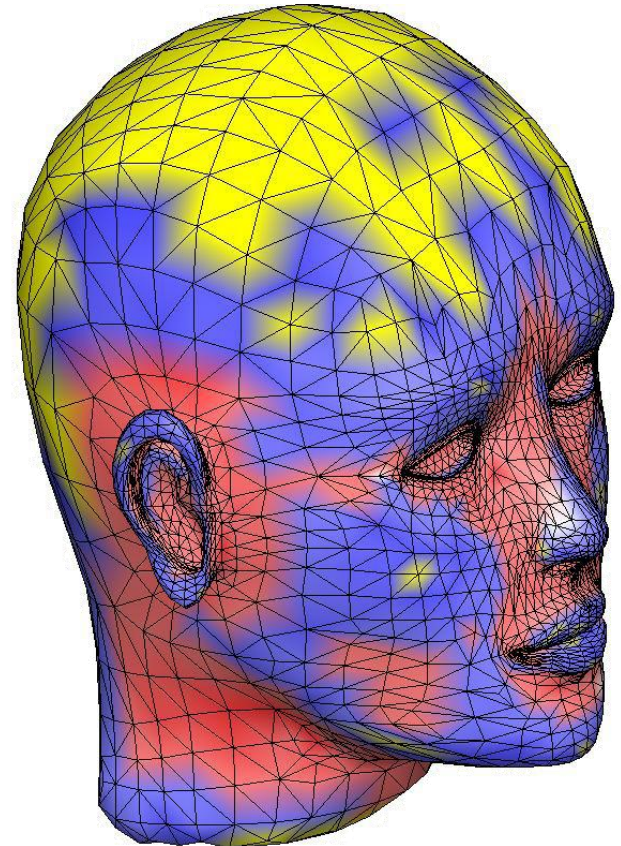
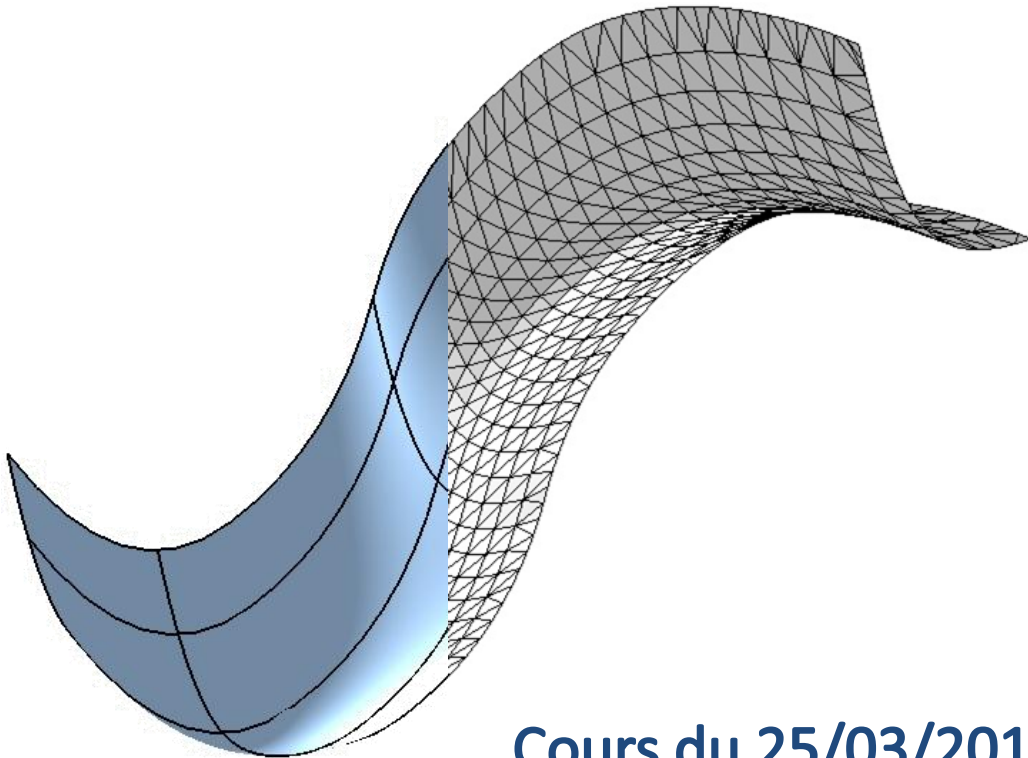


## Maillage avancé



Cours du 25/03/2013

# Plan

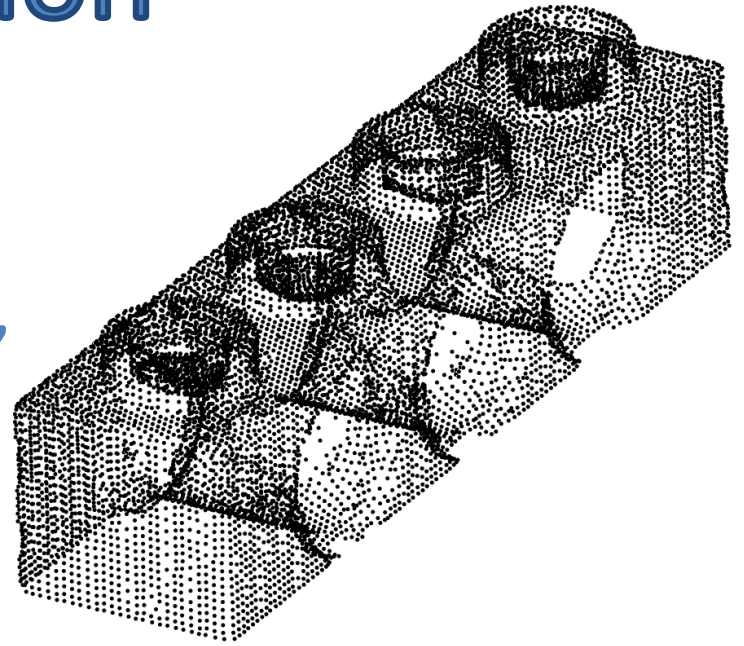
- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d'un maillage
- Segmentation
- Conclusion

# Introduction

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

# Introduction

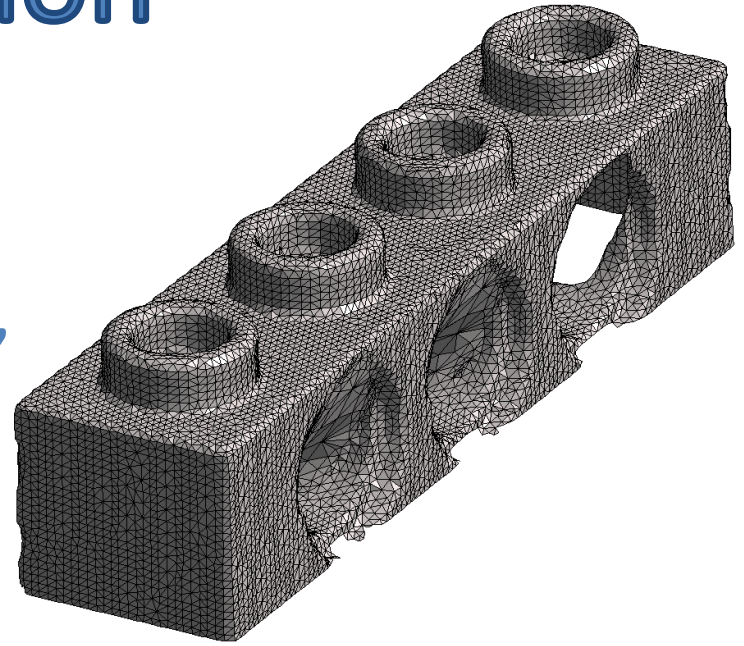
- Création d'un maillage :
  - à partir d'un nuage de point en utilisant une triangulation,





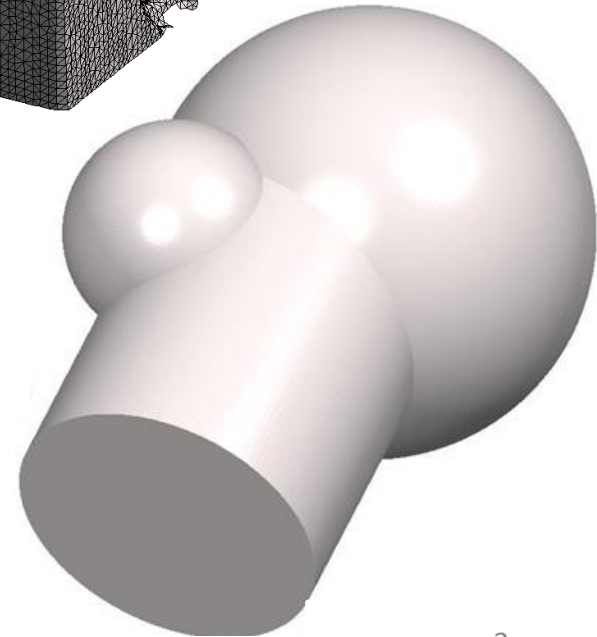
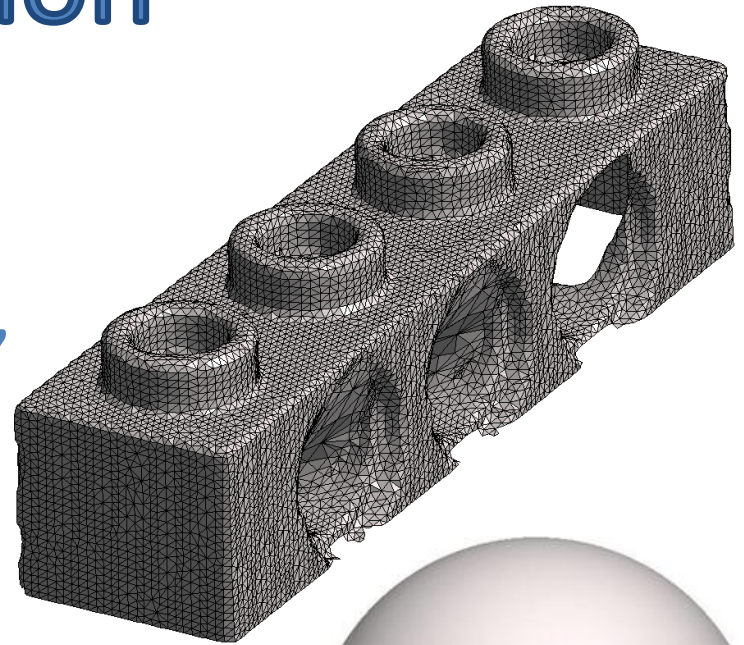
# Introduction

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



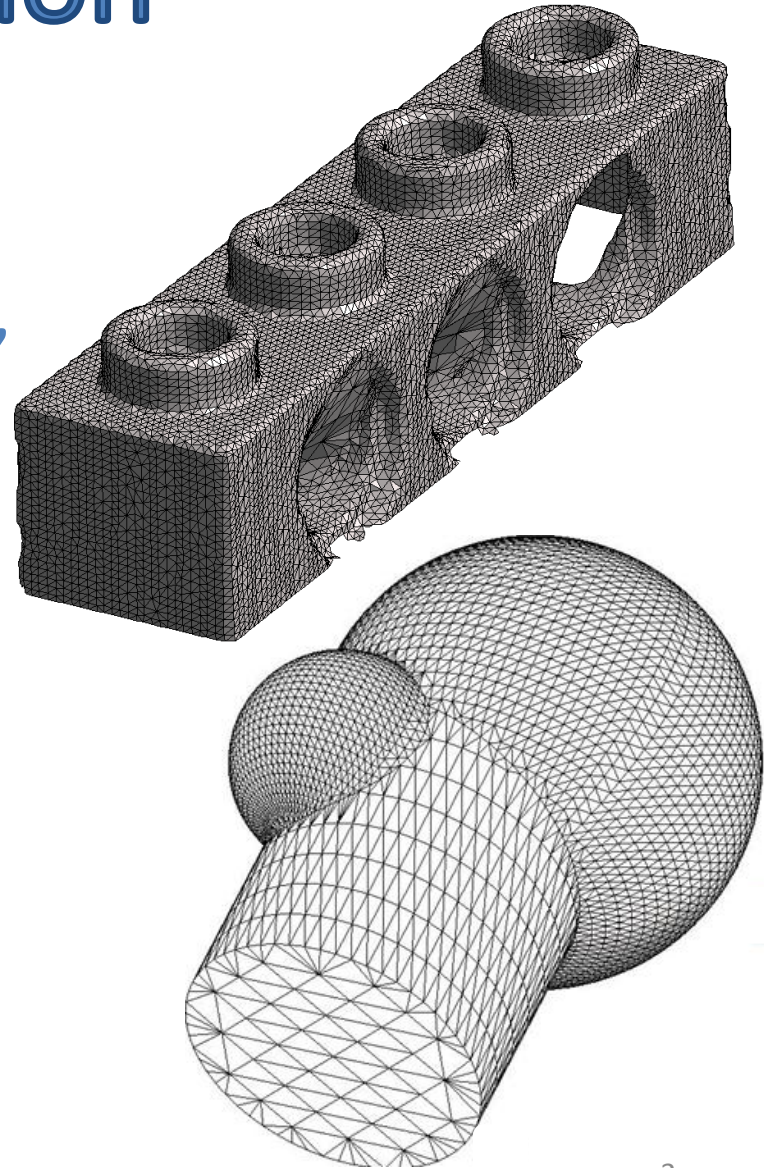
# Introduction

- 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.



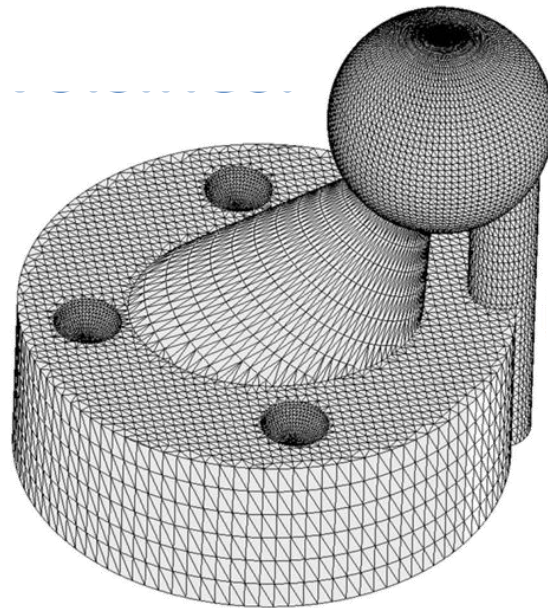
# Introduction

- 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.



