Maillage avancé

Master IMAGINA

Plan

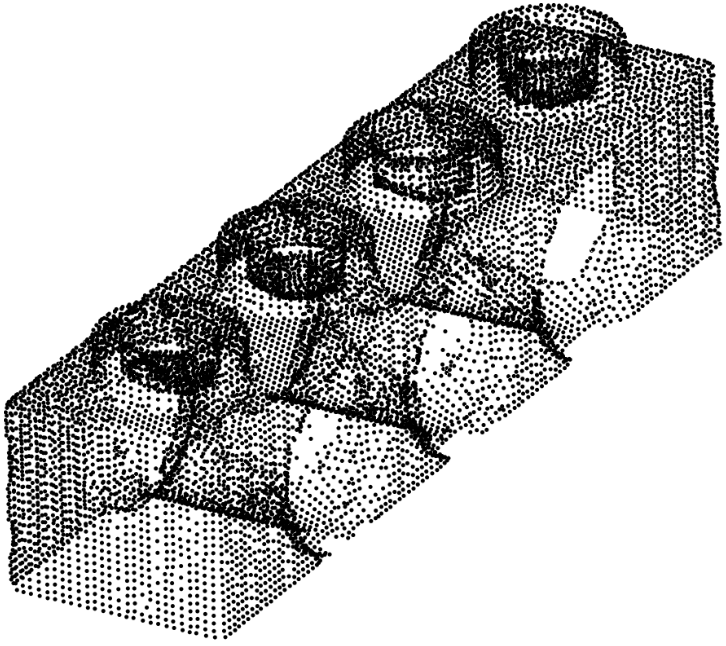
- Introduction
- Discrétisation / Triangulation
- Maillage régulier ou semi-régulier
- Définition de la forme d’un maillage
- Défauts dans les maillages

Maillage 3D

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

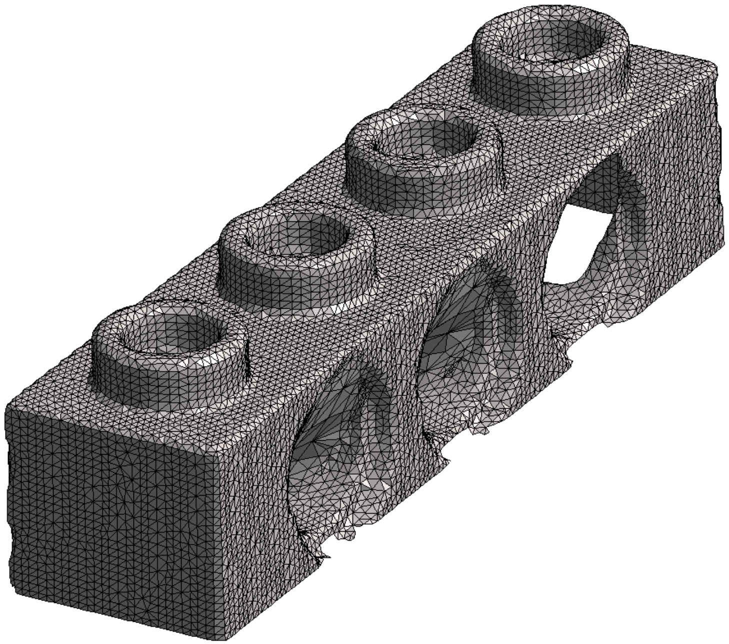
Maillage 3D

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



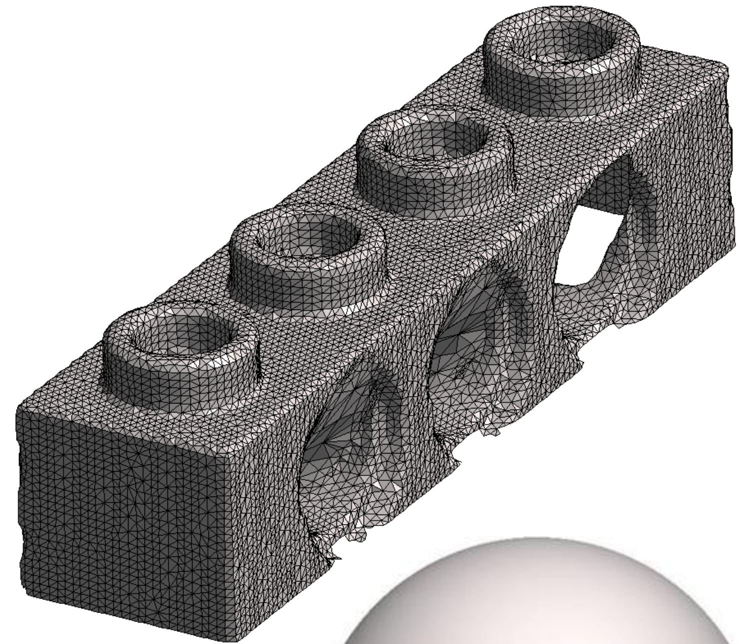
Maillage 3D

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

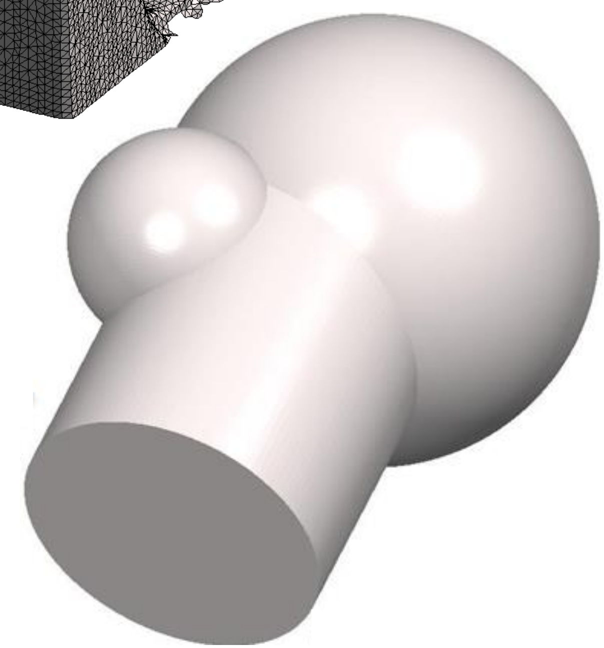


Maillage 3D

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

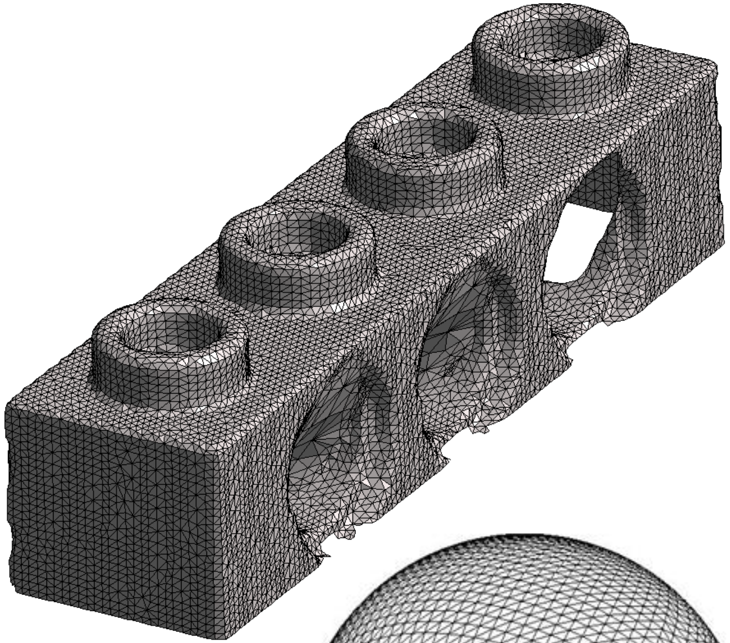


  - à partir d'une surface continue en utilisant une discrétisation.

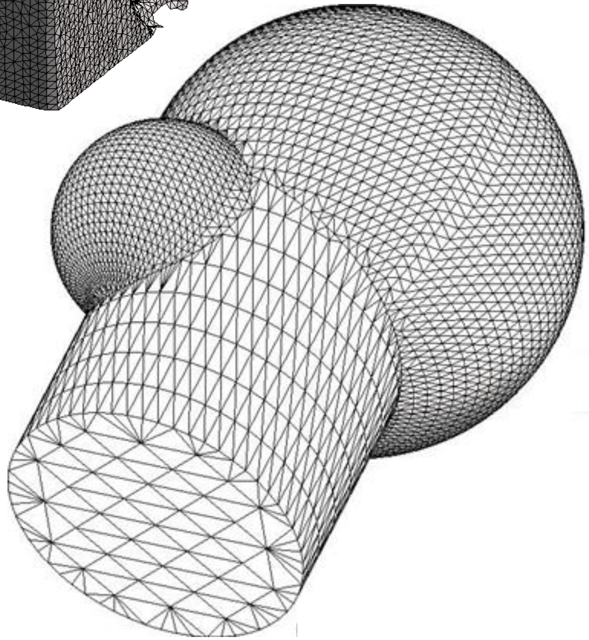


Maillage 3D

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

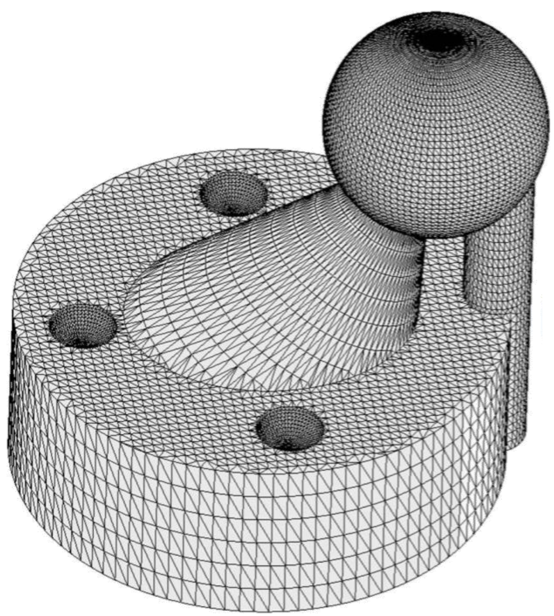


  - à partir d’une surface continue en utilisant une discrétisation.



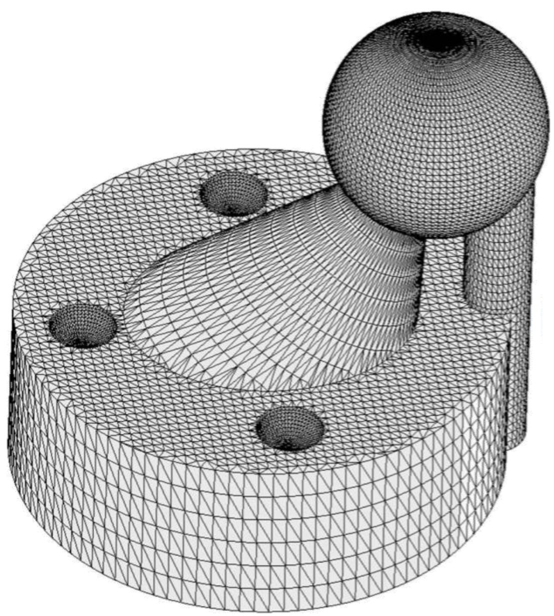
Maillage 3D

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



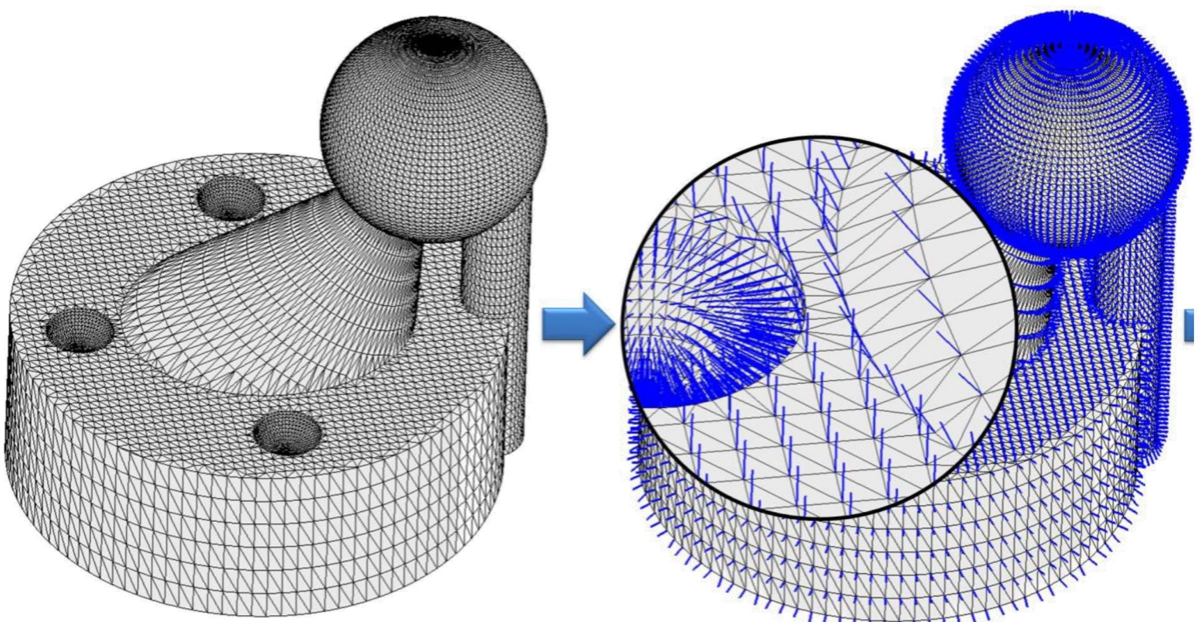
Maillage 3D

- 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.



