 - image Gaussienne,
 - courbure 3D.

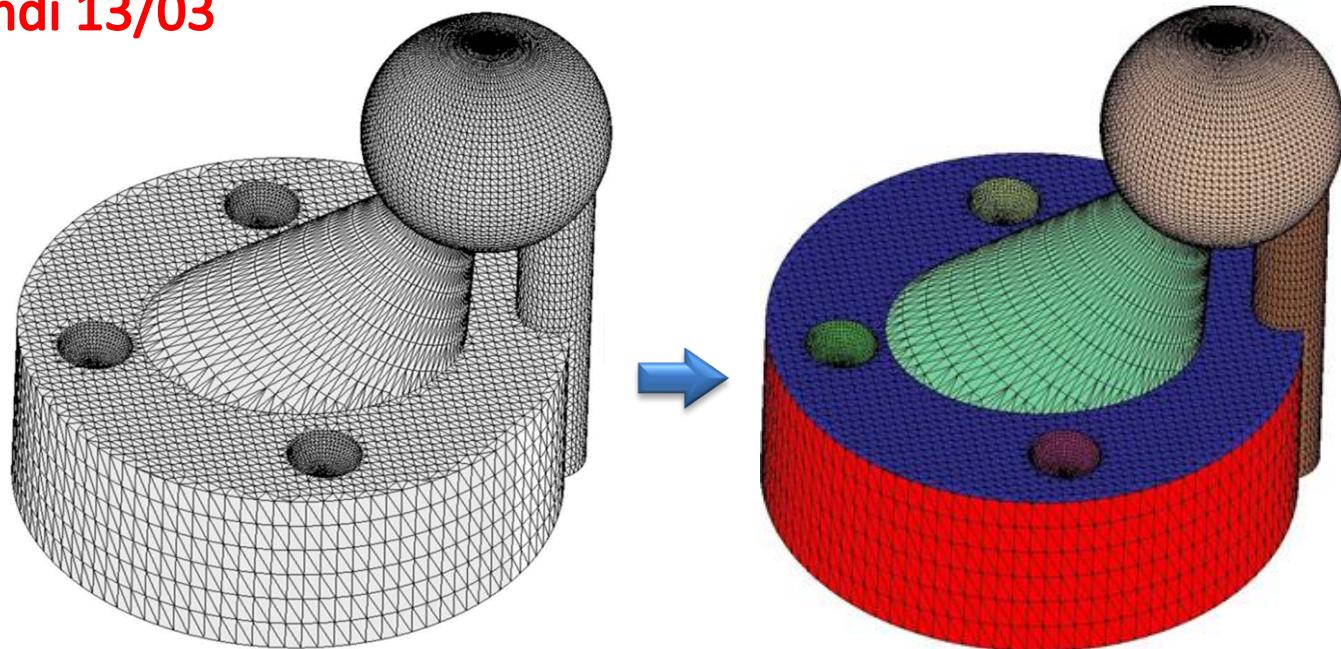
Conclusion

- Calcul d'un maillage :
 - discrétisation d'une surface continue,
 - triangulation d'un nuage de points.
- Maillage régulier ou semi-régulier,
- Etude de la forme du maillage :
 - image Gaussienne,
 - courbure 3D.
- Défauts sur les maillages.

FIN

Segmentation de maillage

lundi 13/03



Pour récupérer les cours et le TD/TP:
Moodle HMIN212