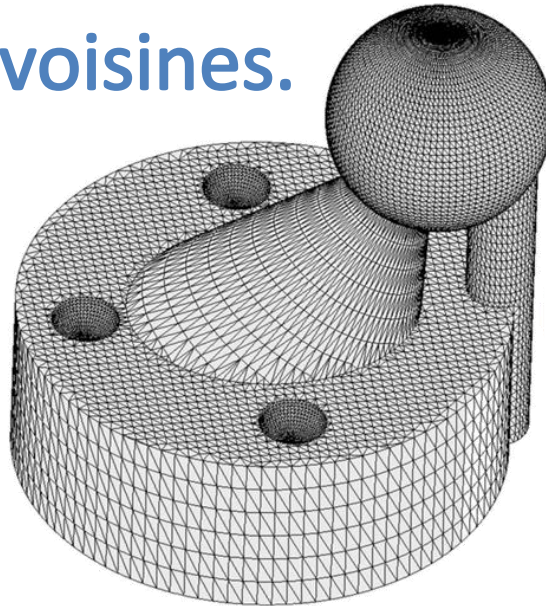
# Introduction

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



# Introduction

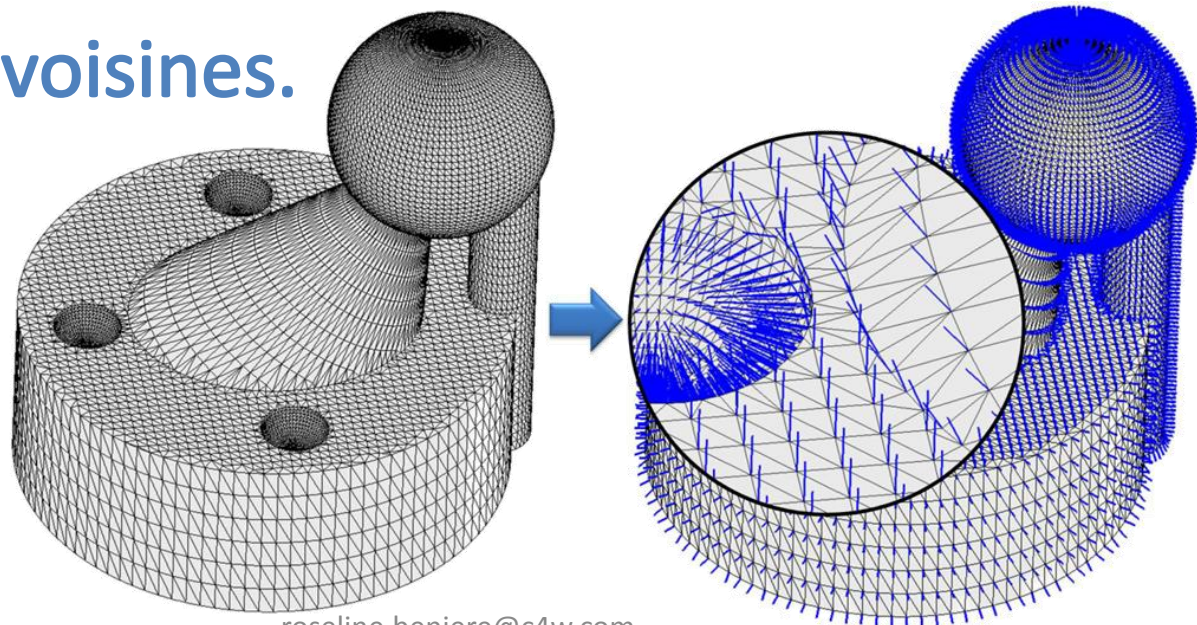
- Selon l'utilisation que l'on souhaite faire des maillages il peut être primordiale d'étudier la forme d'un maillage.
- Les informations de forme sont extraites le plus souvent d'une étude des variations des normales voisines.





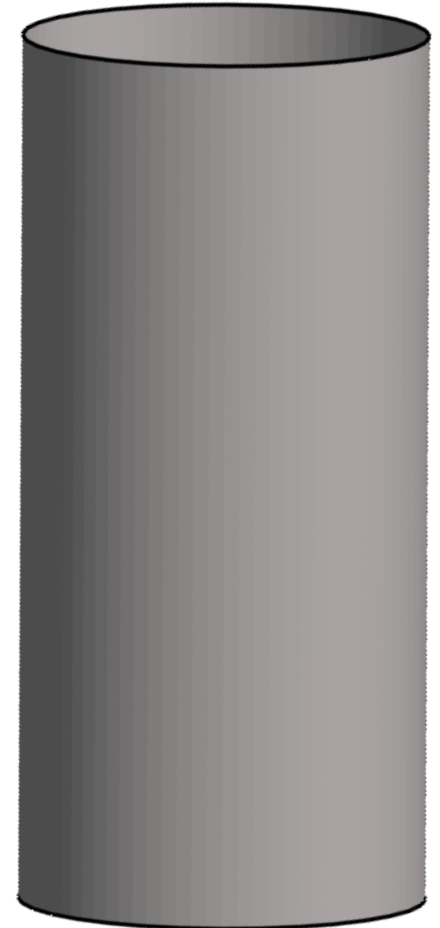
# Introduction

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



# Discrétisation

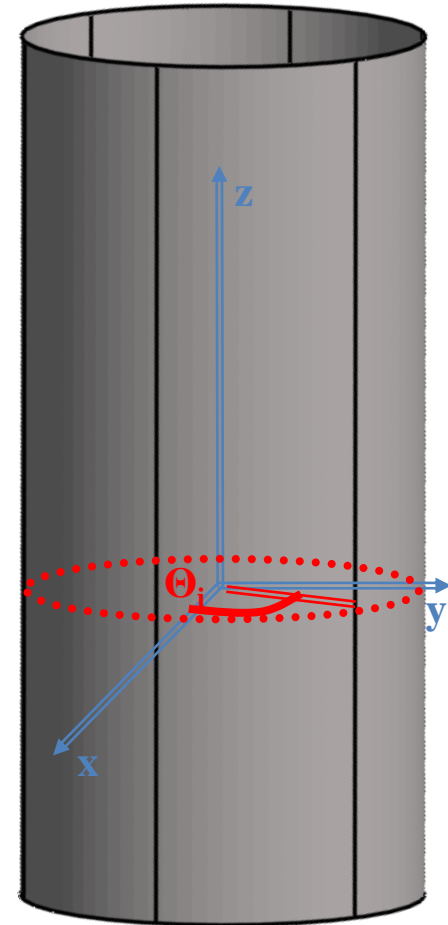
- A partir d'objet simple, exemple du cas du cylindre :





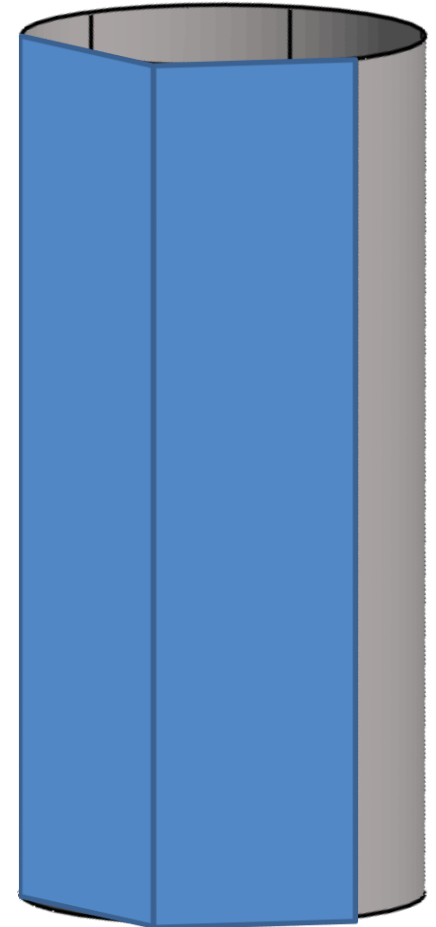
# Discrétisation

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



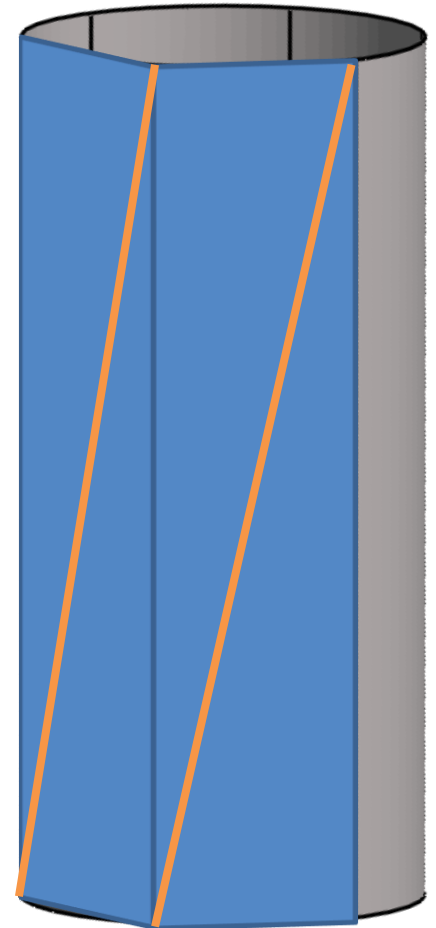
# Discrétisation

- 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,



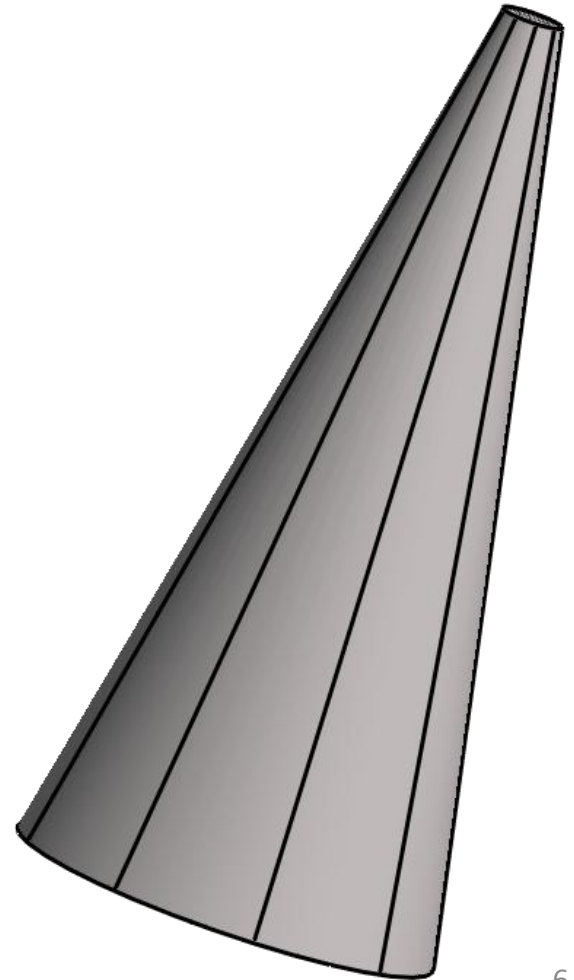
# Discrétisation

- 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.



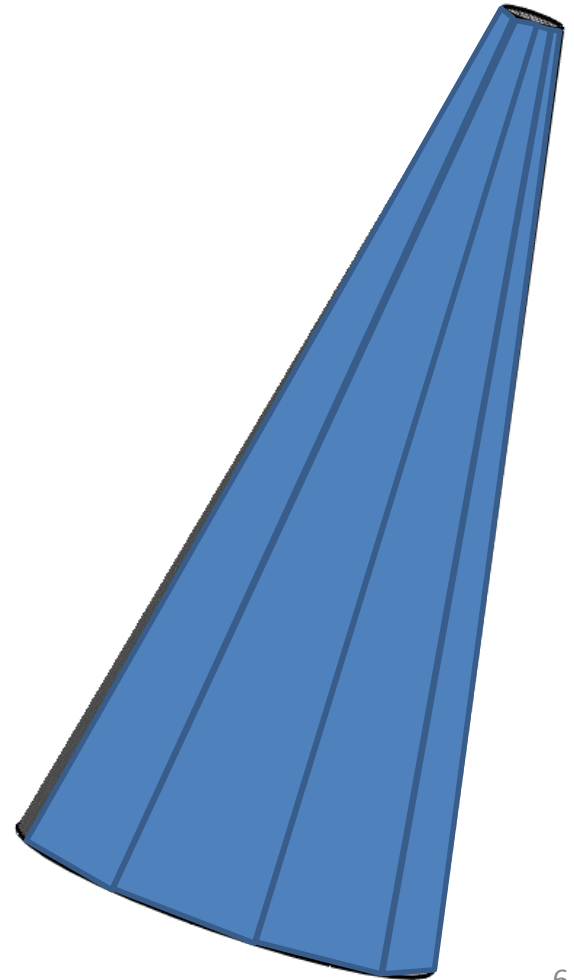
# Discrétisation

- Idem pour le cylindre.



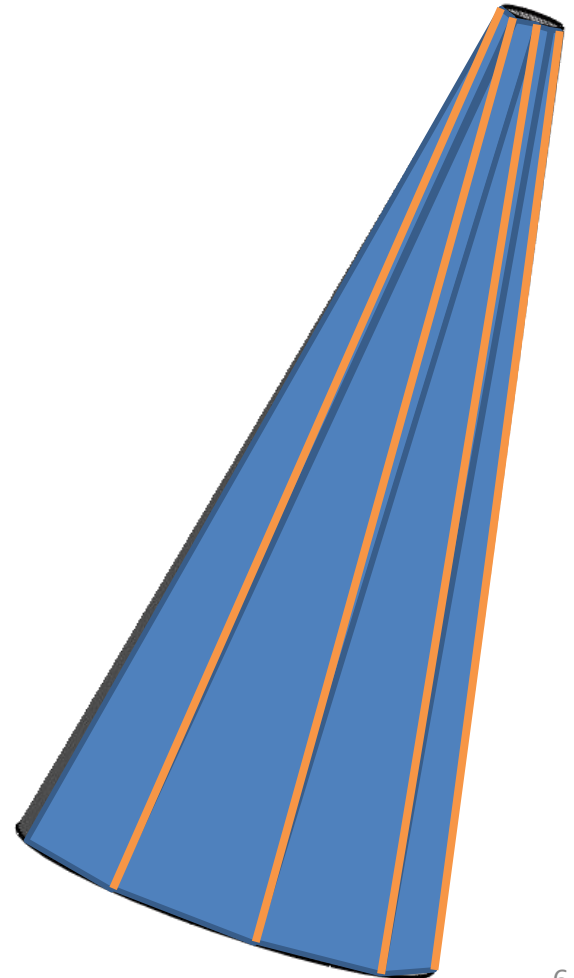
# Discrétisation

- Idem pour le cylindre.



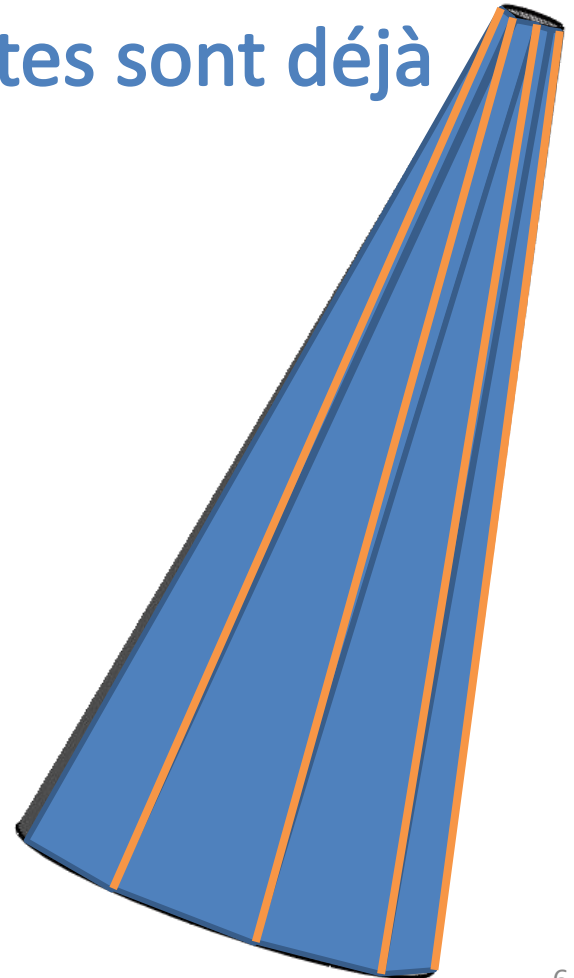
# Discrétisation

- Idem pour le cylindre.