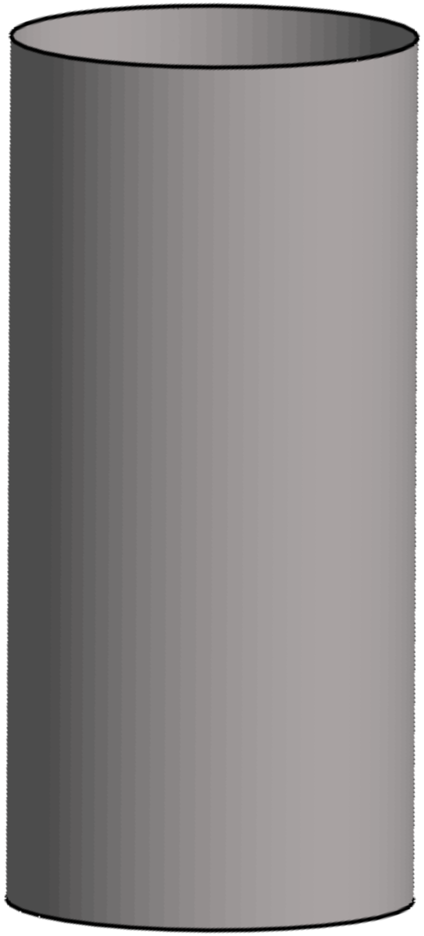
Maillage 3D

- 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.



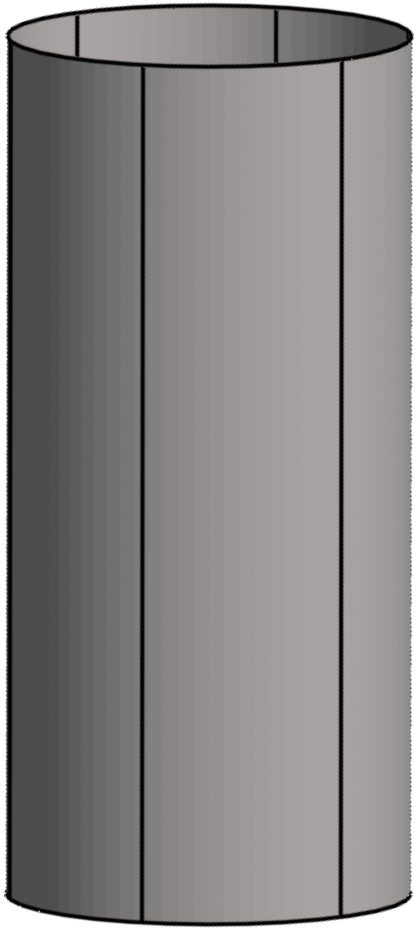
Discrétisation

- A partir d’objet simple, exemple du cas du cylindre



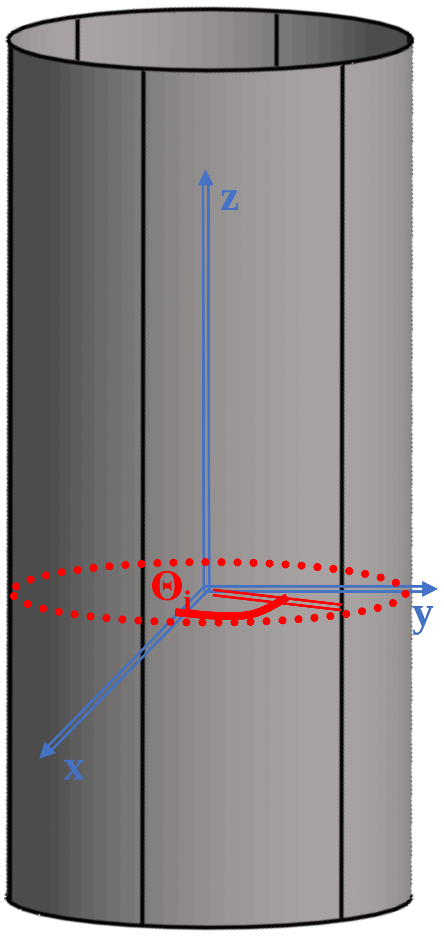
Discrétisation

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



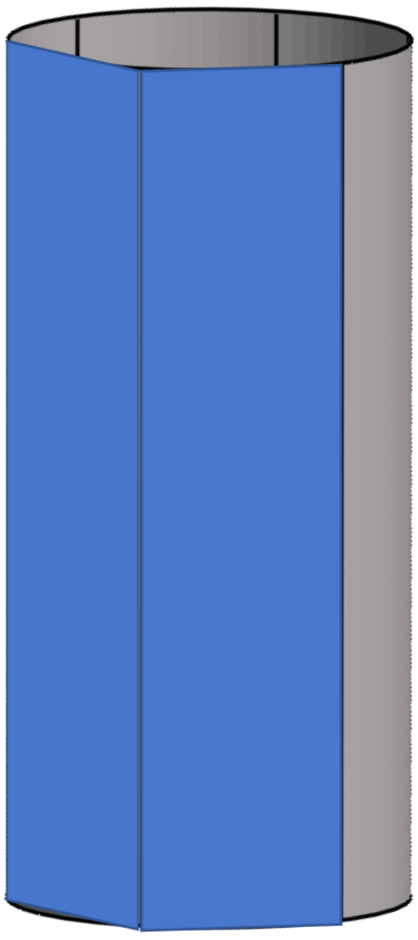
Discrétisation

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



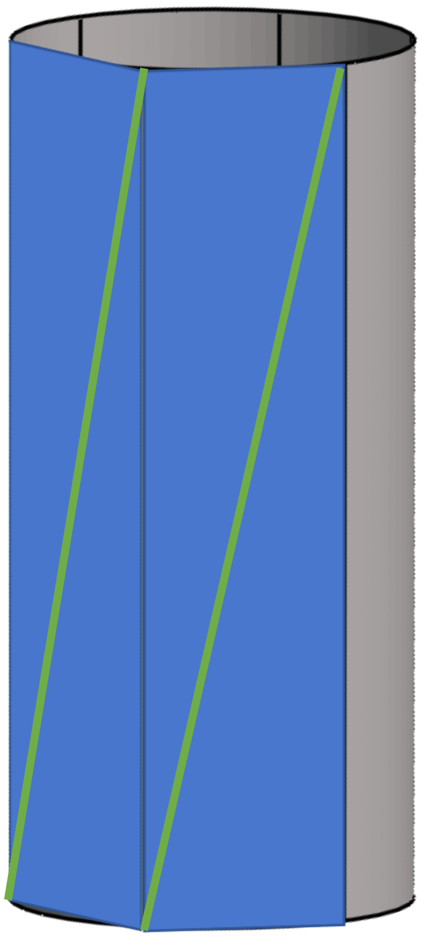
Discrétisation

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



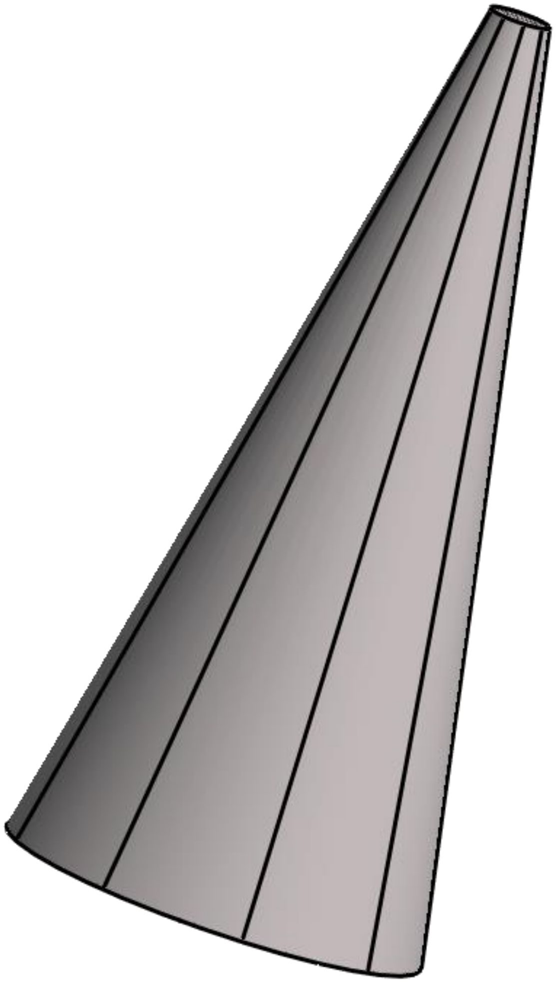
Discrétisation

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



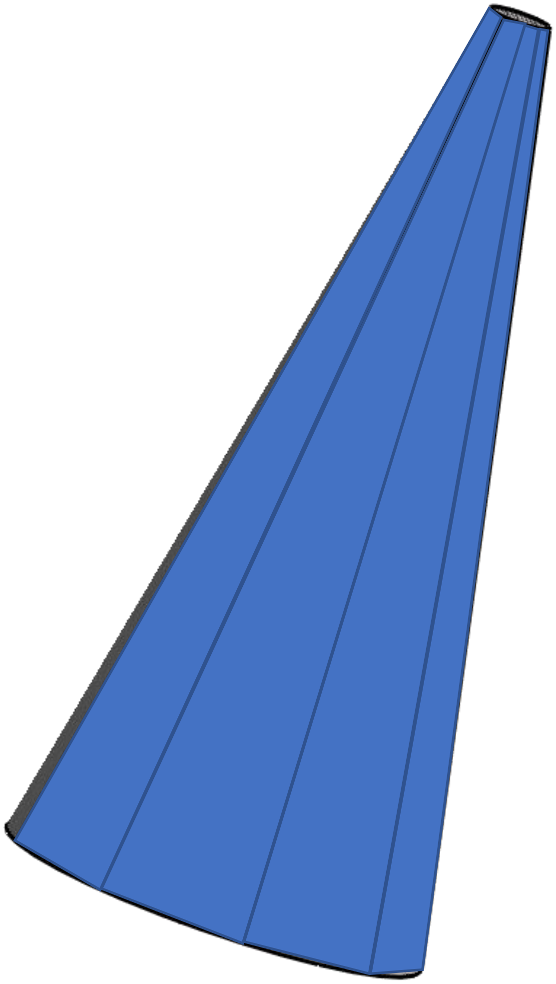
Discrétisation

- Idem pour le cône.



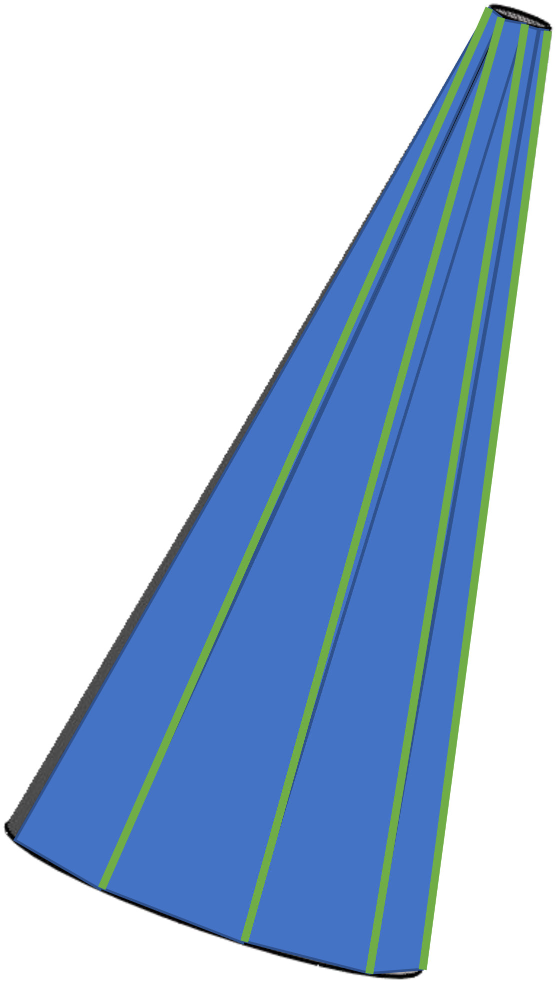
Discrétisation

- Idem pour le cône.



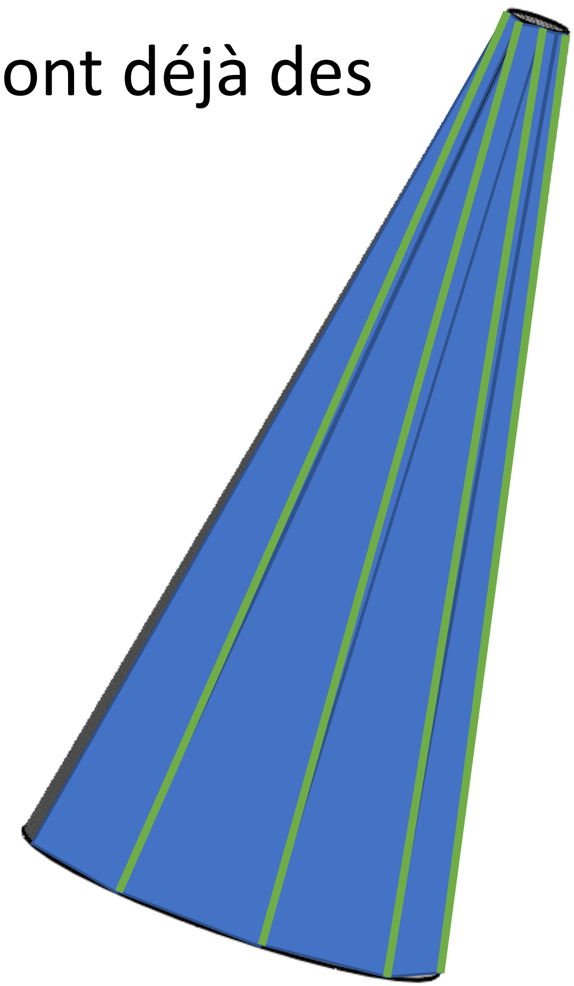
Discrétisation

- Idem pour le cône.