# Discrétisation

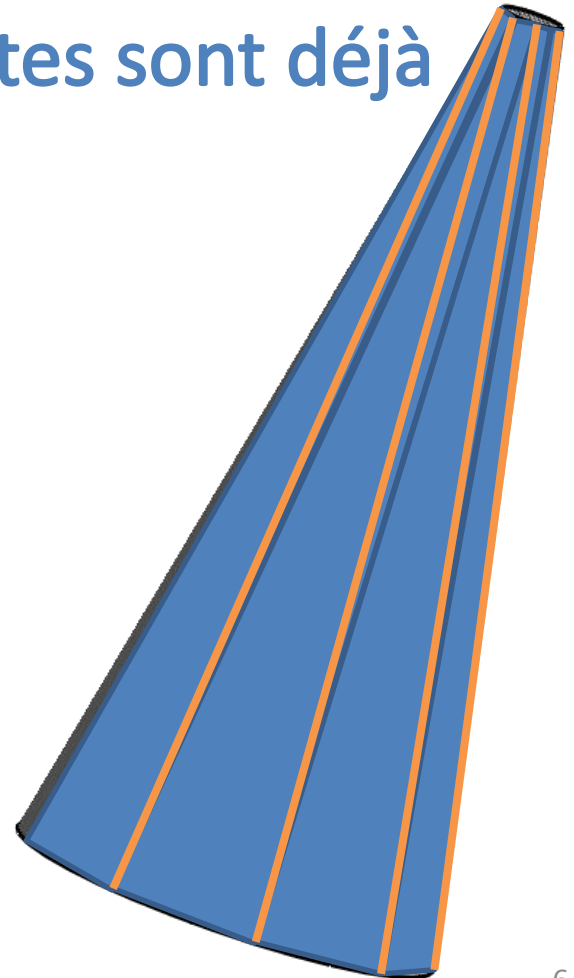
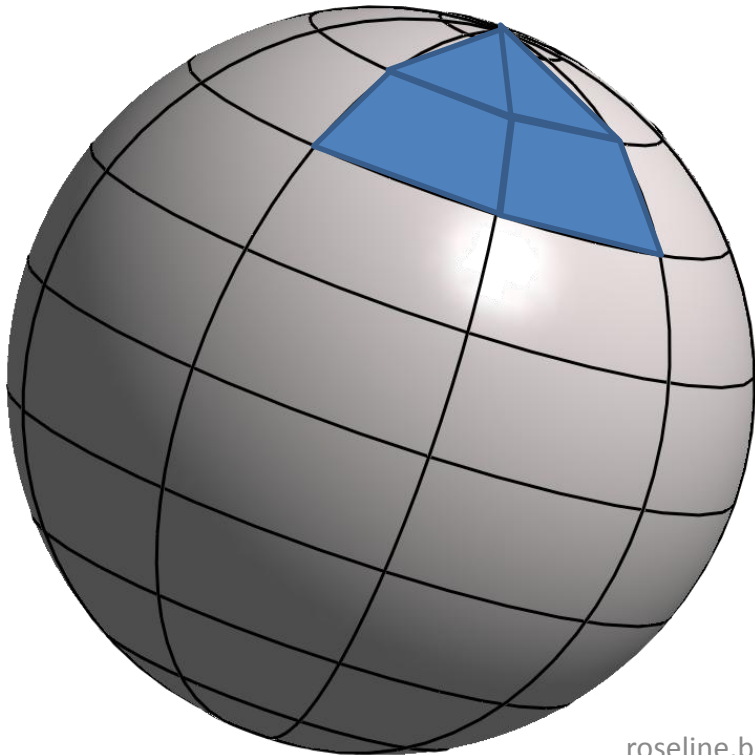
- Idem pour le cylindre.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.





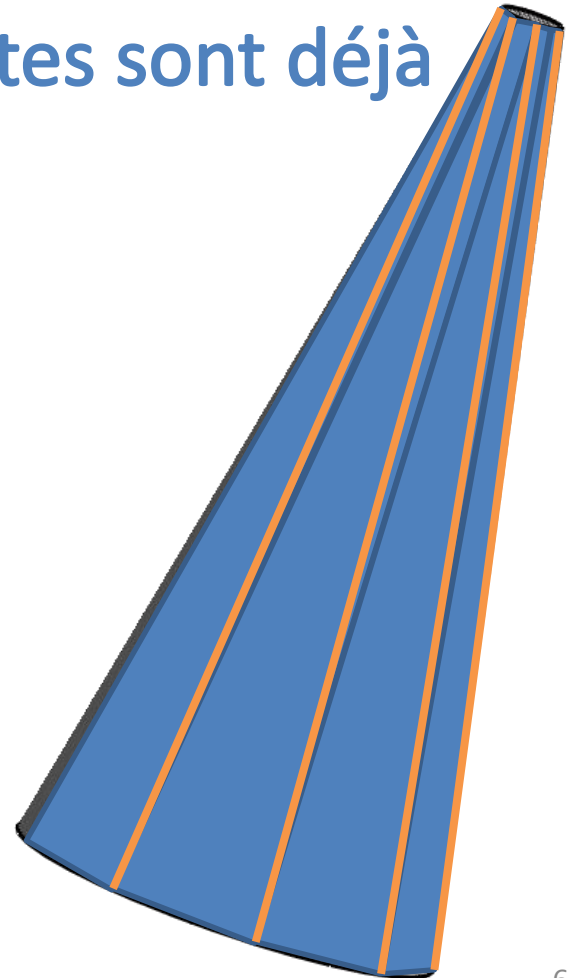
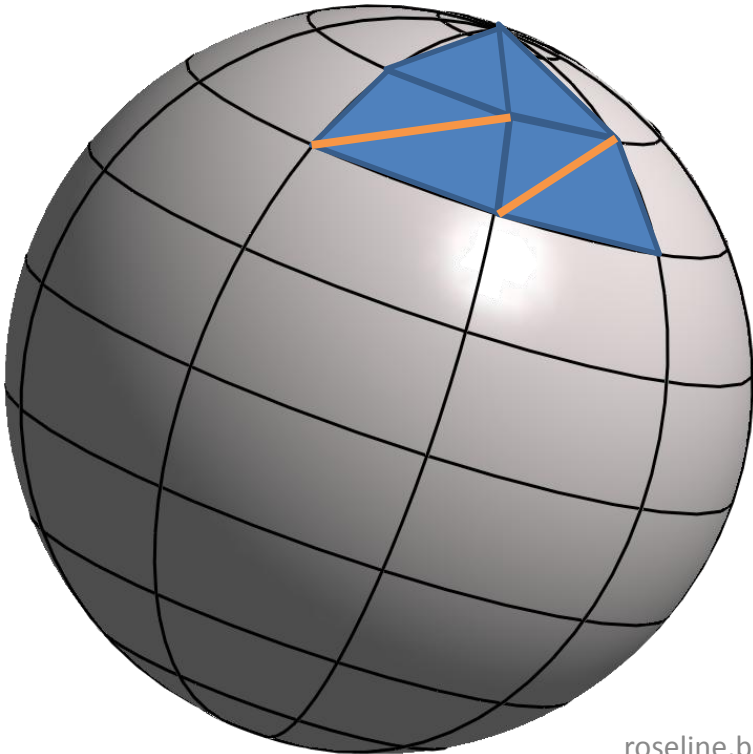
# Discrétisation

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



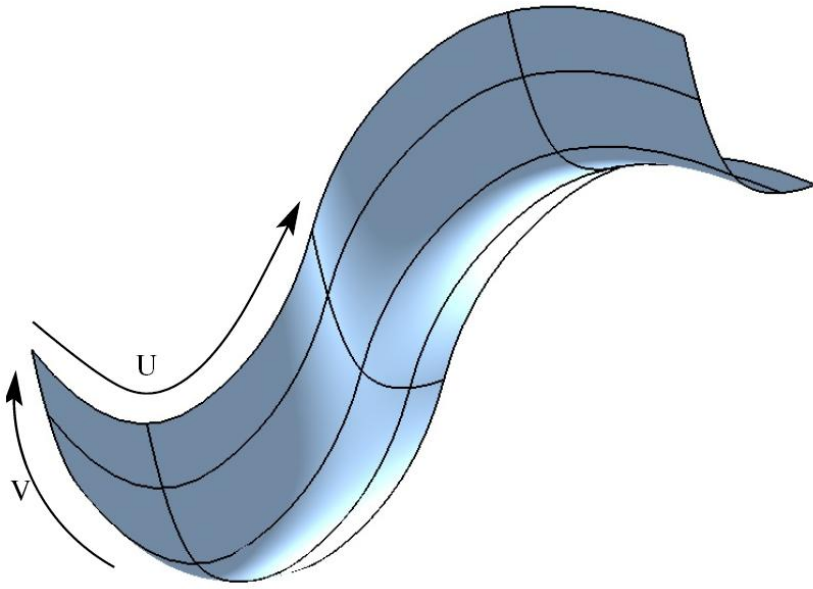
# Discrétisation

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



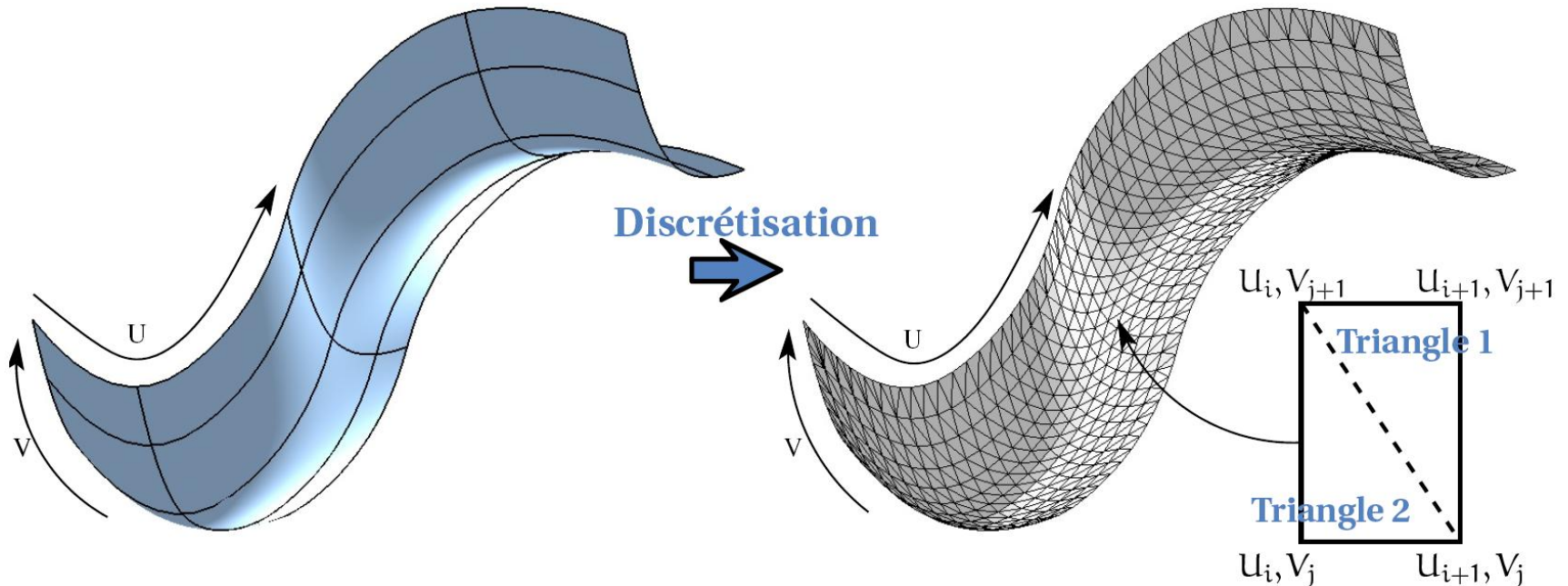
# Discrétisation

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



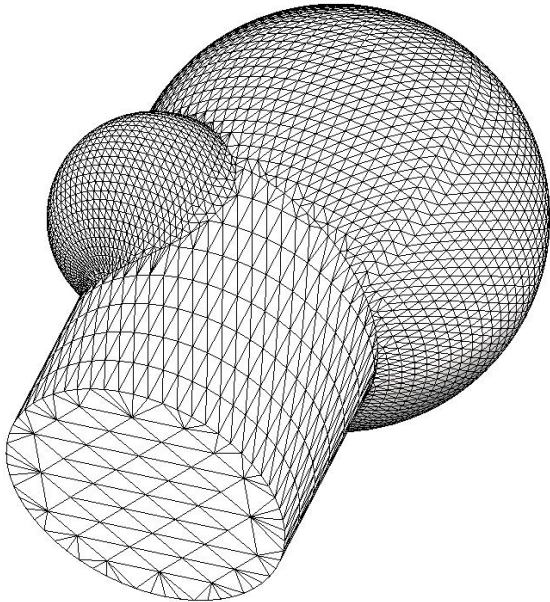
# Discrétisation

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



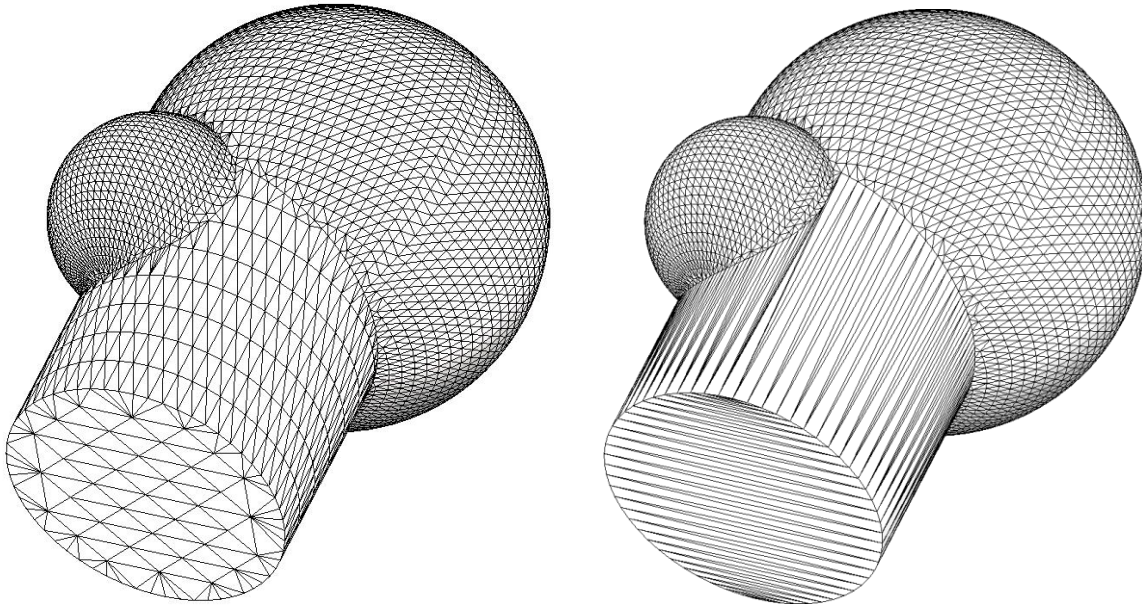
# Discrétisation

- La résolution du maillage est induit par le nombre d'iso-paramétrique calculés en  $U$  ou en  $V$  :



# Discrétisation

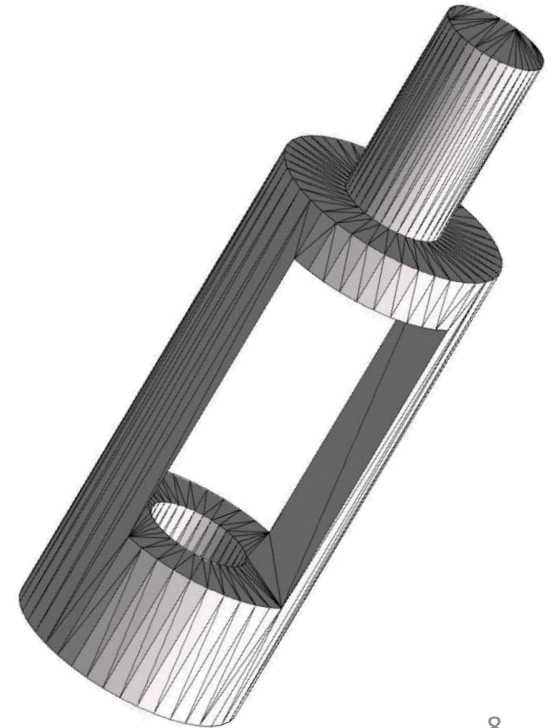
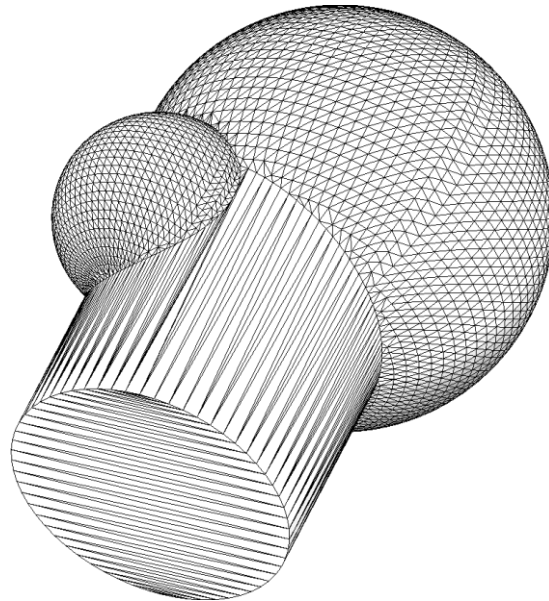
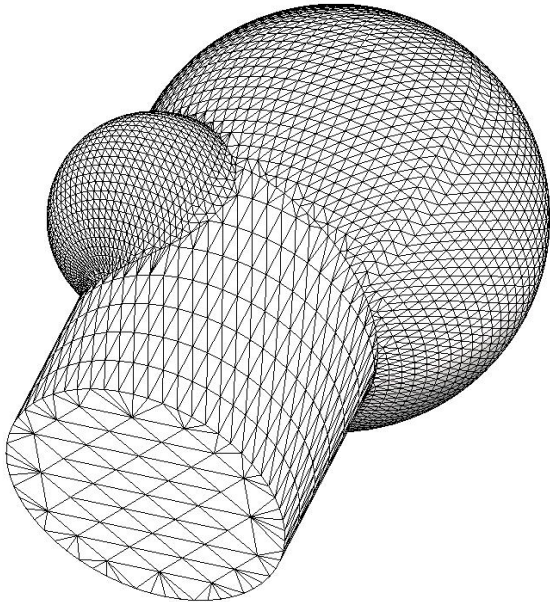
- La résolution du maillage est induit par le nombre d'iso-paramétrique calculés en  $U$  ou en  $V$  :
  - le nombre d'iso-paramétrique en  $U$  ou en  $V$ , peut être différent en fonction de l'objet.





# Discrétisation

- La résolution du maillage est induit par le nombre d'iso-paramétrique calculés en  $U$  ou en  $V$  :
  - le nombre d'iso-paramétrique en  $U$  ou en  $V$ , peut être différent en fonction de l'objet.



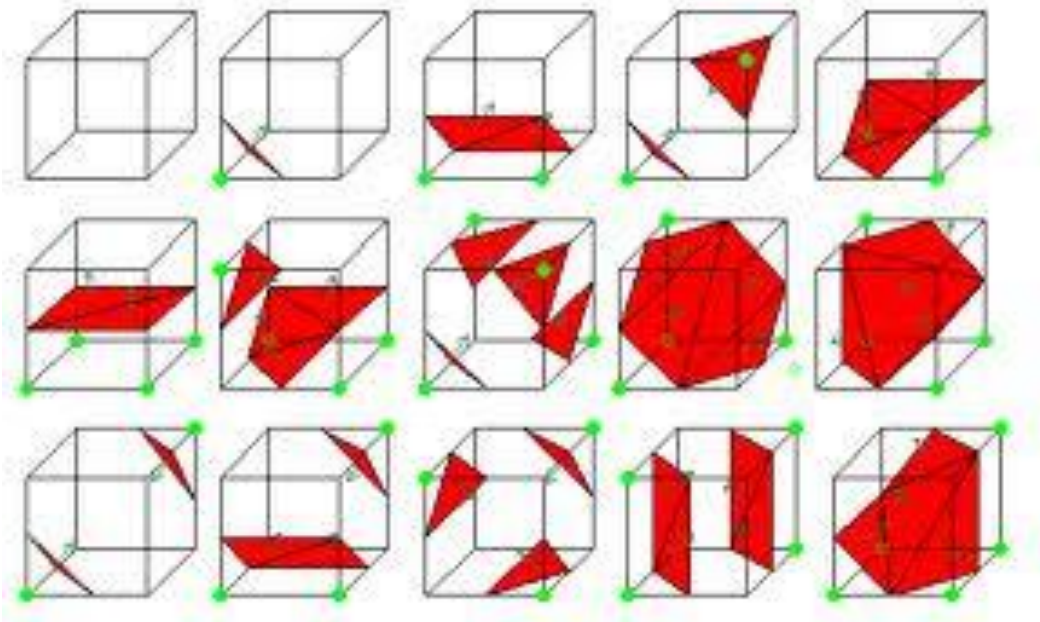


# Triangulation

- A partir d'un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par approximation → "Surface de poisson", basée sur les normales aux sommets,

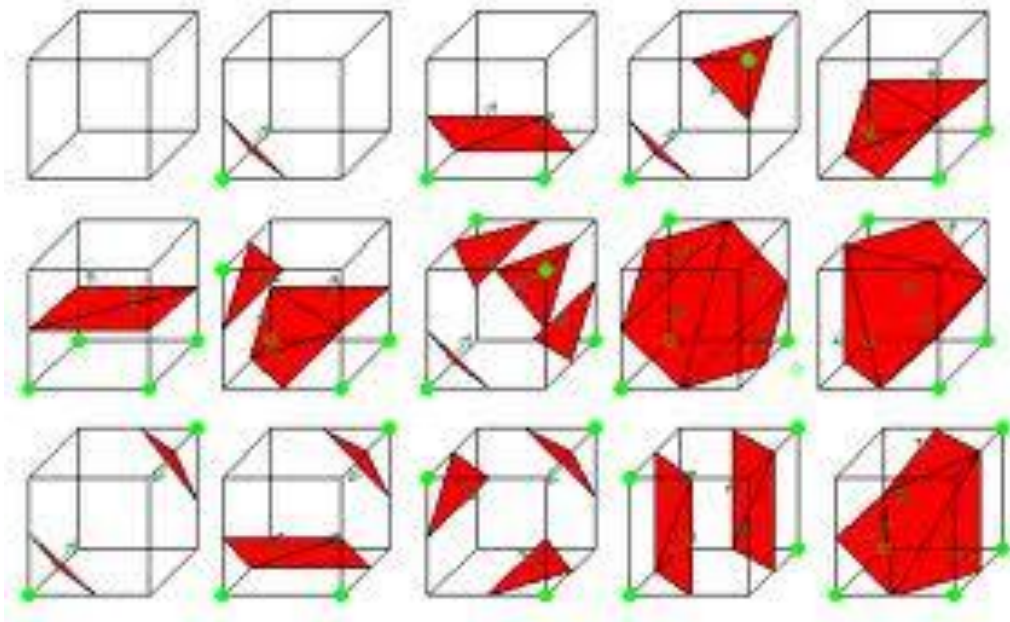
# Triangulation

- A partir d'un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par approximation → "Surface de poisson", basée sur les normales aux sommets,
  - par construction → "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 approximation → "Surface de poisson", basée sur les normales aux sommets,
  - par construction → "Marching cube", en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs.

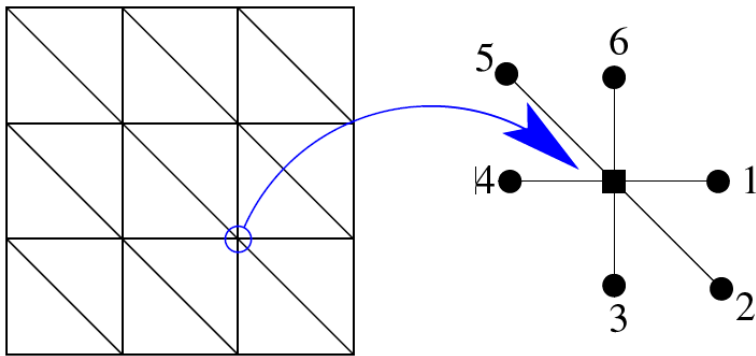


# Maillage régulier

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

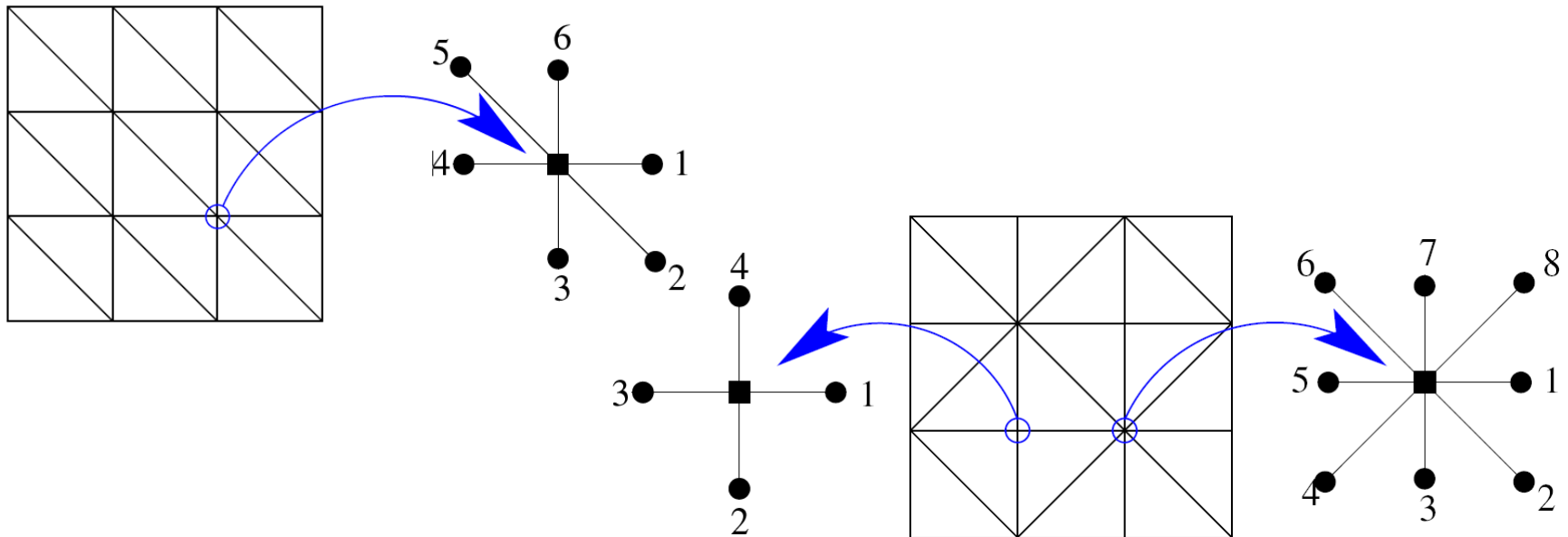
# Maillage régulier

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



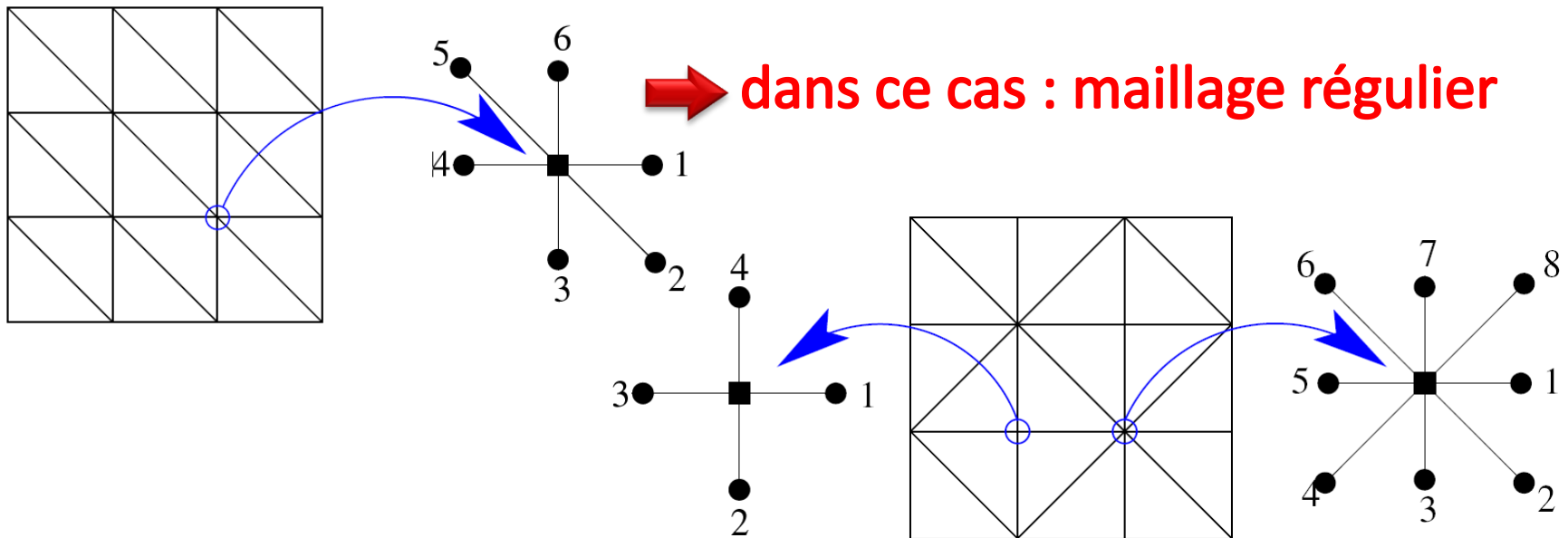
# Maillage régulier

- 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

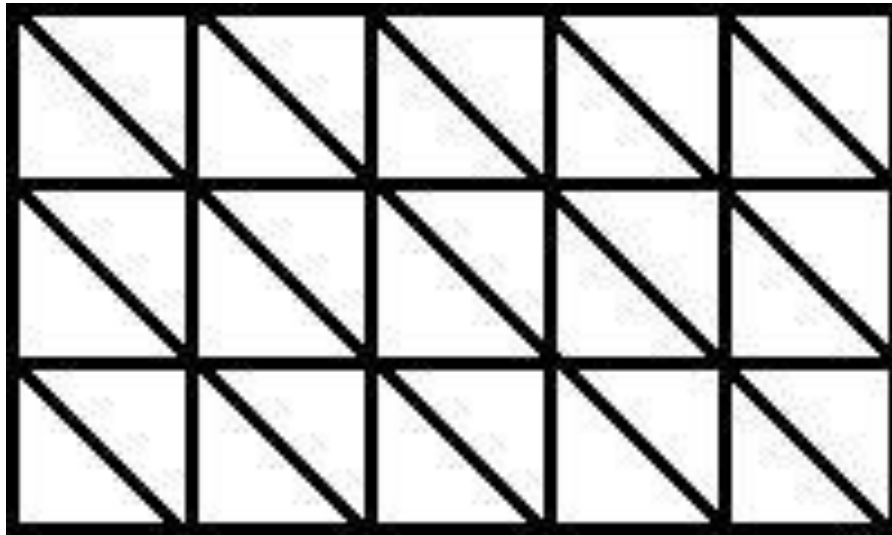
- Lors d'une discrétisation il y a deux façons de rajouter les diagonales :
  - toutes les diagonales dans le même sens (valence 6),
  - un coup d'un côté, un coup de l'autre (valence 4/8).