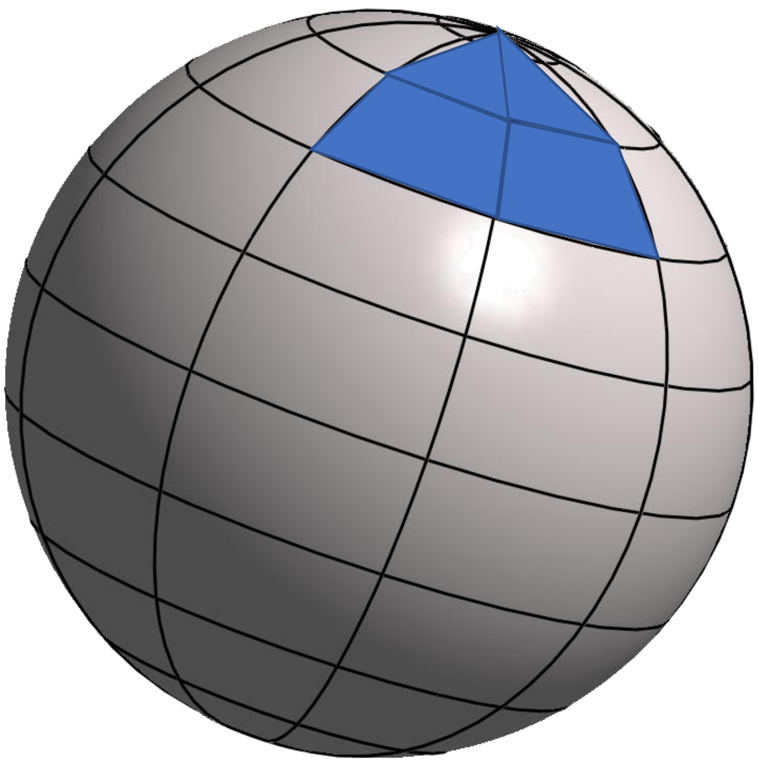
Discrétisation

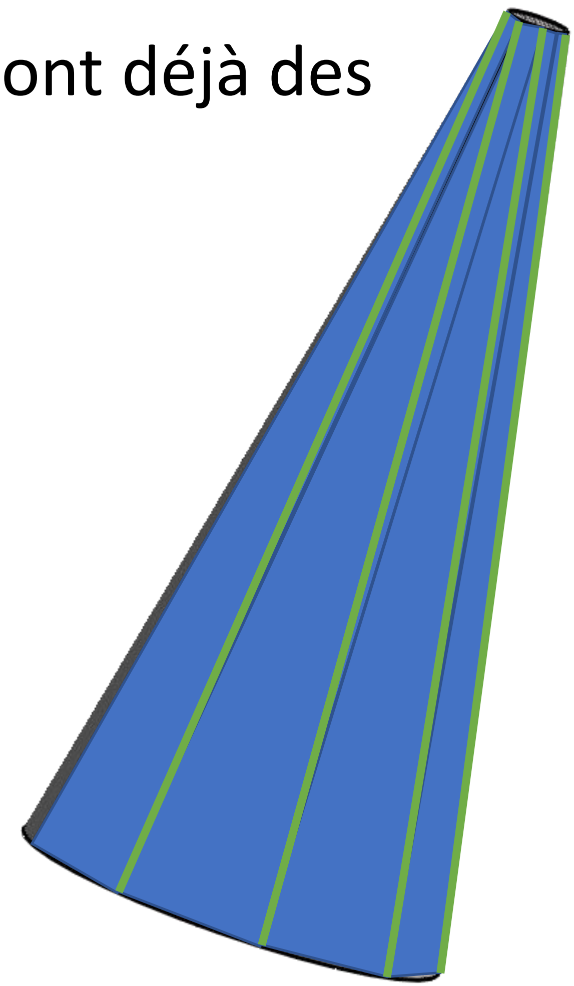
- Idem pour le cône.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.



Discrétisation

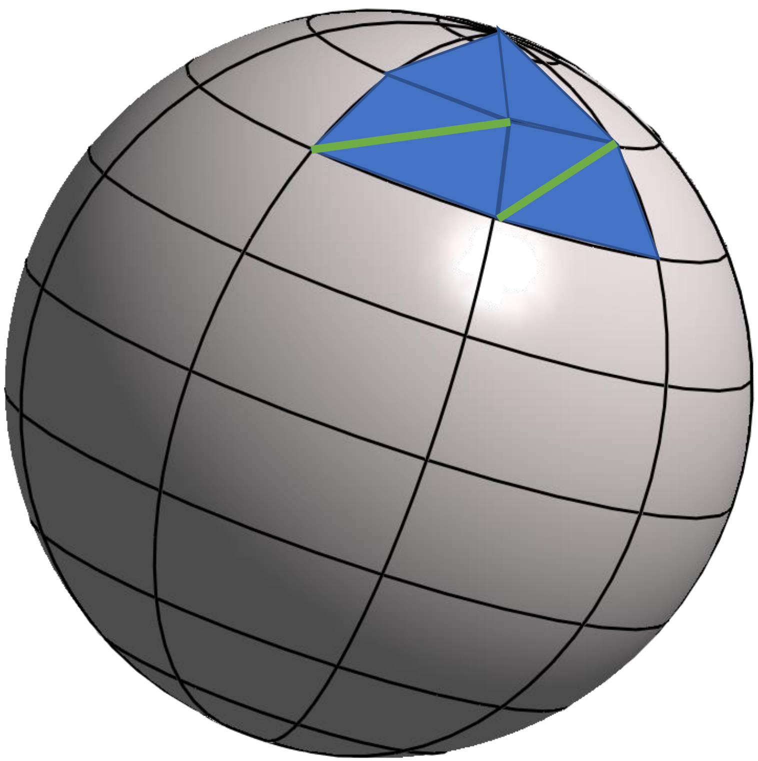
- Idem pour le cône.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.

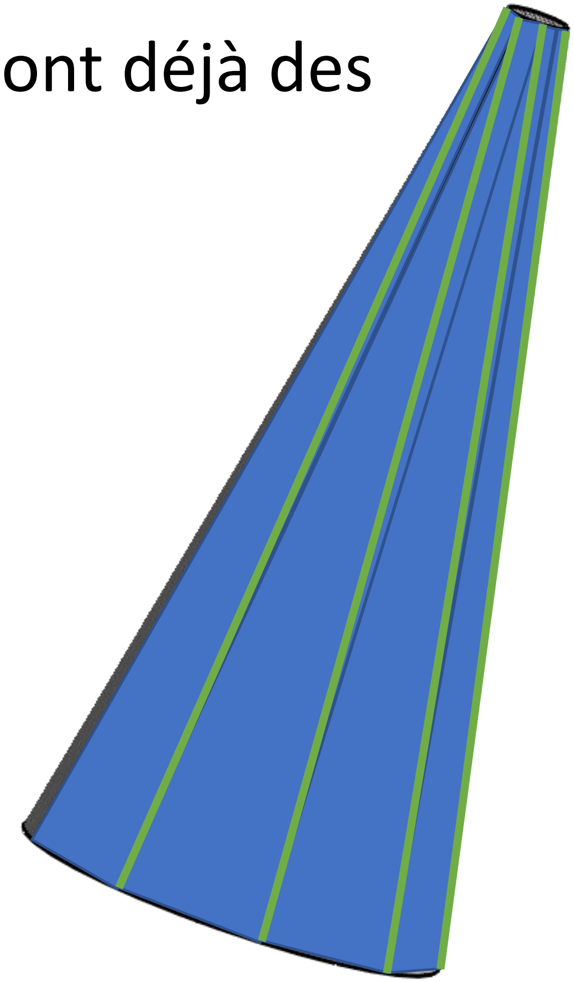




Discrétisation

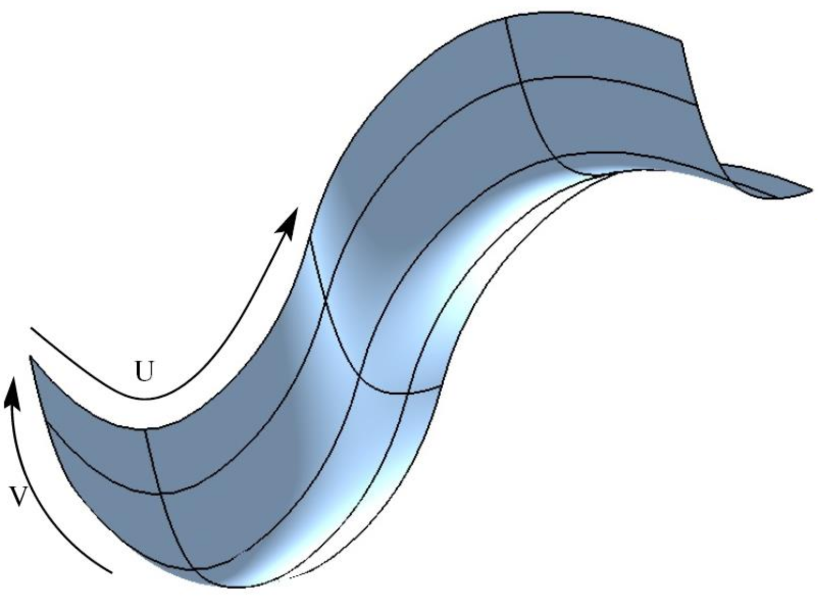
- Idem pour le cône.
- Pour la sphère certaines facettes sont déjà des triangles.