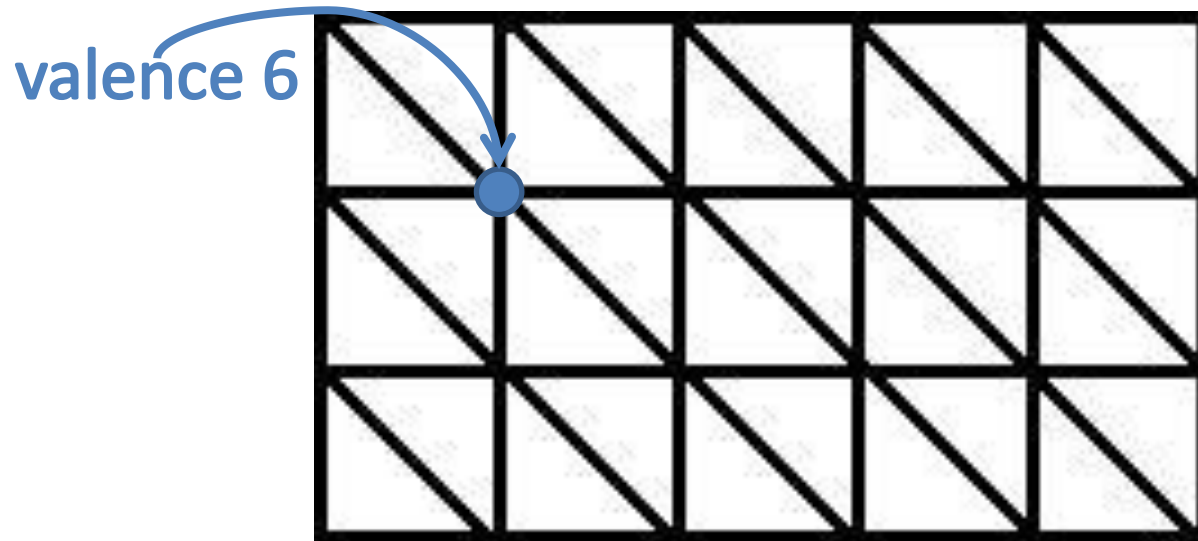
# Maillage régulier

- Un maillage est régulier si :



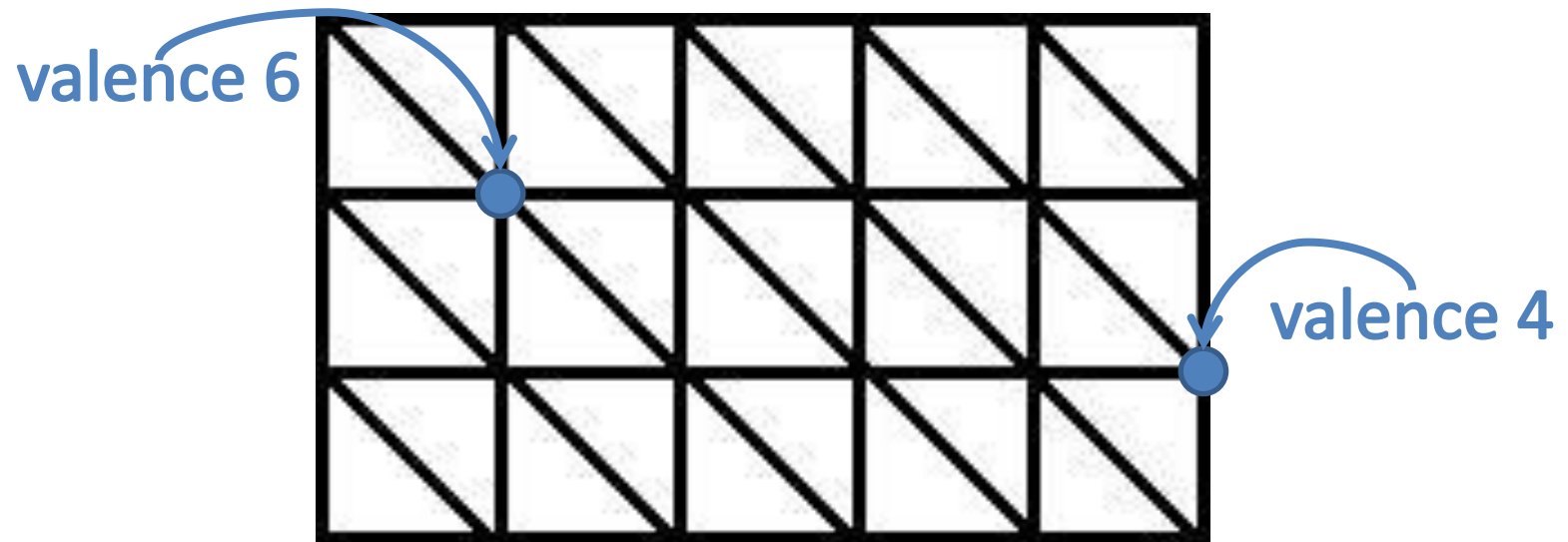
# Maillage régulier

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



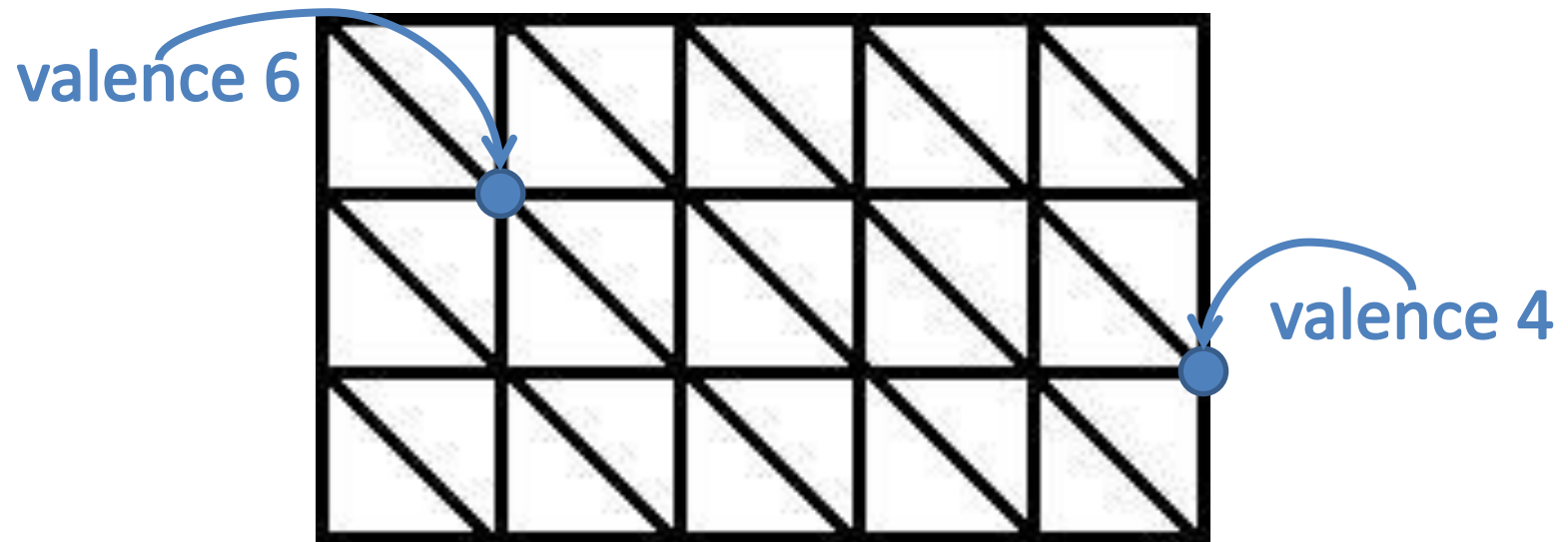
# Maillage régulier

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



# Maillage régulier

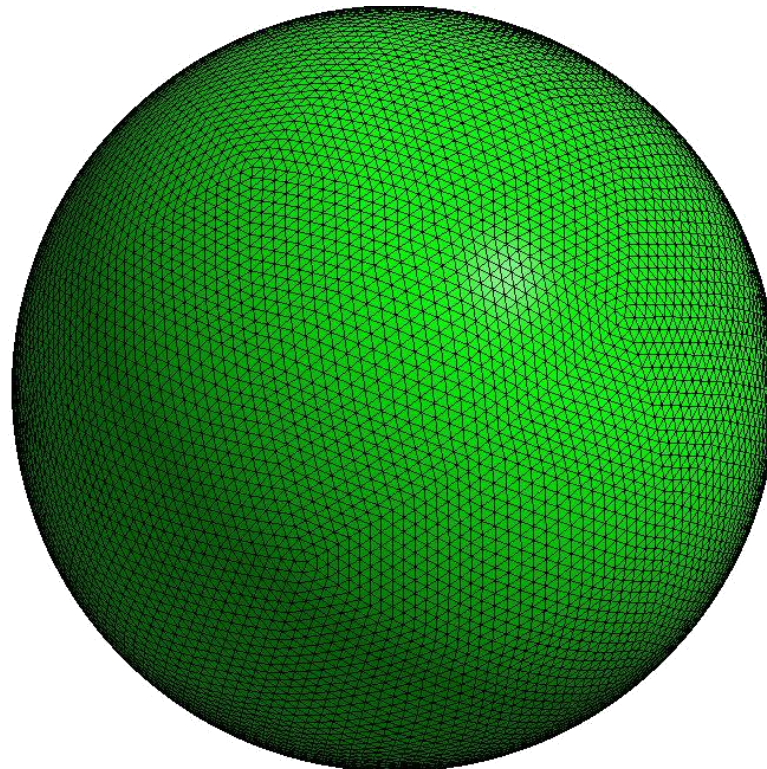
- Un maillage est régulier si :
  - tous ses sommets internes sont de valence 6,
  - tous ses sommets du bord sont de valence 4.



**➔ utile pour certaines opérations : subdivision, topologie ...**

# Maillage régulier

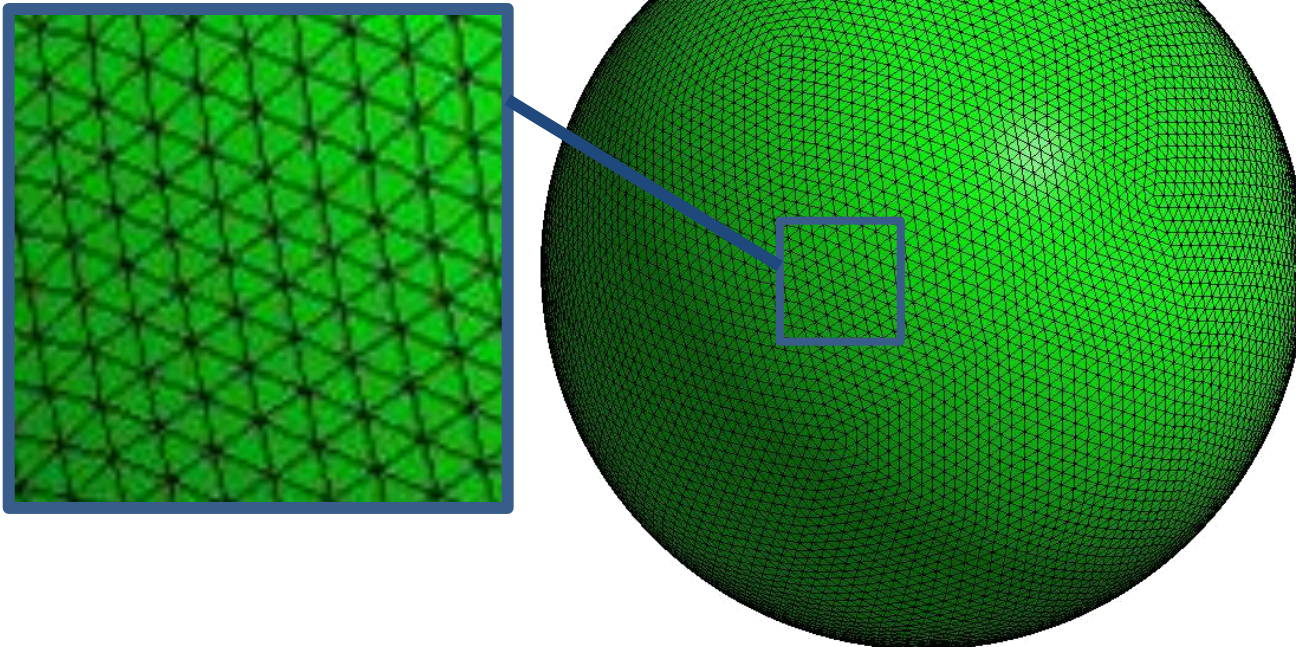
- Un maillage est semi-régulier si :





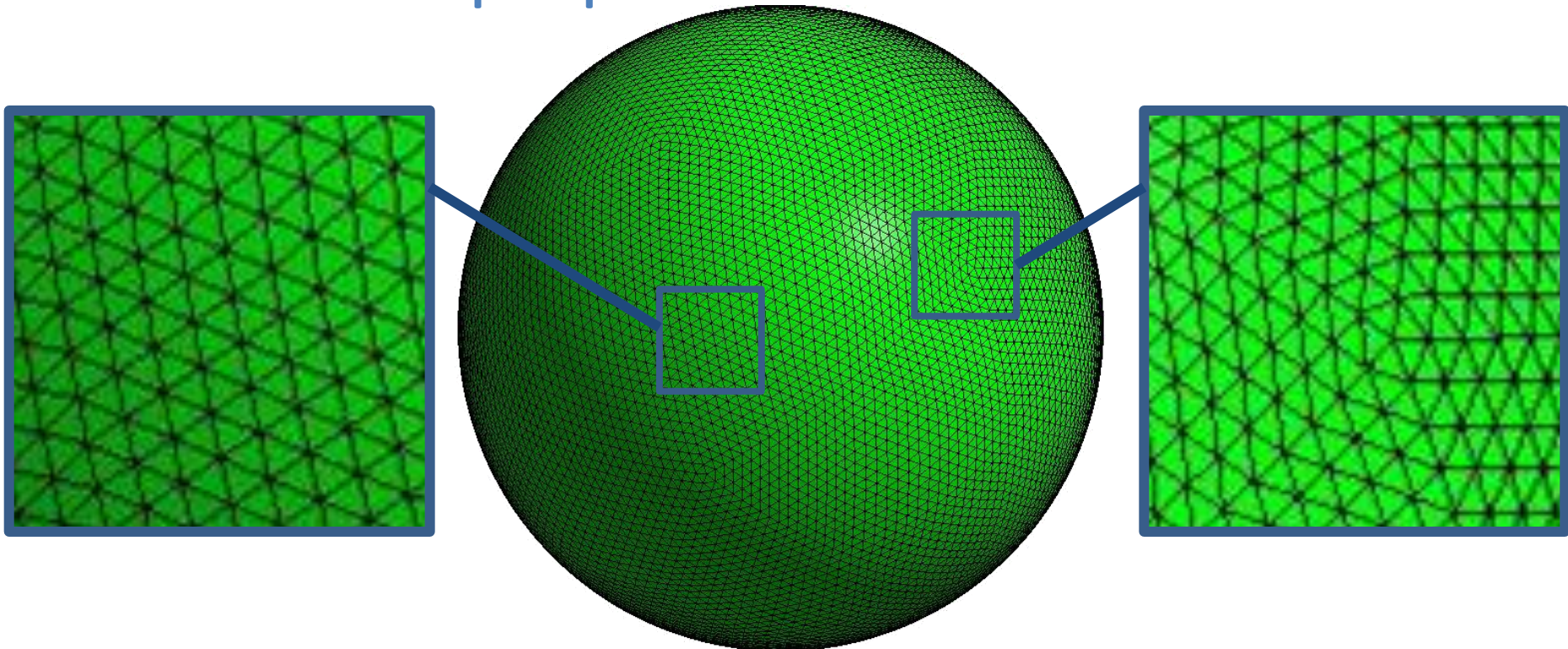
# Maillage régulier

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



# Maillage régulier

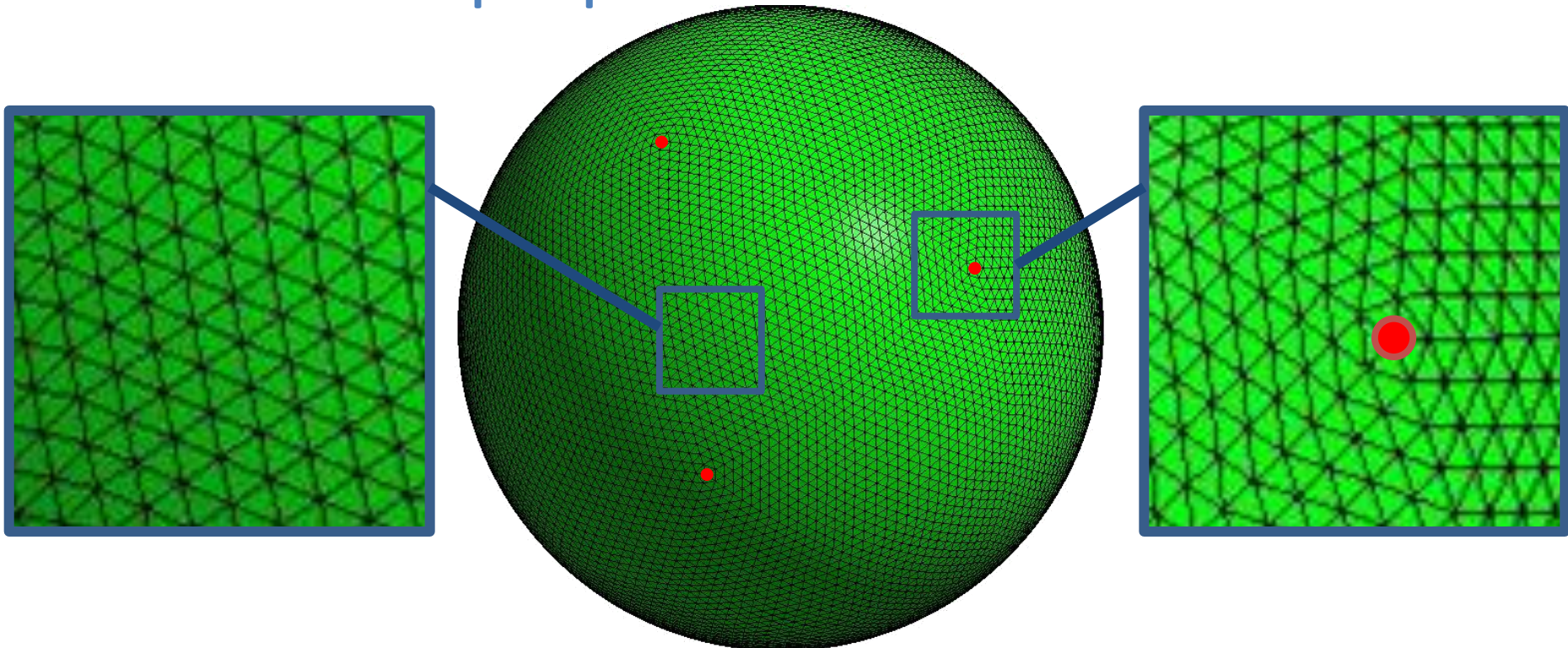
- Un maillage est semi-régulier si :
  - la majeure partie de ses sommets sont de valence 6,
  - seulement quelques sommets ne sont de valence 6.





# Maillage régulier

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



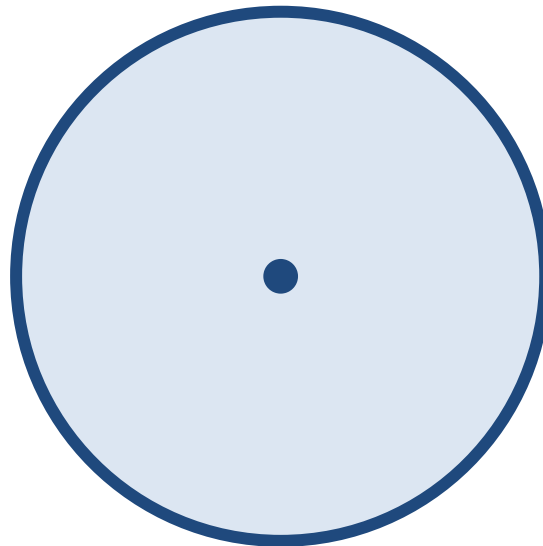


# Définition de la forme d'un maillage

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

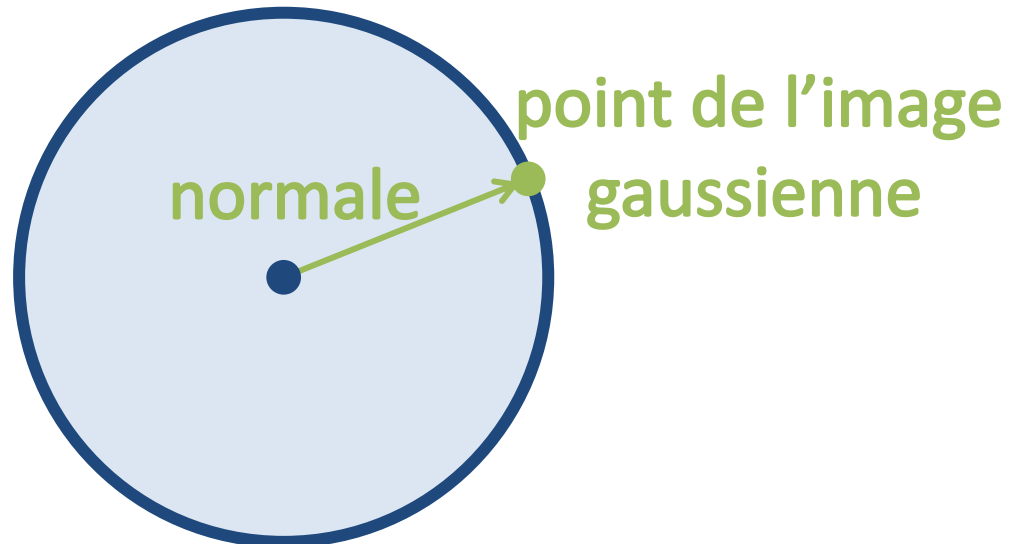
# Définition de la forme d'un maillage

- 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 sommet avec la normale.



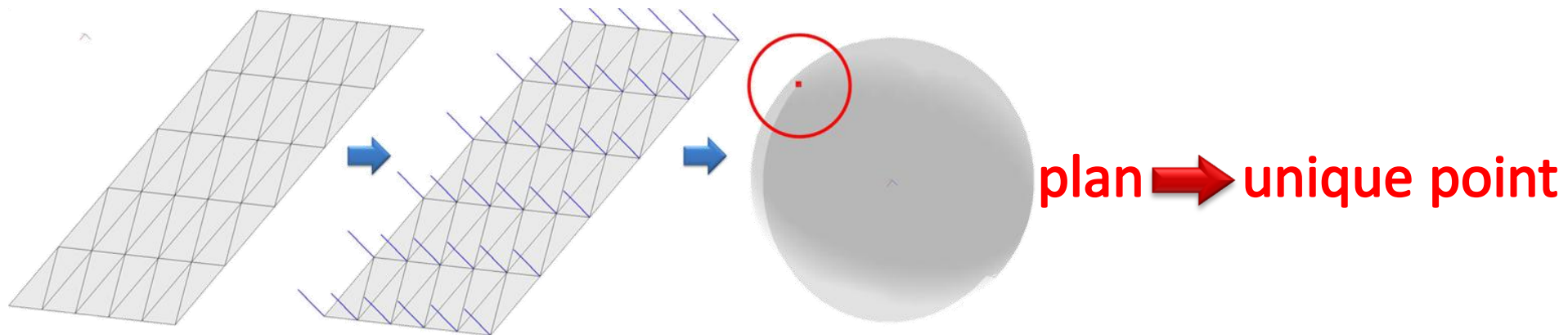
# Définition de la forme d'un maillage

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

# Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :

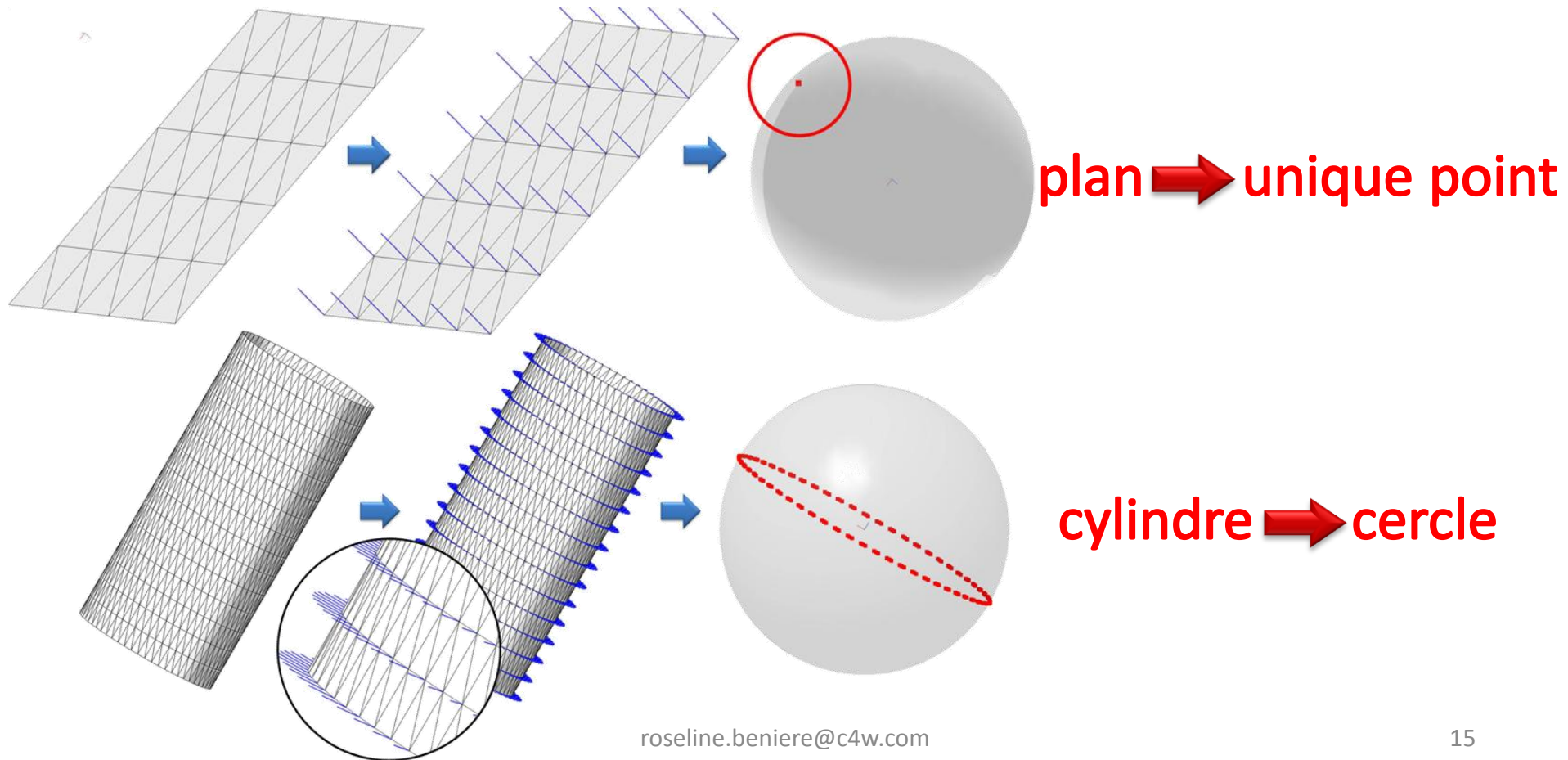
➤ permet de détecter des plans ou des cylindres ...



# Définition de la forme d'un maillage

- L'image Gaussienne :

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



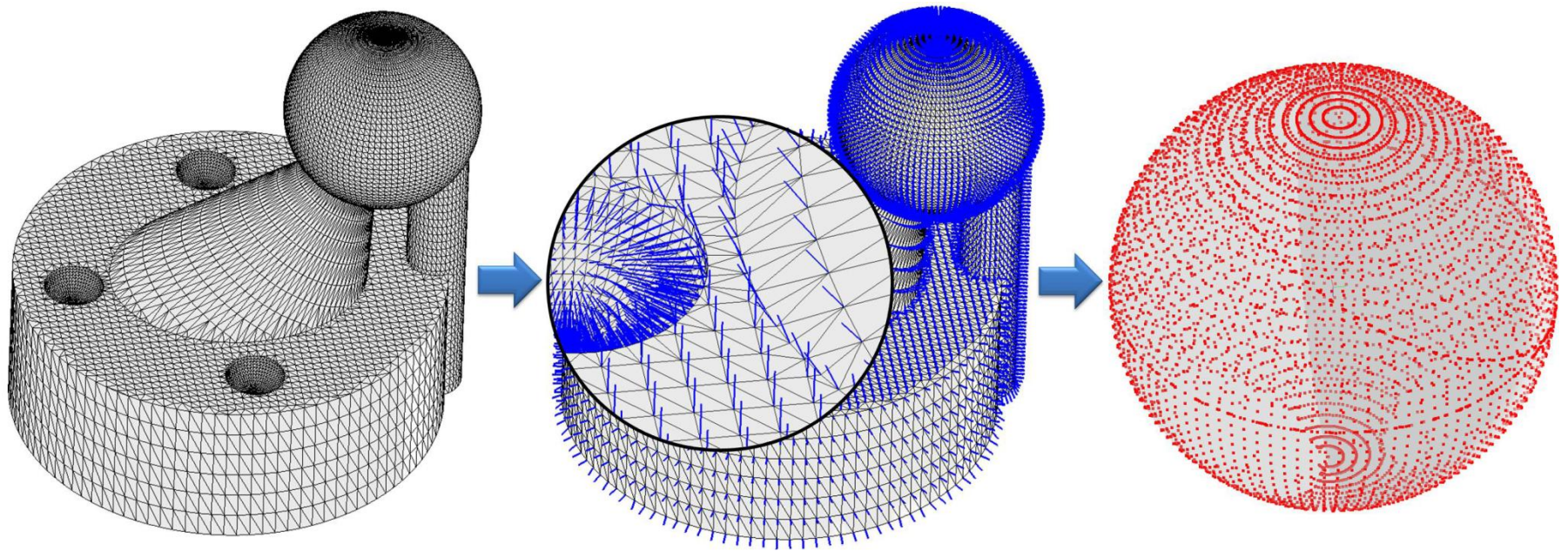
# Définition de la forme d'un maillage

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



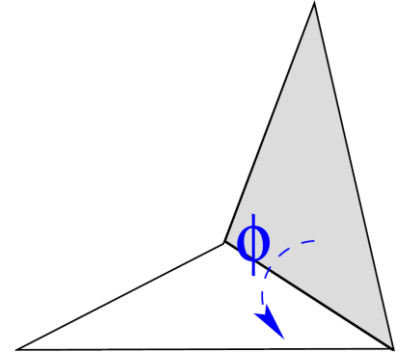
# Définition de la forme d'un maillage

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



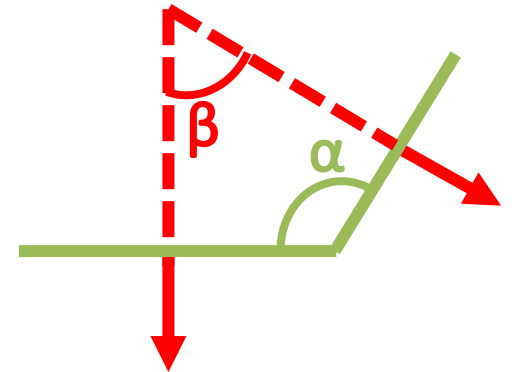
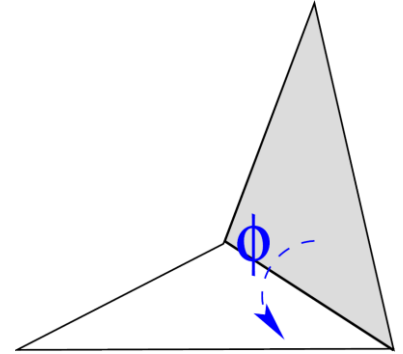
# Définition de la forme d'un maillage

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



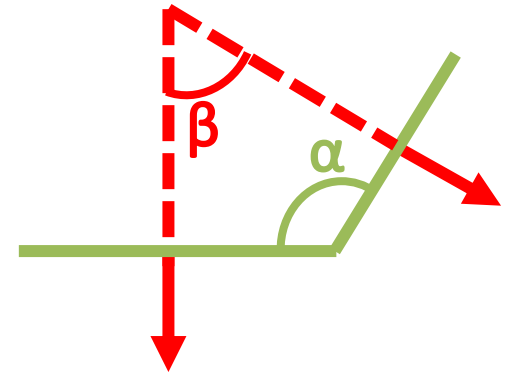
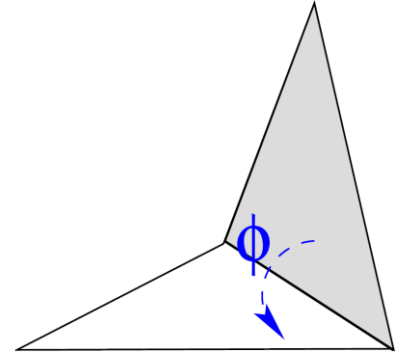
# Définition de la forme d'un maillage

- 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,



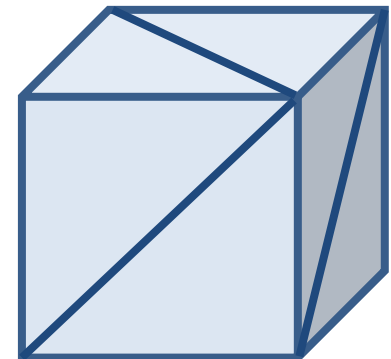
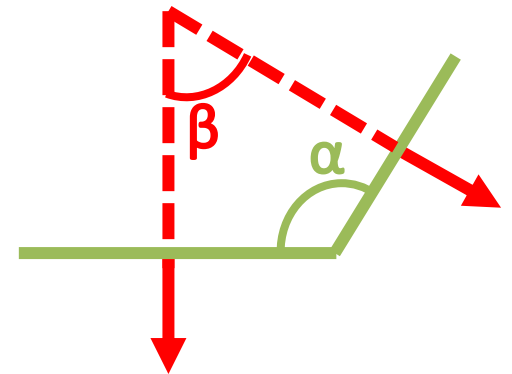
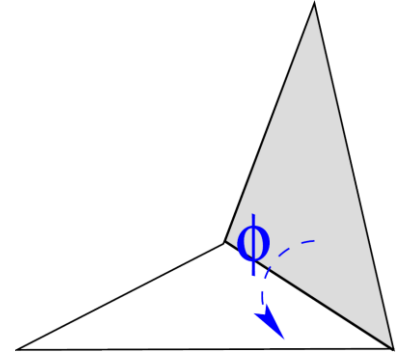
# Définition de la forme d'un maillage

- 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,  
➔  $\pi = \beta + \alpha$



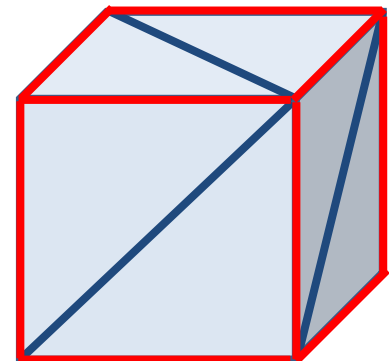
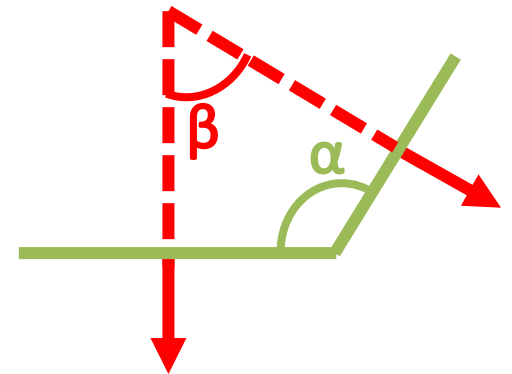
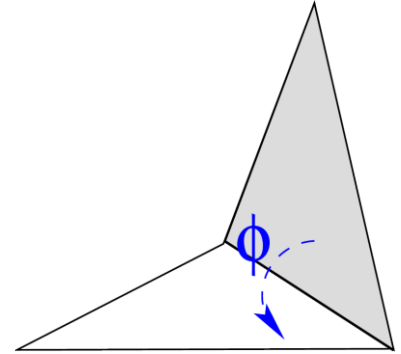
# Définition de la forme d'un maillage

- 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,  
➔  $\pi = \beta + \alpha$
  - permet de détecter les changements brusques de forme comme des arêtes vives.