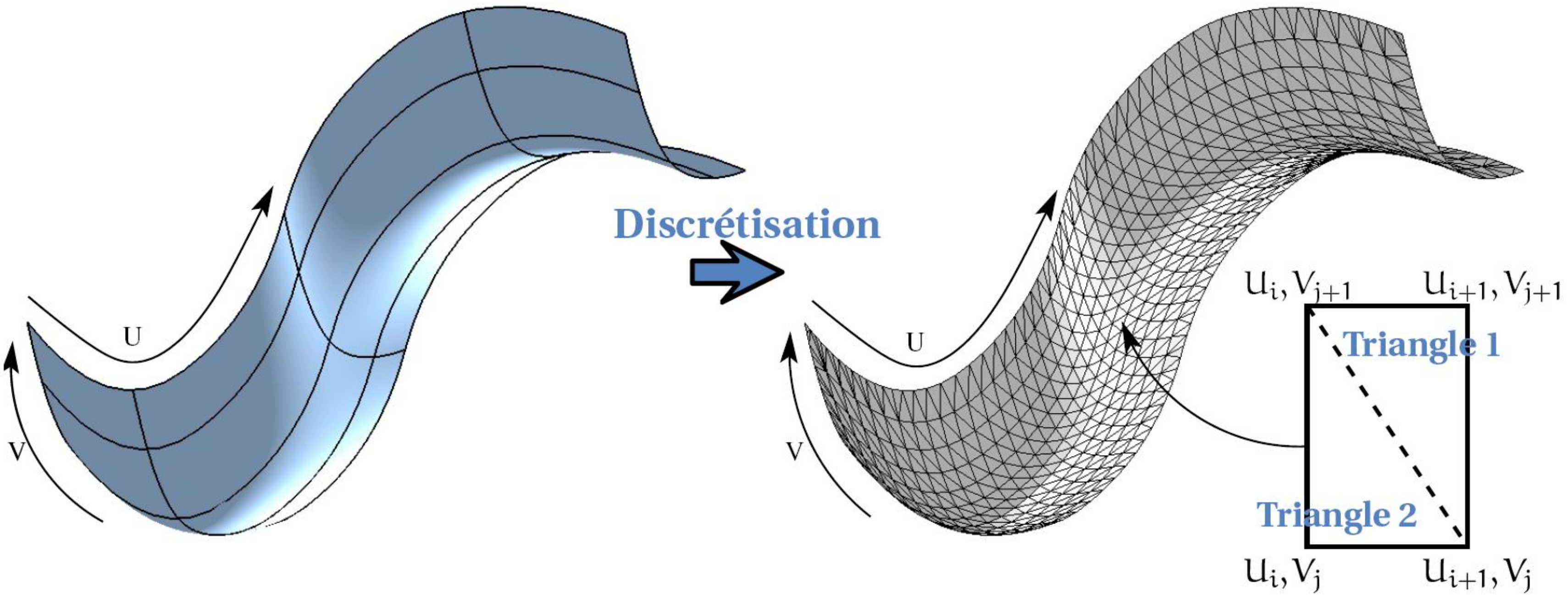
Discrétisation

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



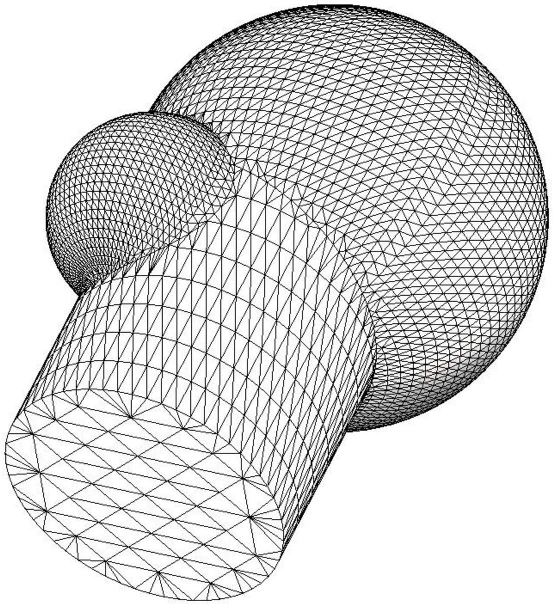
Discrétisation

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



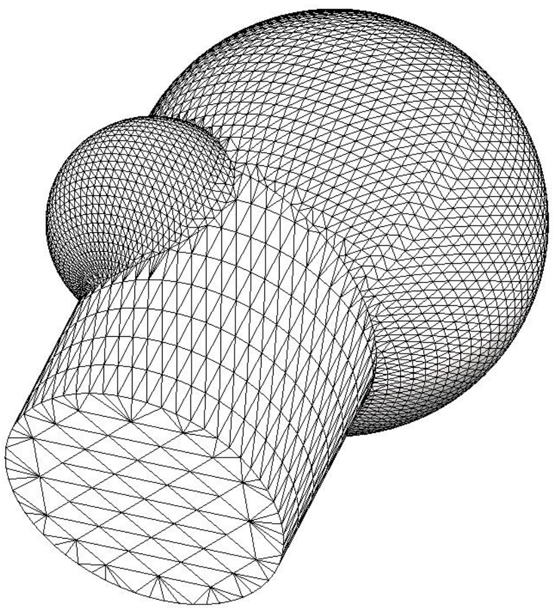
Discrétisation

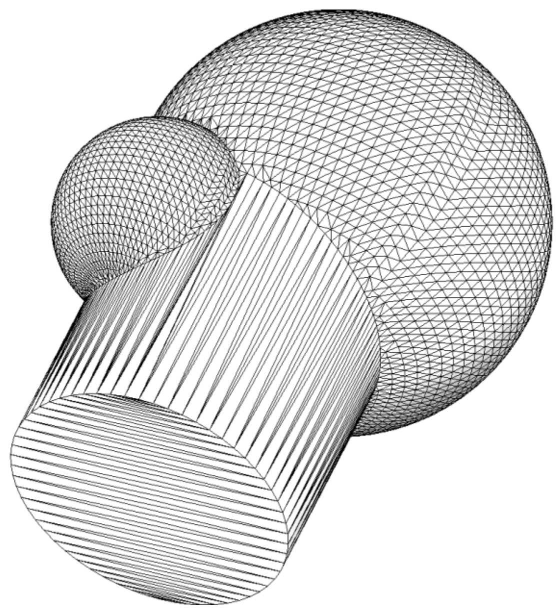
- La résolution du maillage est induite par le nombre d’iso-paramétriques calculées en U ou en V



Discrétisation

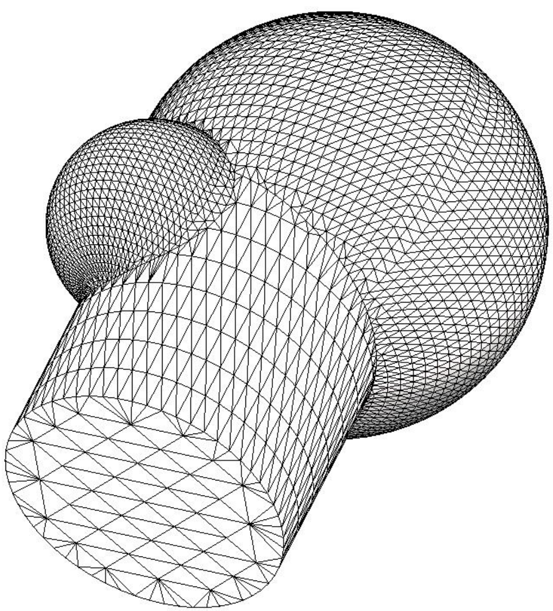
- La résolution du maillage est induite par le nombre d'iso-paramétriques calculées en U ou en V :
  - le nombre d'iso-paramétriques en U ou en V, peut être différent en fonction de l'objet.

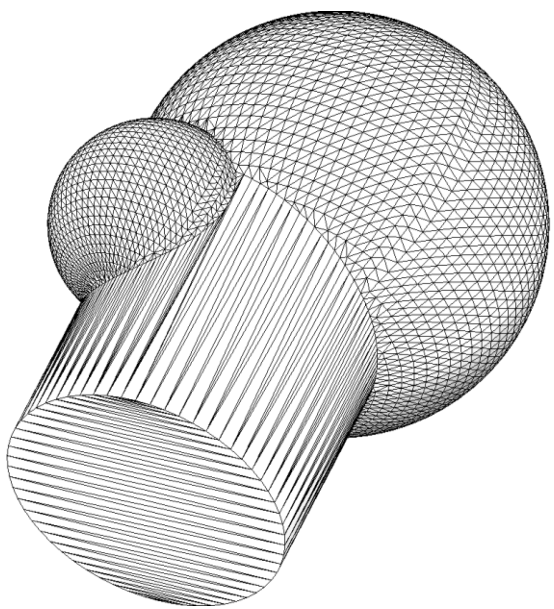


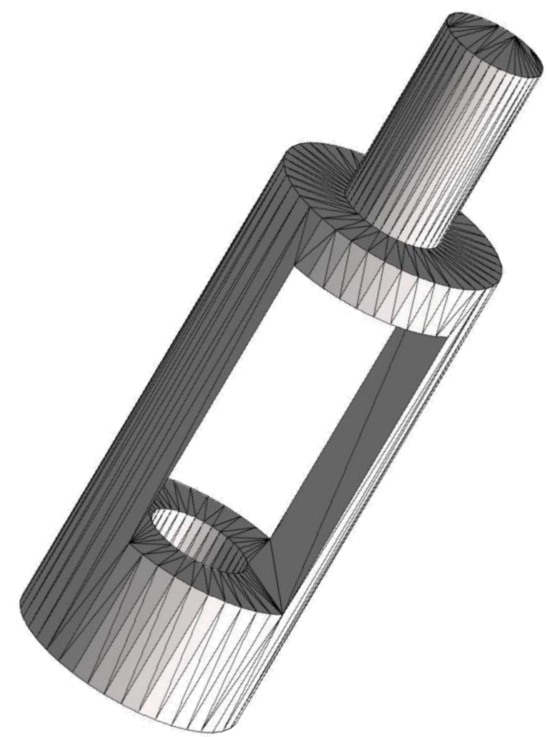


Discrétisation

- 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.

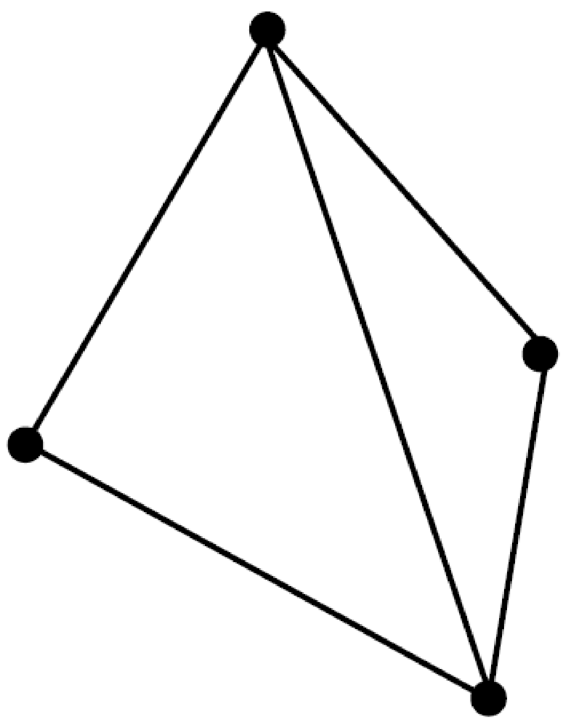






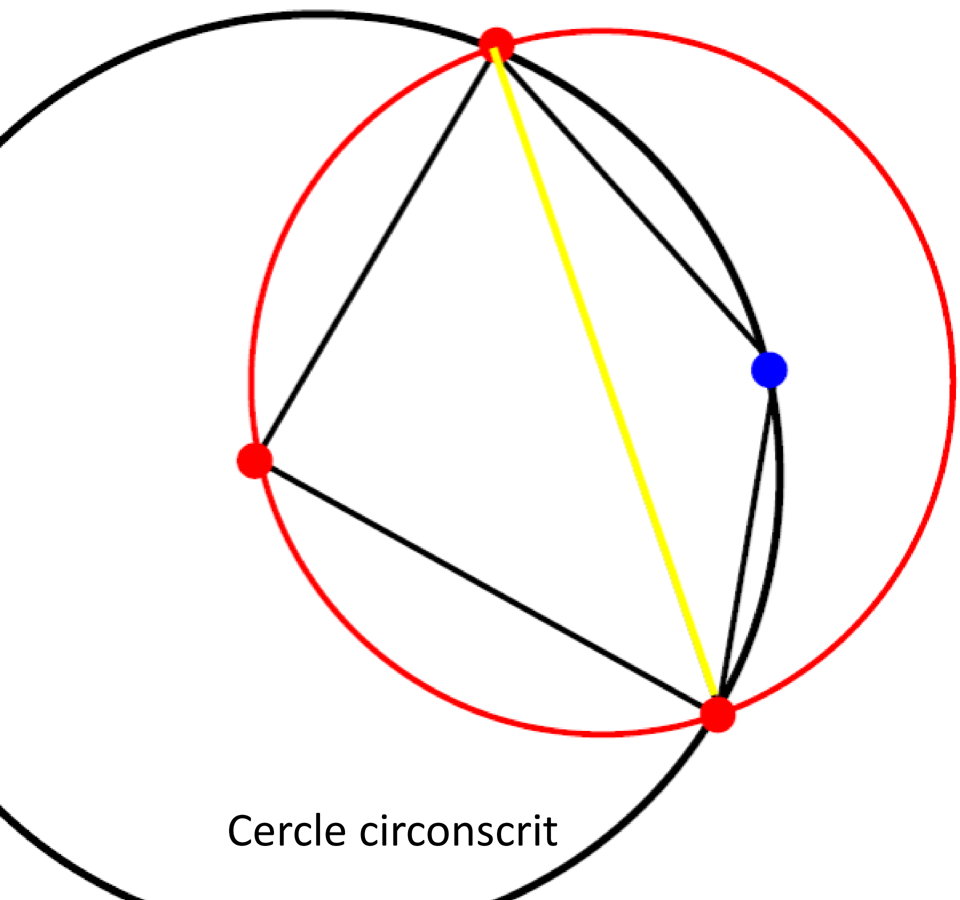
Triangulation

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



Triangulation

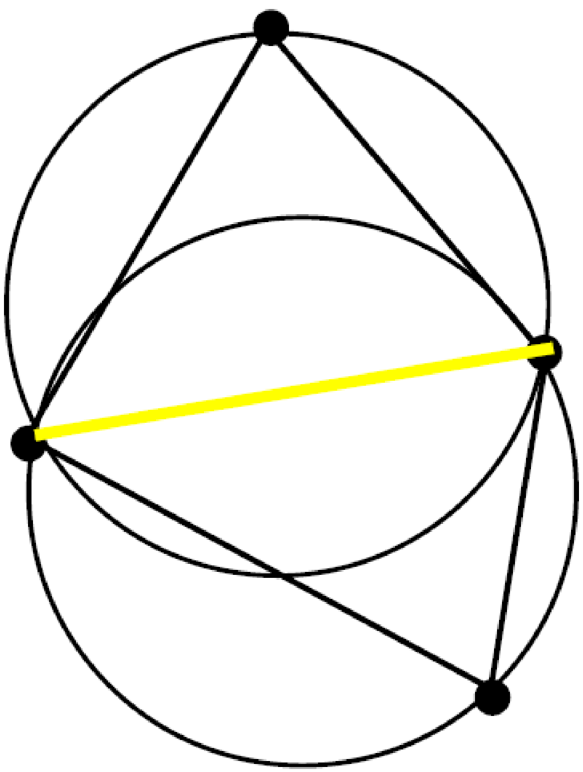
- A partir d’un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par triangulation de Delaunay et diagramme de Voronoï