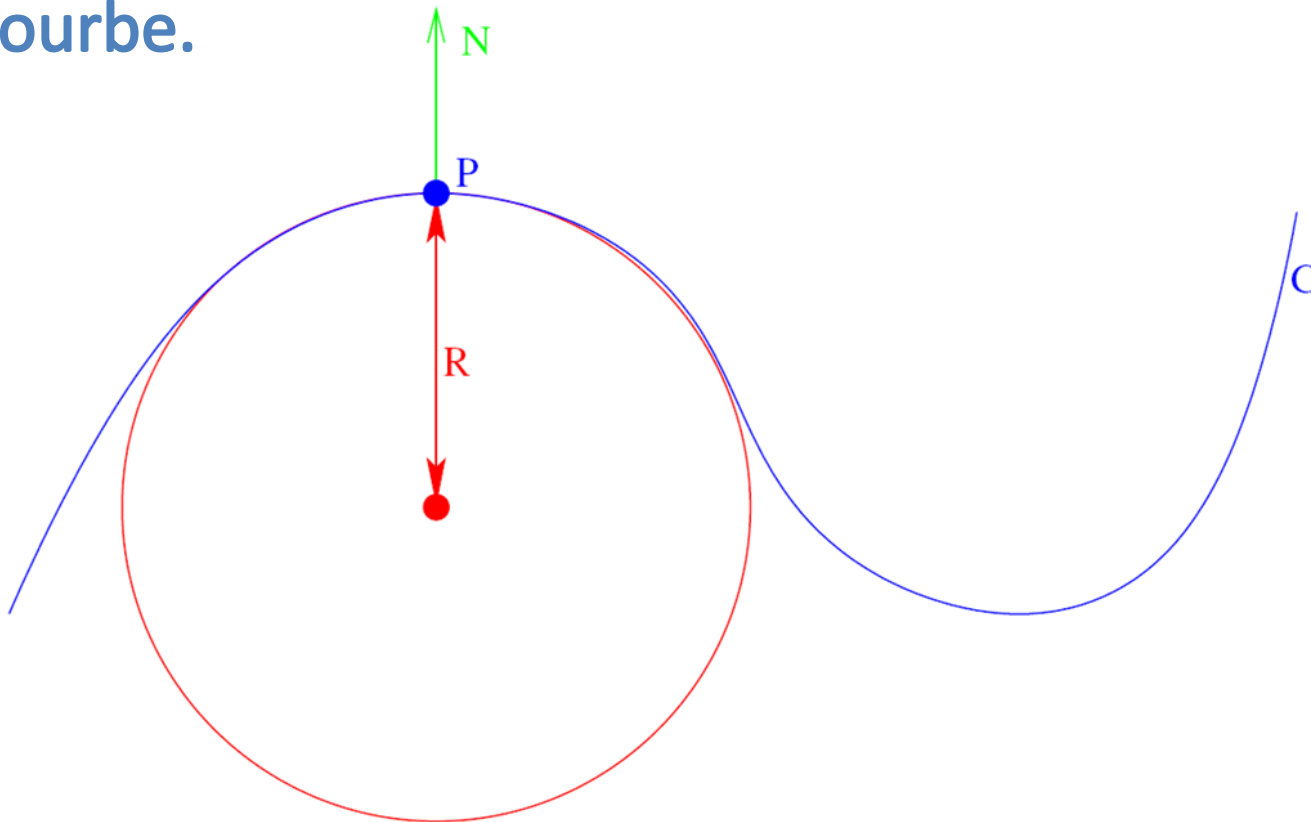
# Définition de la forme d'un maillage

- 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,  
➔  $\pi = \beta + \alpha$
  - 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.

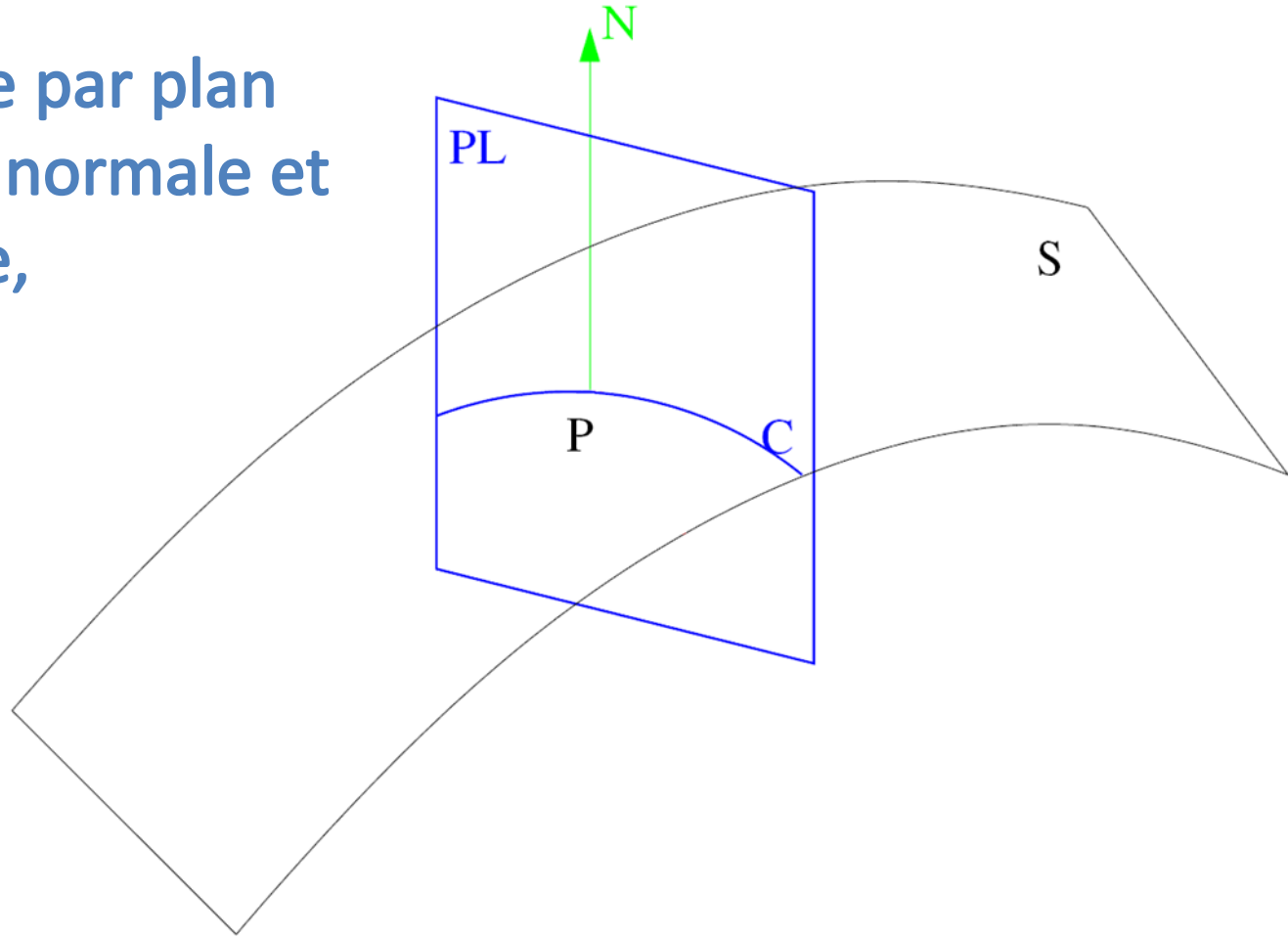




# Définition de la forme d'un maillage

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

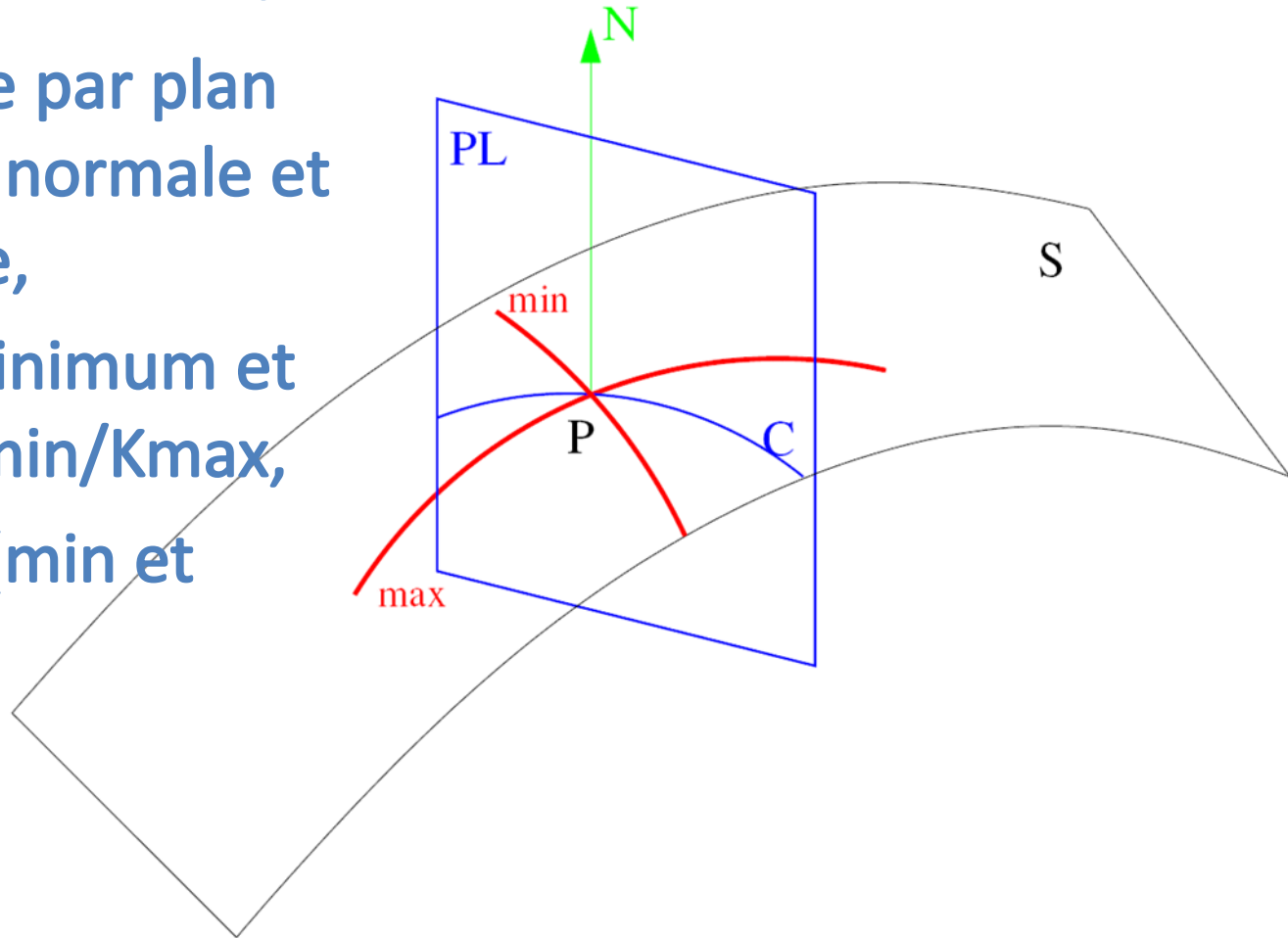
➤ une courbure par plan contenant la normale et une tangente,



# 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  $90^\circ$ ,
- 1 normale.



# Définition de la forme d'un maillage

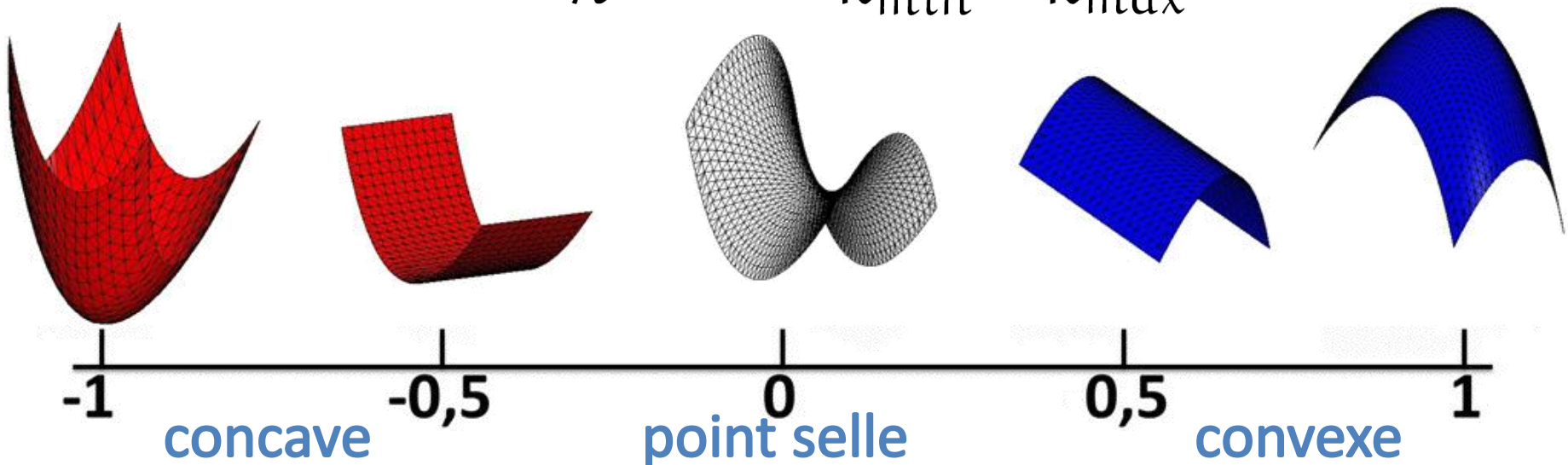
- Forme à partir de la courbure :
  - utilisation d'un coefficient le ``Shape Index'' :

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

# Définition de la forme d'un maillage

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

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



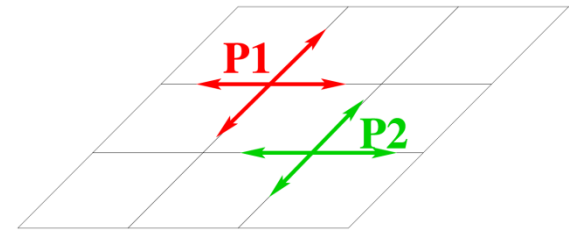
# Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

# Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

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

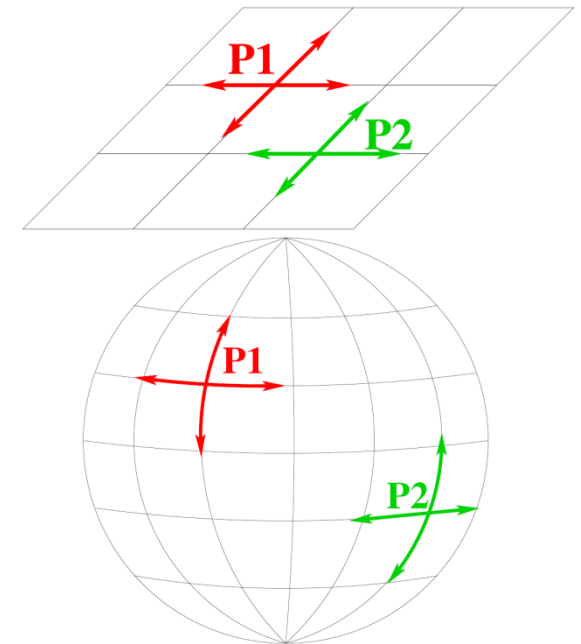


# Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

➤ plan ➔  $K_{\min} = K_{\max} = 0$ ,

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





# Définition de la forme d'un maillage

- Forme à partir de la courbure, objets spécifiques :

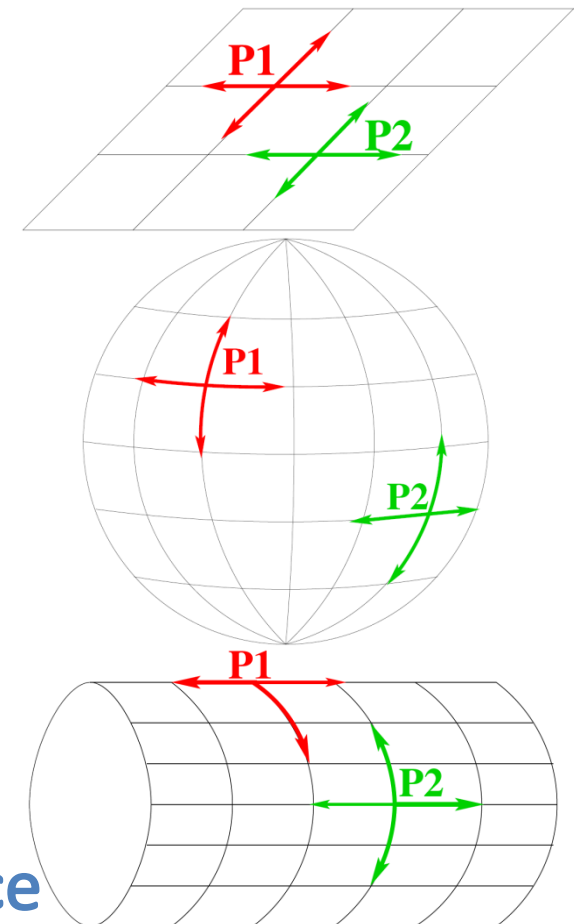
➤ plan ➔  $K_{min} = K_{max} = 0$ ,

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

➤ cylindre ou cône

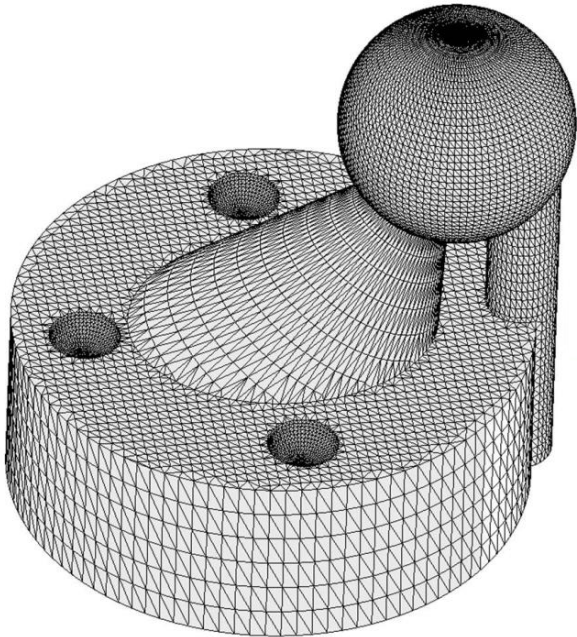
➔  $K_{min}$  ou  $K_{max} = 0$ ,

➔  $DirMin$  ou  $DirMax = \text{génératrice}$



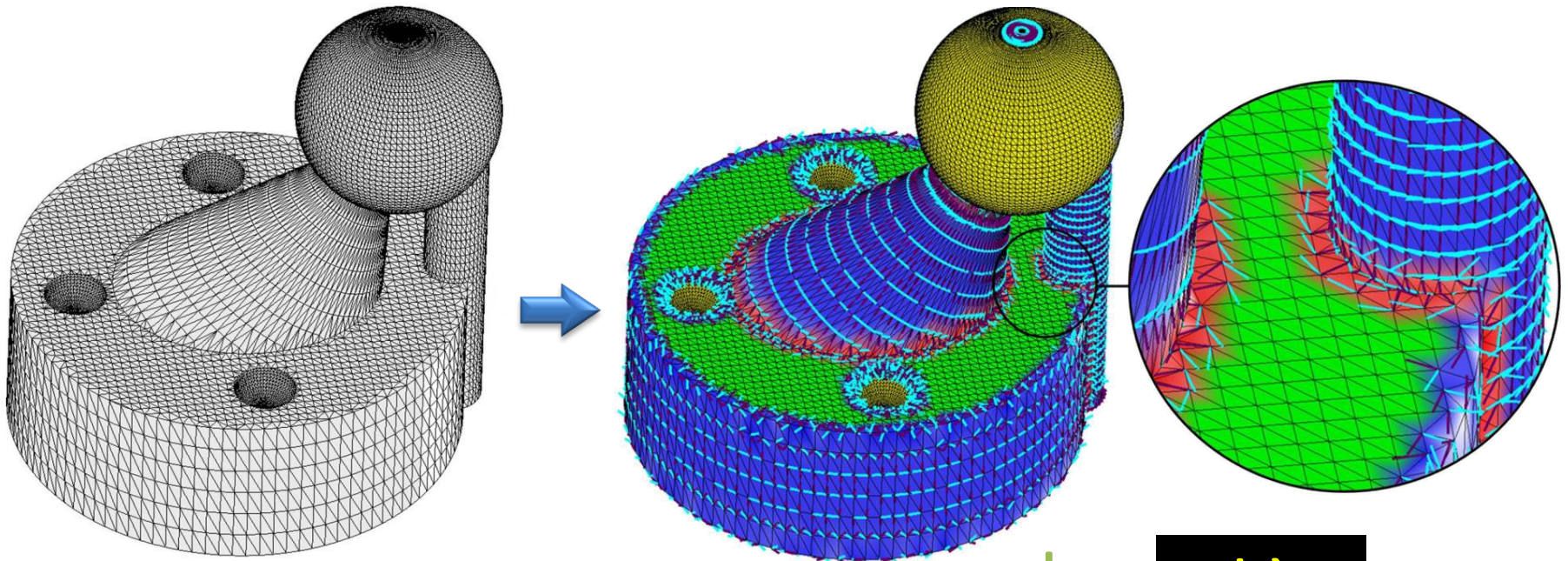
# Définition de la forme d'un maillage

- Etude globale du maillage :



# Définition de la forme d'un maillage

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



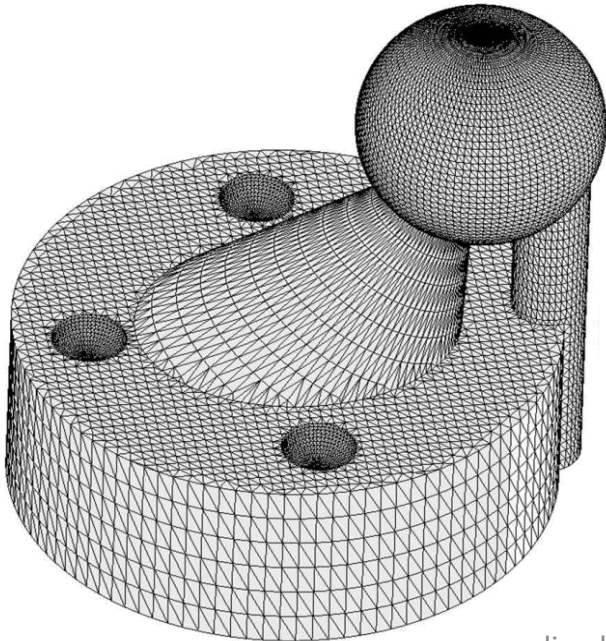
plan **sphère** convexe  
concave DirMax **DirMin**

# Segmentation

- Le principe de la segmentation est de découper un maillage en plusieurs sous-maillages selon différents critères :

# Segmentation

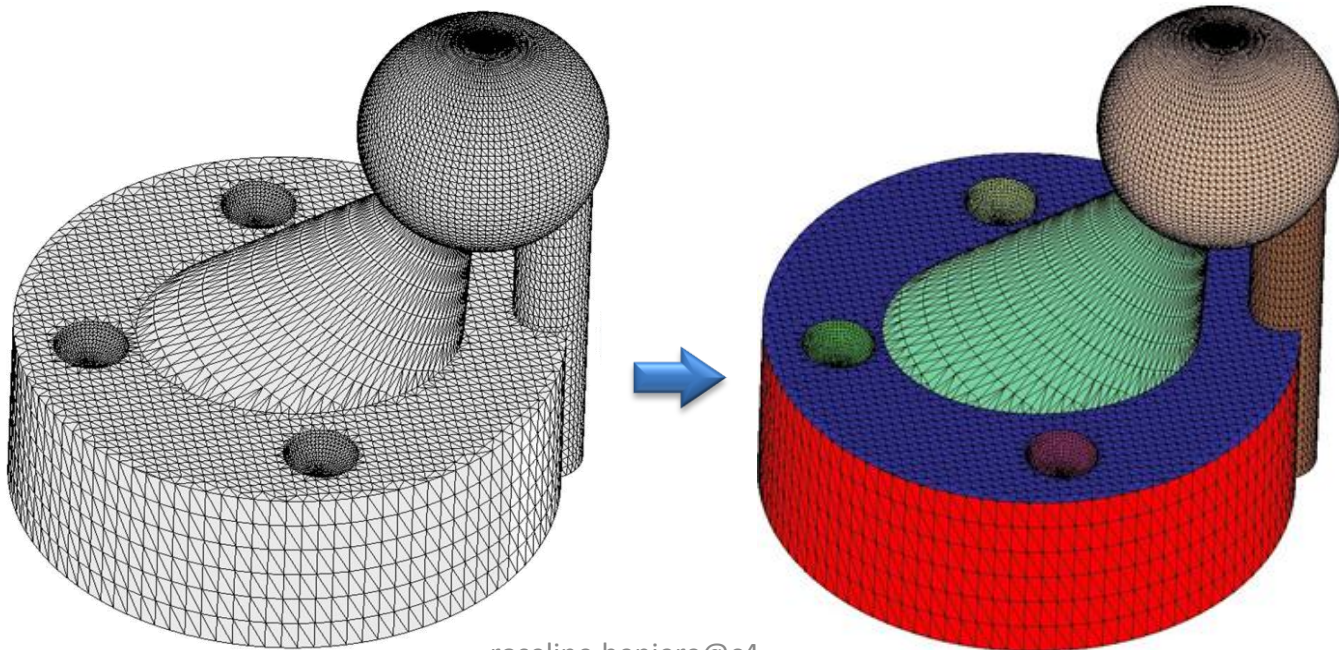
- Le principe de la segmentation est de découper un maillage en plusieurs sous-maillages selon différents critères :
  - par les angles dièdres :





# Segmentation

- Le principe de la segmentation est de découper un maillage en plusieurs sous-maillages selon différents critères :
  - par les angles dièdres :

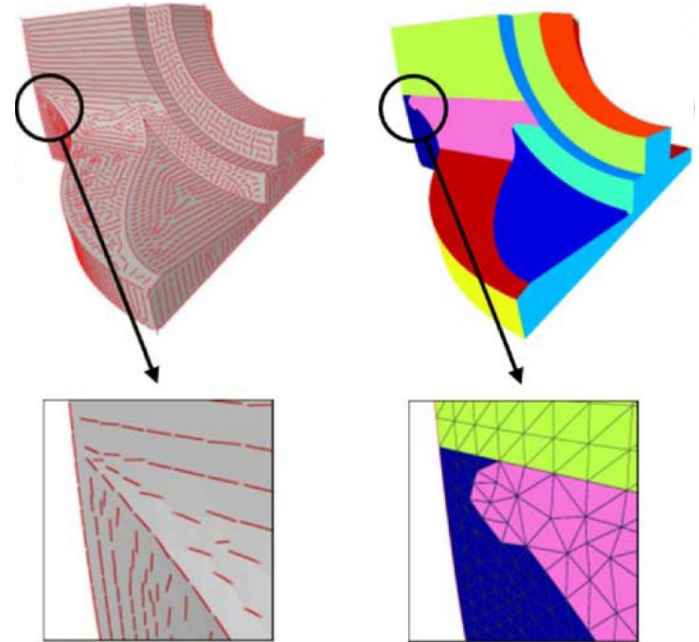


# Segmentation

- De nombreux autres critères existent :

# Segmentation

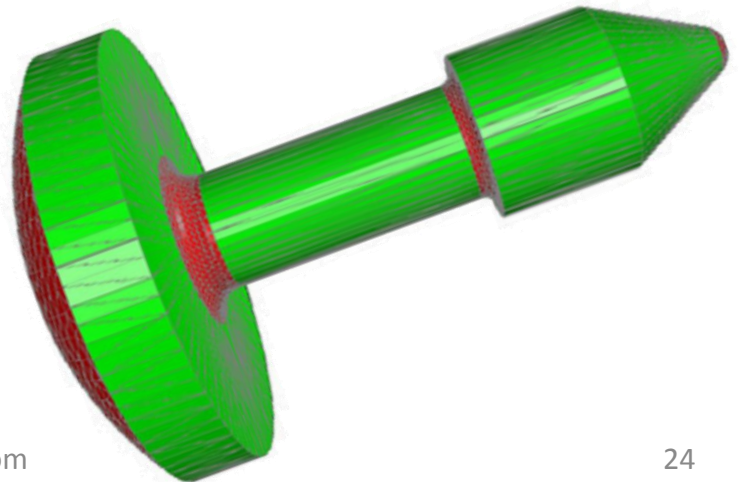
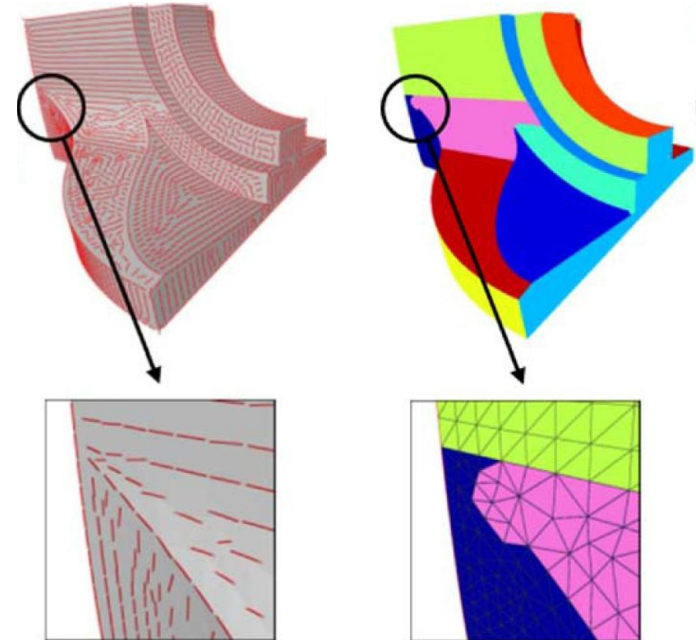
- De nombreux autres critères existent :
  - courbures (méthode de Lavoué 2004),





# Segmentation

- De nombreux autres critères existent :
  - courbures (méthode de Lavoué 2004),
  - formes des triangles (méthode de Xiao 2011).



# 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,
- Etudier 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,
- Etudier la forme du maillage :
  - image Gaussienne,
  - courbure 3D.
- Segmentation d'un maillage.

FIN