Cercle circonscrit

Triangulation

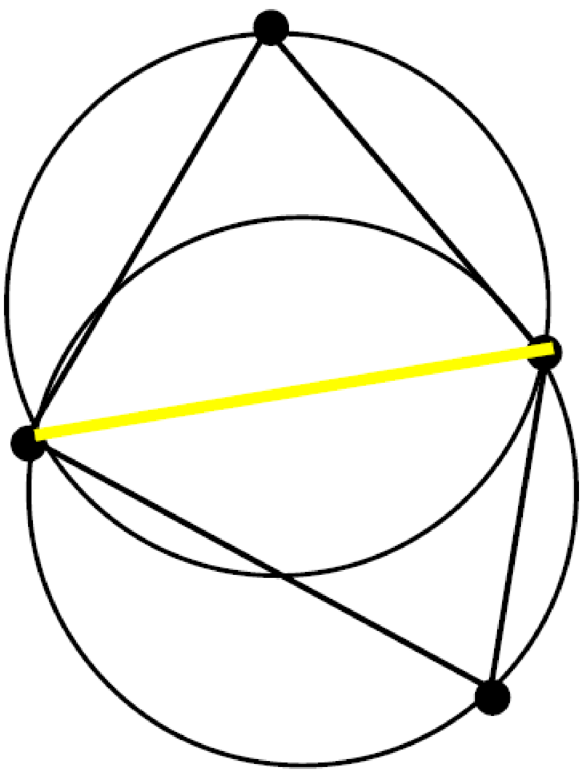
- A partir d’un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par triangulation de Delaunay et diagramme de Voronoï,



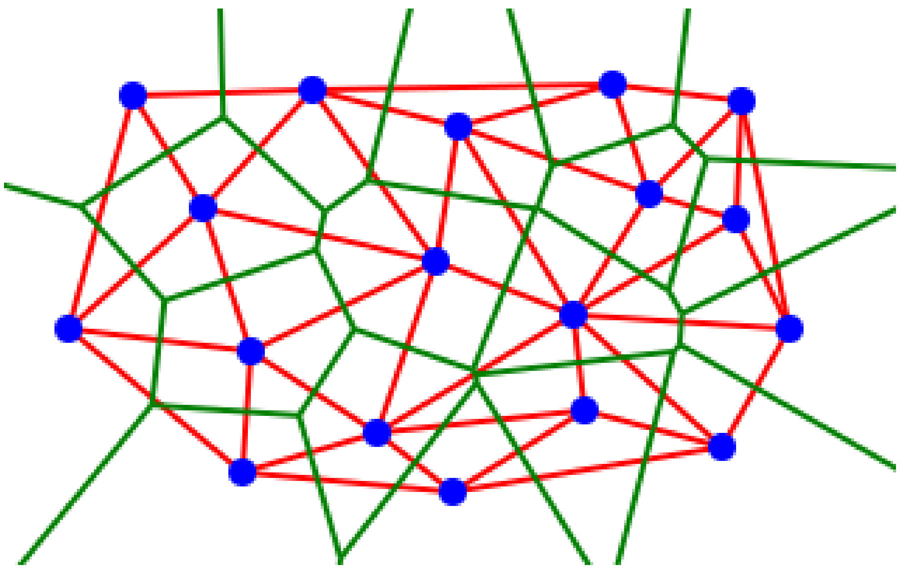
Cercle circonscrit

Triangulation

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

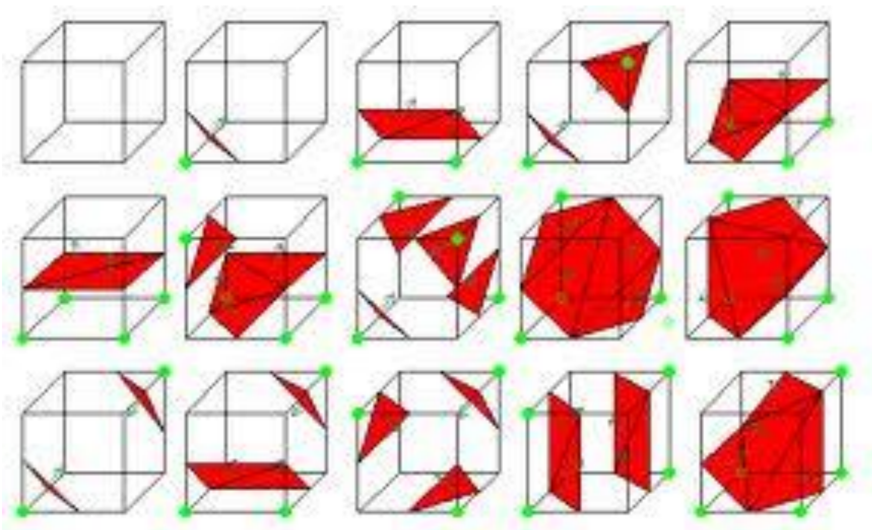


Cercle circonscrit



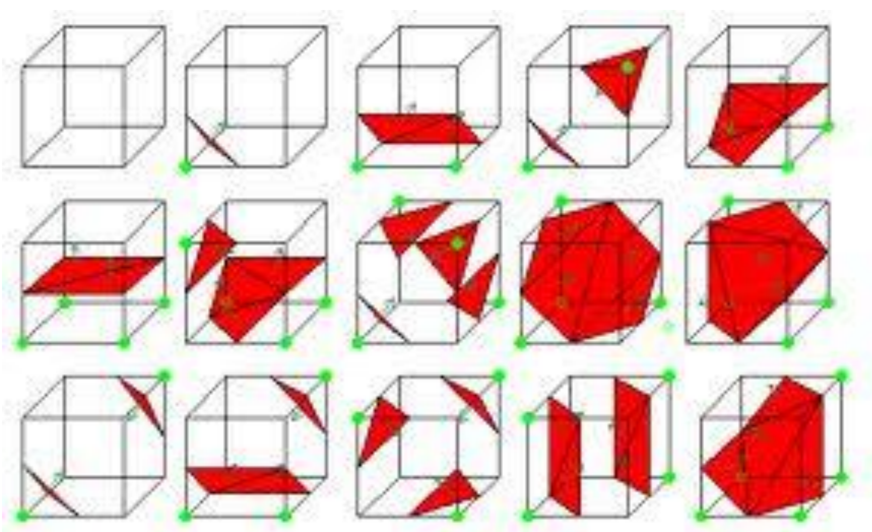
Triangulation

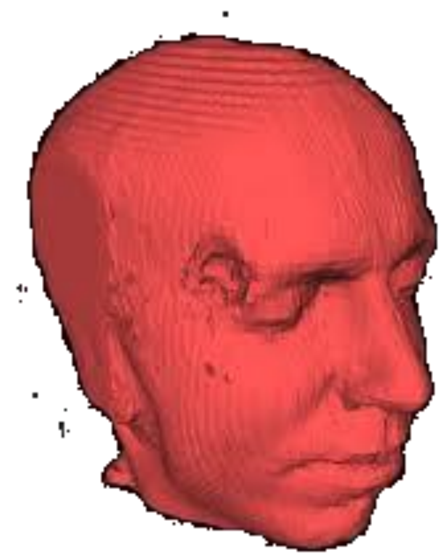
- A partir d’un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par « Marching cube », en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs,



Triangulation

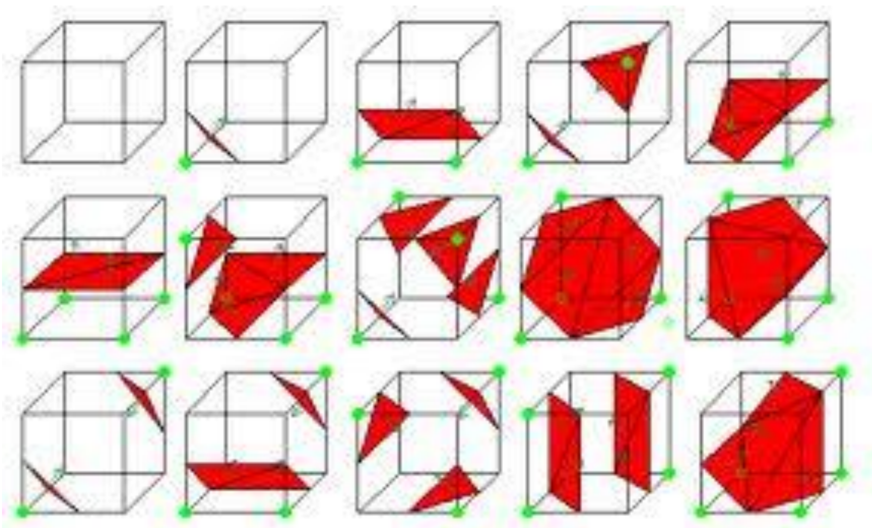
- A partir d’un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par « Marching cube », en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs,

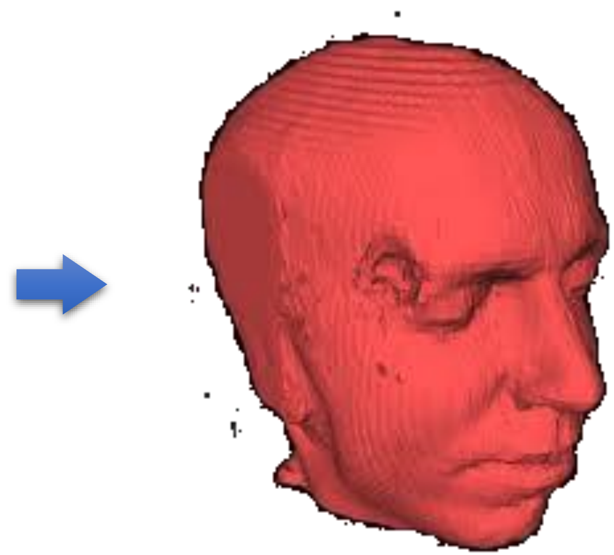




Triangulation

- A partir d’un nuage de points, plusieurs méthodes :
  - par « Marching cube », en utilisant des cellules et en définissant les coins intérieurs ou extérieurs,





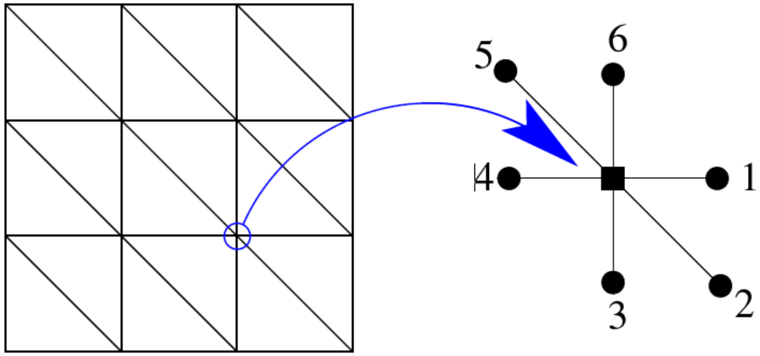
→ pour définir intérieur-extérieur : « Surface de poisson » basée sur les normales aux sommets.

Maillage régulier

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

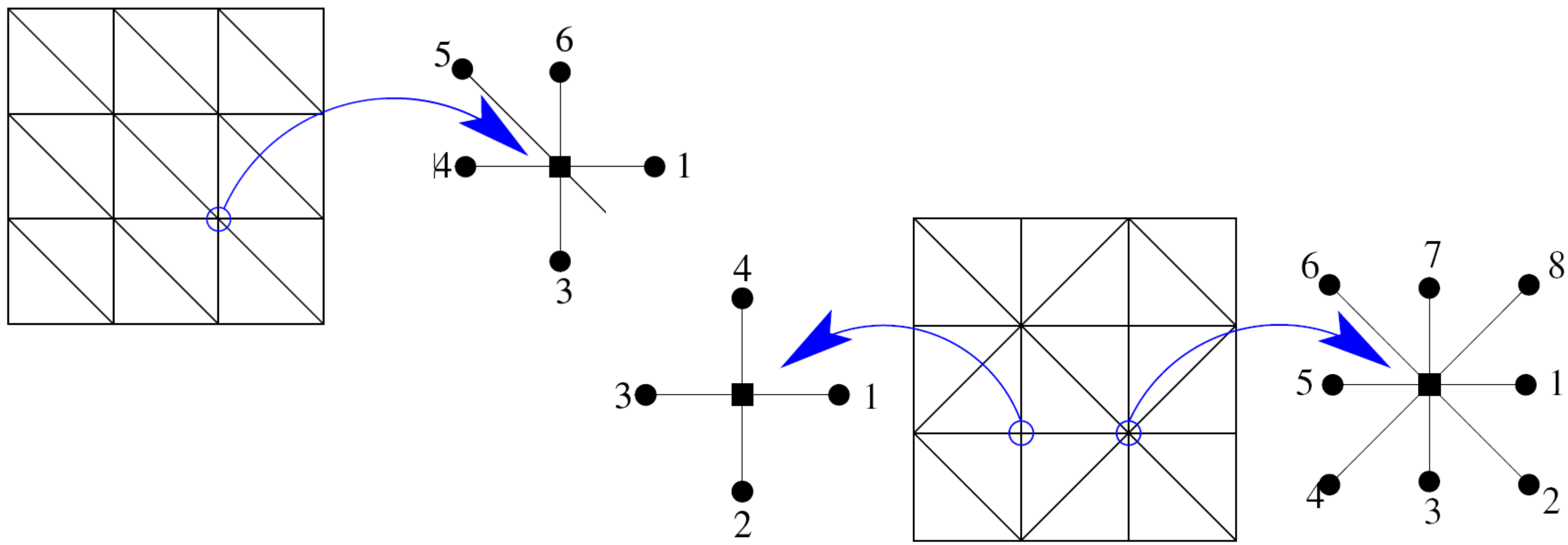
Maillage régulier

- 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’autres (valence 4/8).



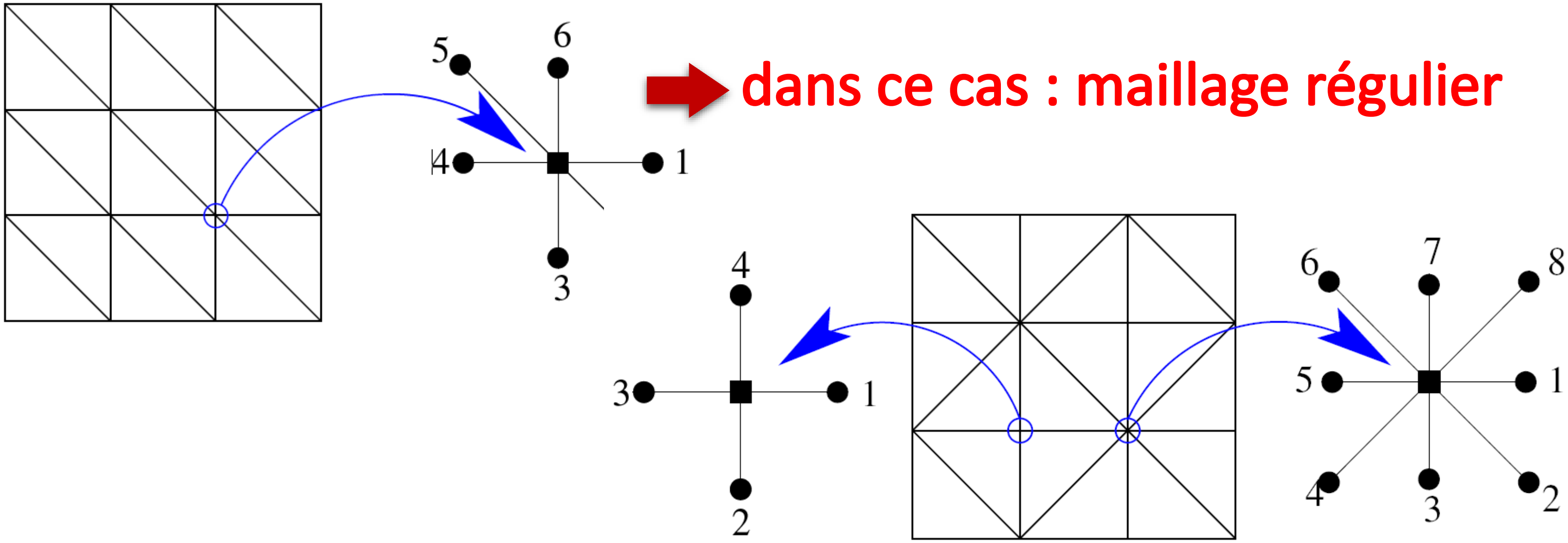
Maillage régulier

- 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’autres (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’autres (valence 4/8).

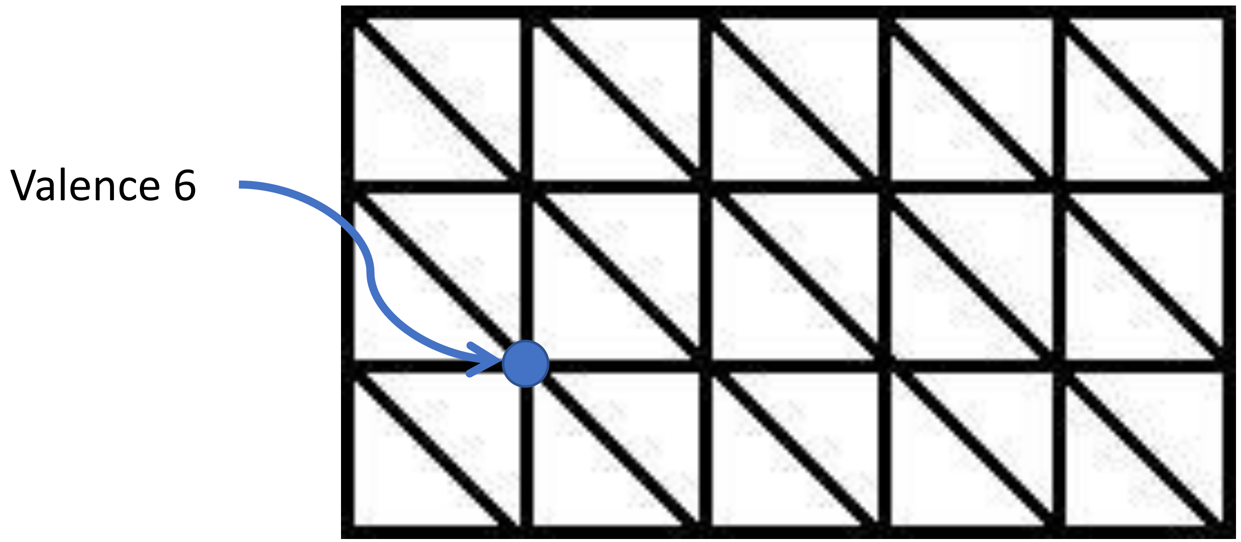


Maillage régulier

- Un maillage est régulier si :

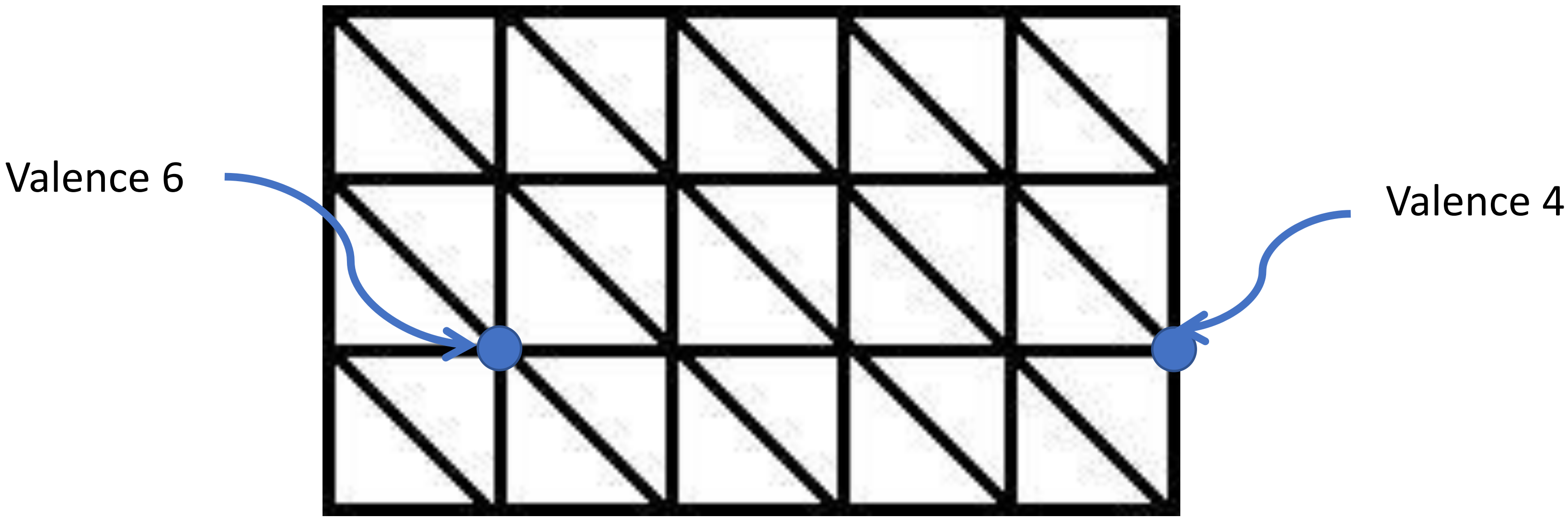
Maillage régulier

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



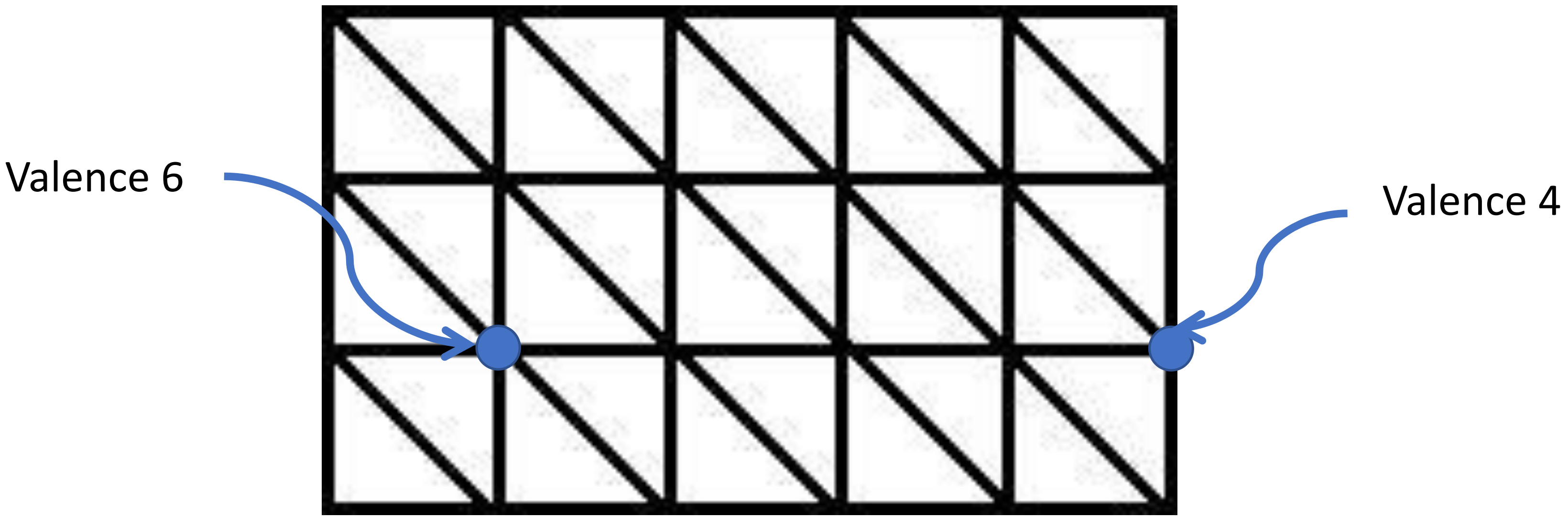
Maillage régulier

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



Maillage régulier

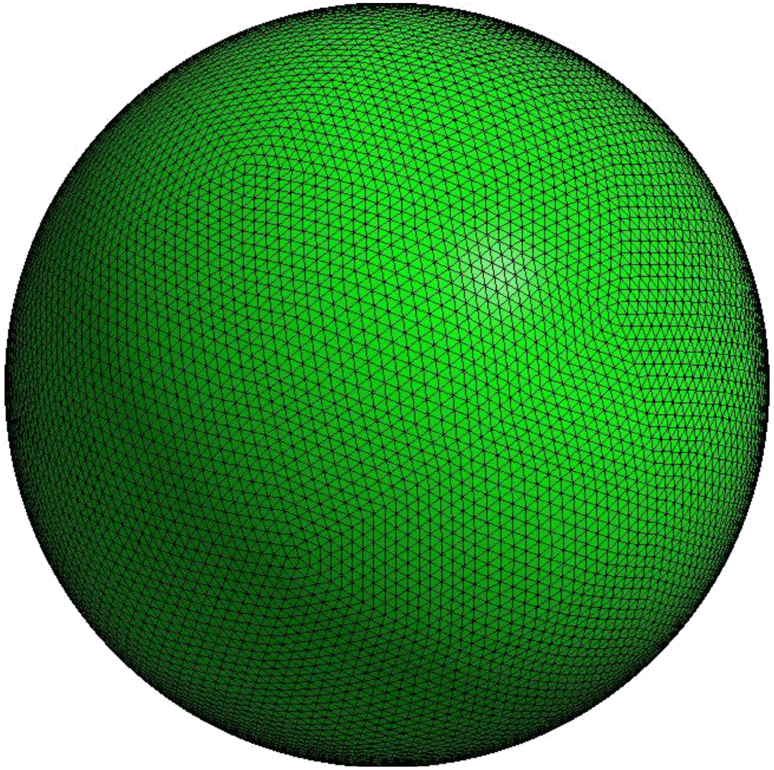
- Un maillage est régulier si :
  - tous ses sommets internes sont de valence 6,
  - tous ses sommets du bord sont de valence 4.



→ utile pour certaines opérations : subdivision, topologie…

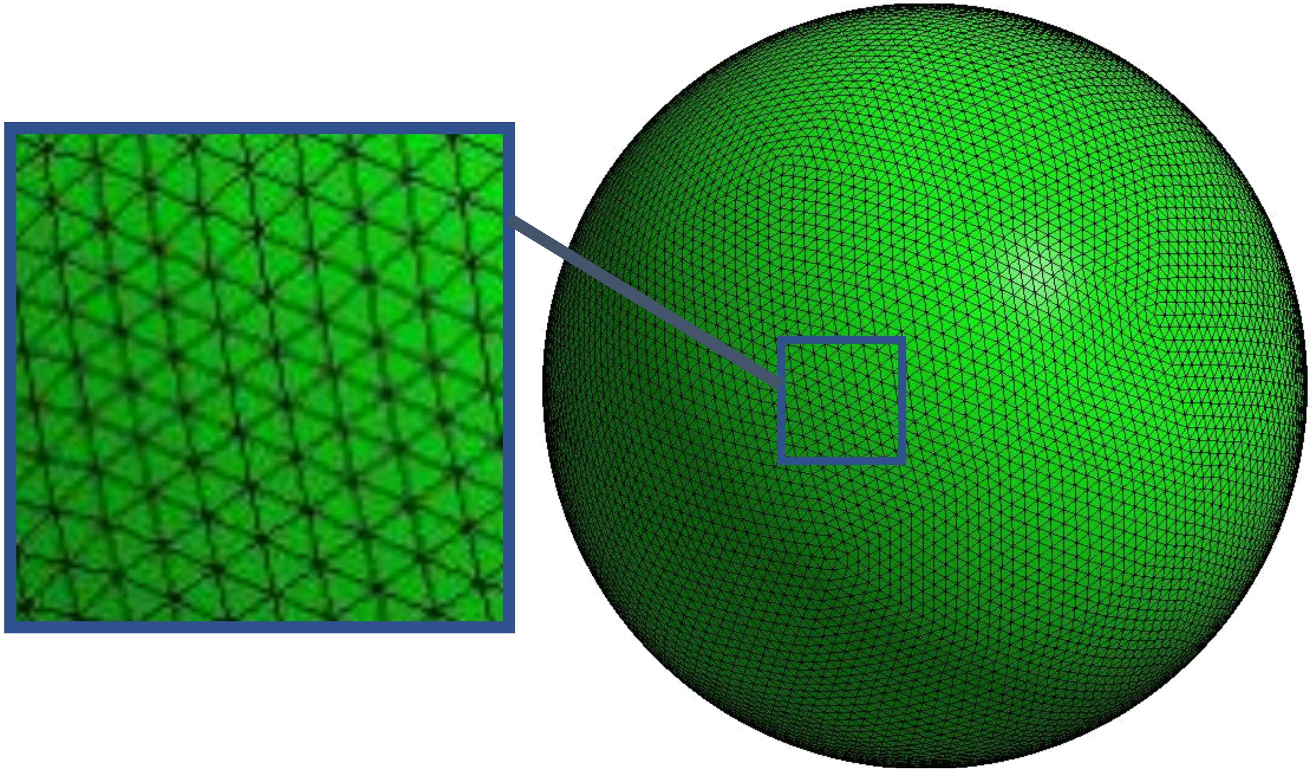
Maillage régulier

- Un maillage est semi-régulier si :



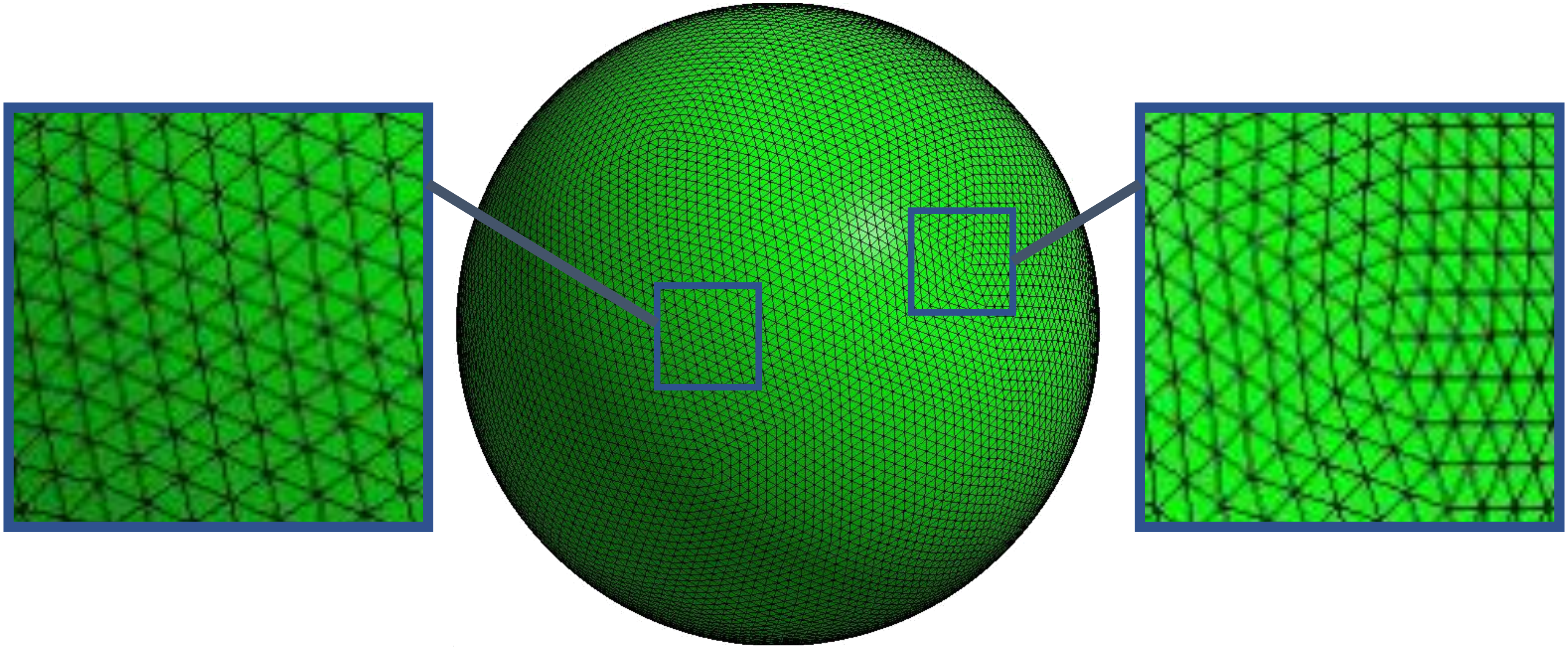
Maillage régulier

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



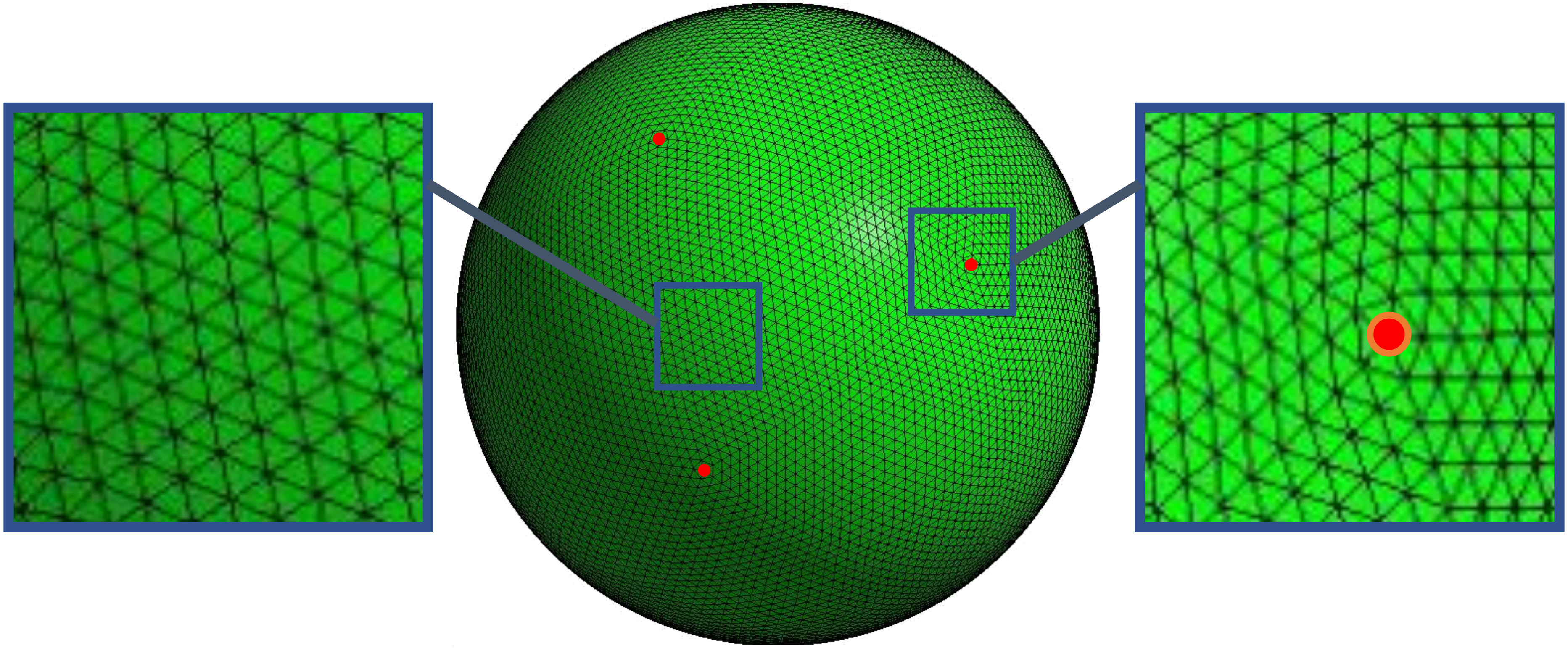
Maillage régulier

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



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.

Image Gaussienne

- Principe :
  - représentée sur la sphère unitaire (centre 0,0,0 rayon 1),

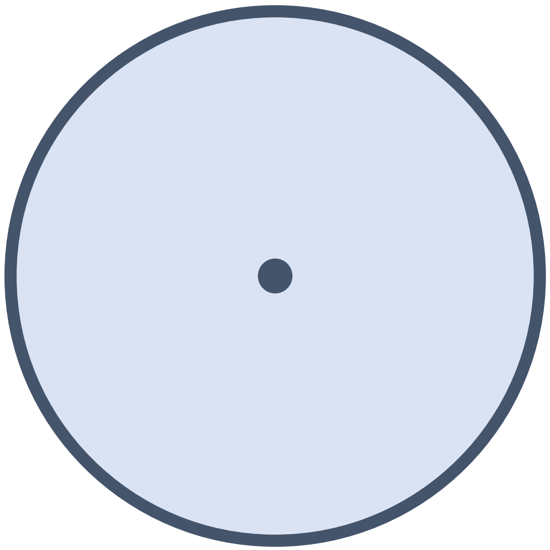


Image Gaussienne

- Principe :
  - 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.

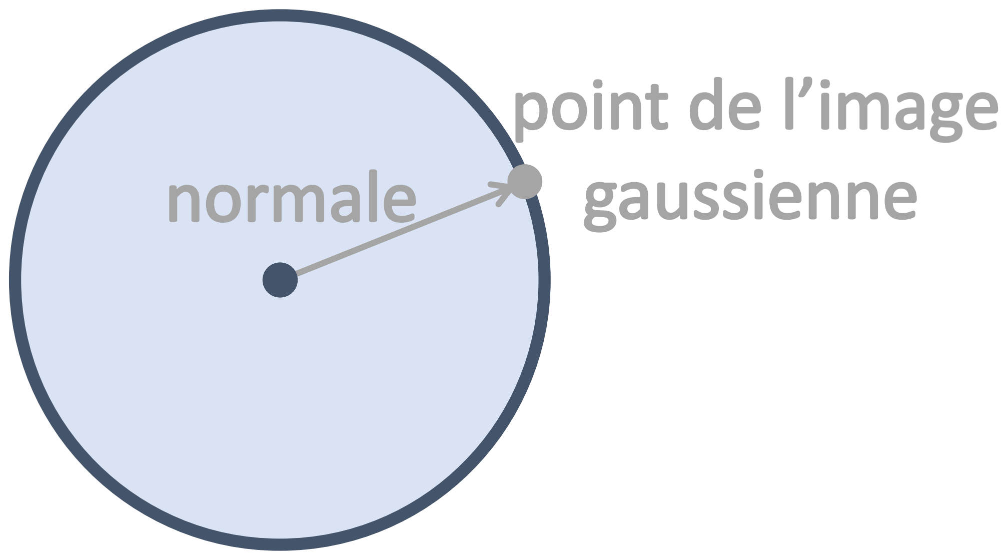


Image Gaussienne

- Permet de détecter des plans ou des cylindres …

Image Gaussienne

- Permet de détecter des plans ou des cylindres …

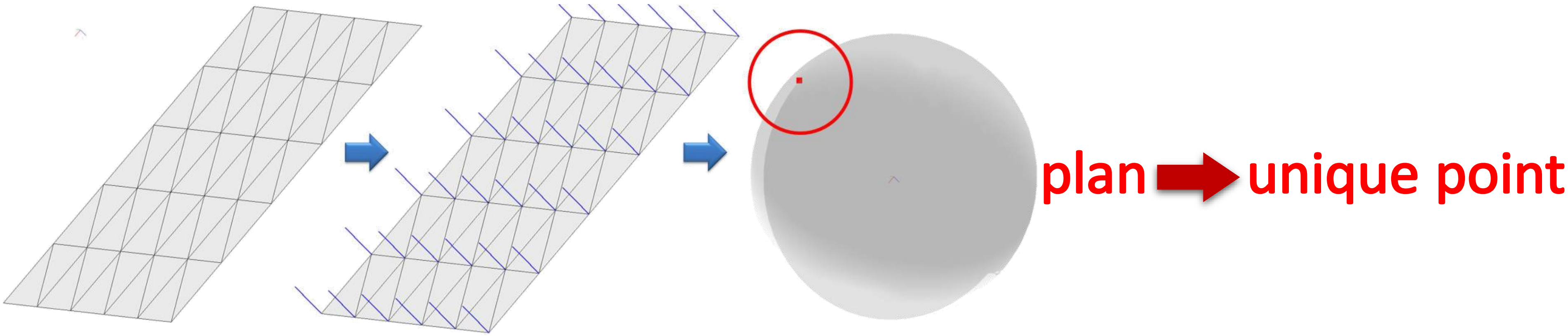


Image Gaussienne

- Permet de détecter des plans ou des cylindres …

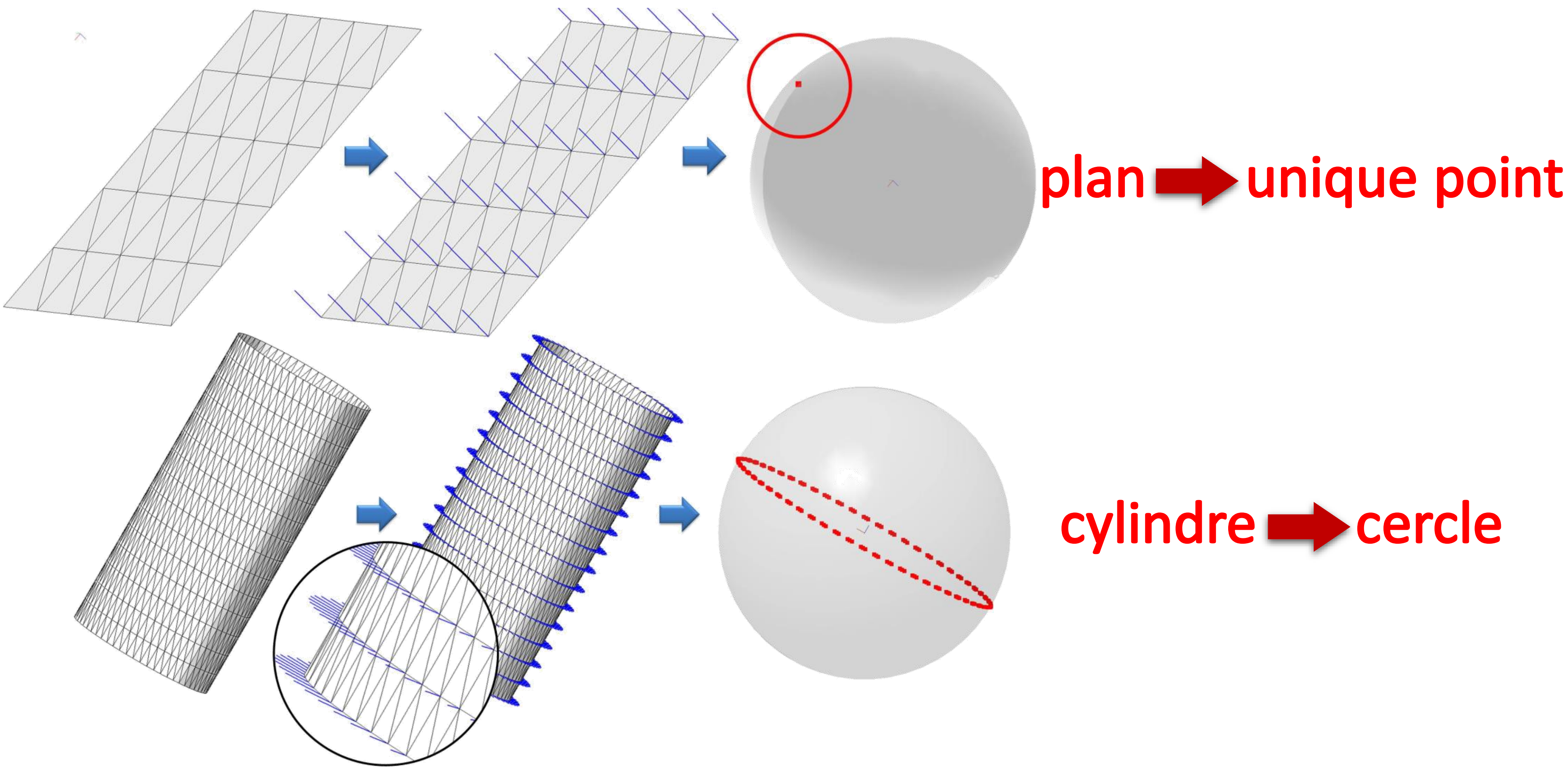
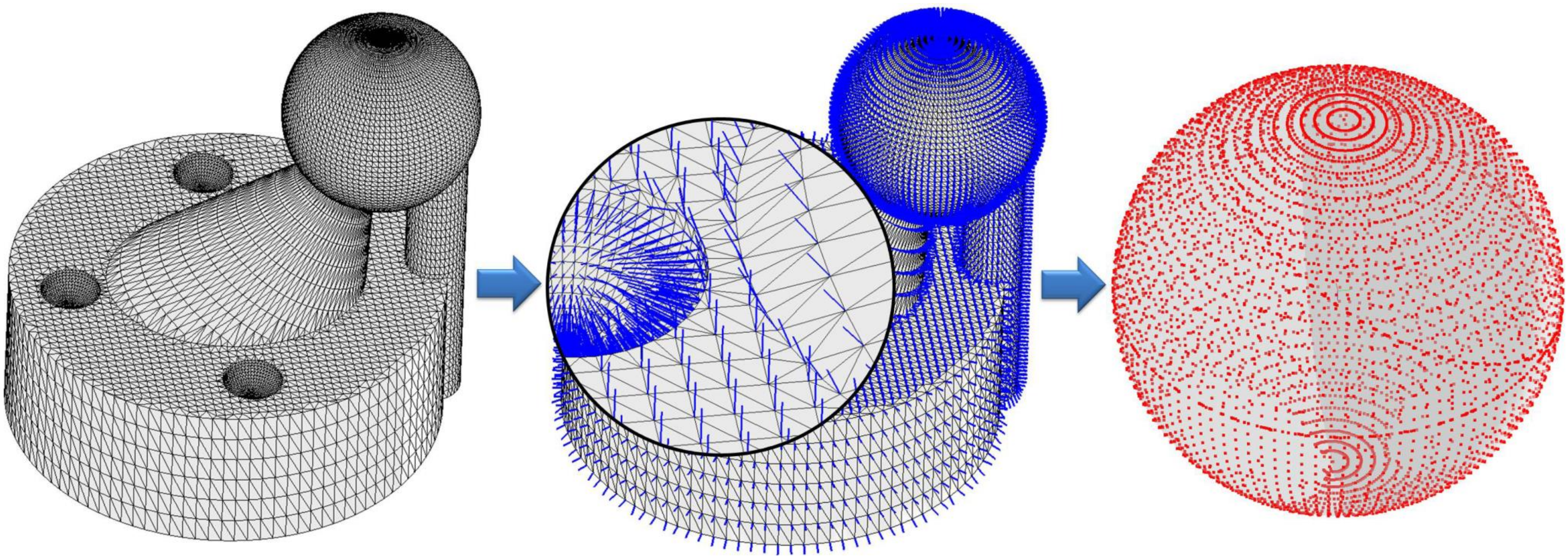


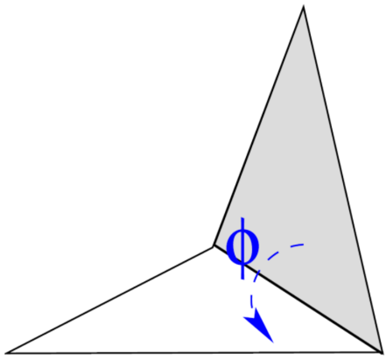
Image Gaussienne

- De manière globale sur un maillage n’est pas toujours pertinente.



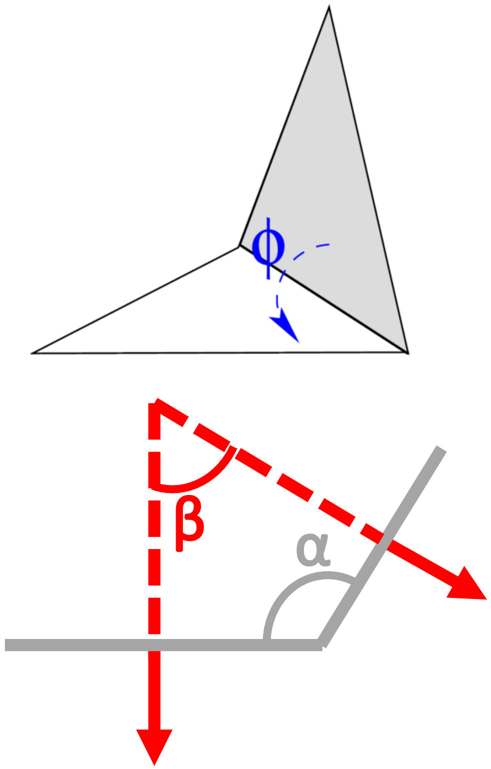
Variation des angles dièdres

- Angle dièdre :
  - angle entre deux triangles



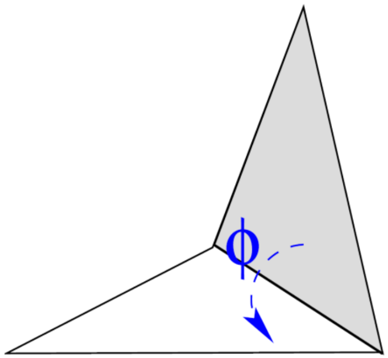
Variation des angles dièdres

- Angle dièdre :
  - angle entre deux triangles,
  - se calcule à partir des normales,



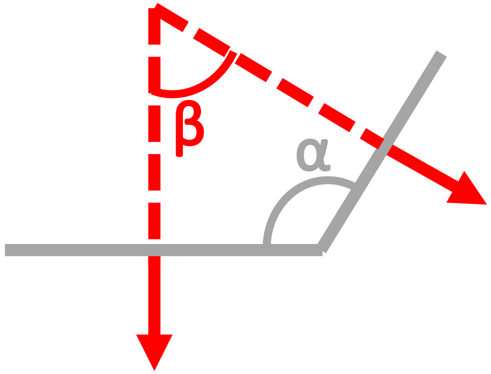
Variation des angles dièdres

- Angle dièdre :
  - angle entre deux triangles,



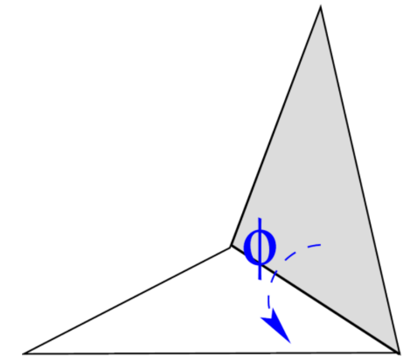
  - se calcule à partir des normales,

$$\pi = \beta + \alpha$$



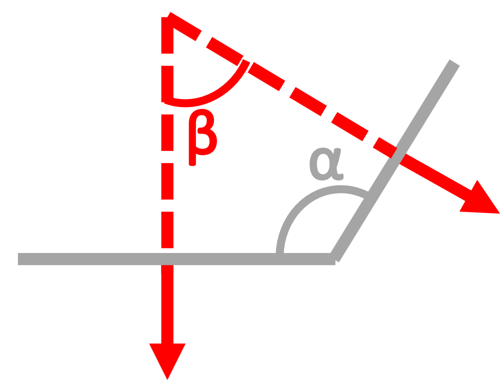
Variation des angles dièdres

- Angle dièdre :
  - angle entre deux triangles,

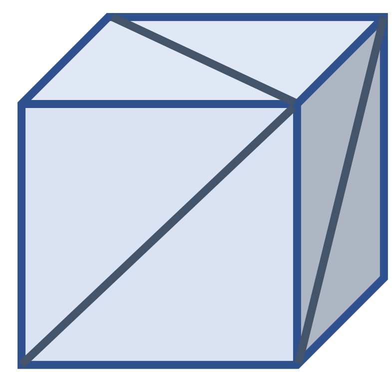


  - se calcule à partir des normales,

$$\pi = \beta + \alpha$$

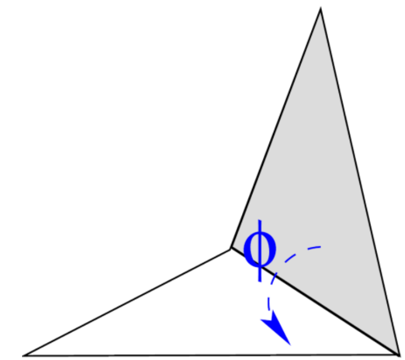


- Détection des changements brusques de forme eg. arêtes vives.



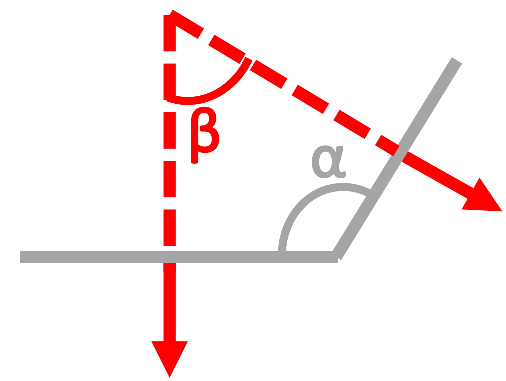
Variation des angles dièdres

- Angle dièdre :
  - angle entre deux triangles,

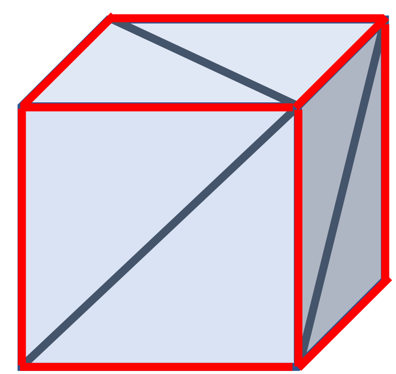


  - se calcule à partir des normales,

$$\pi = \beta + \alpha$$

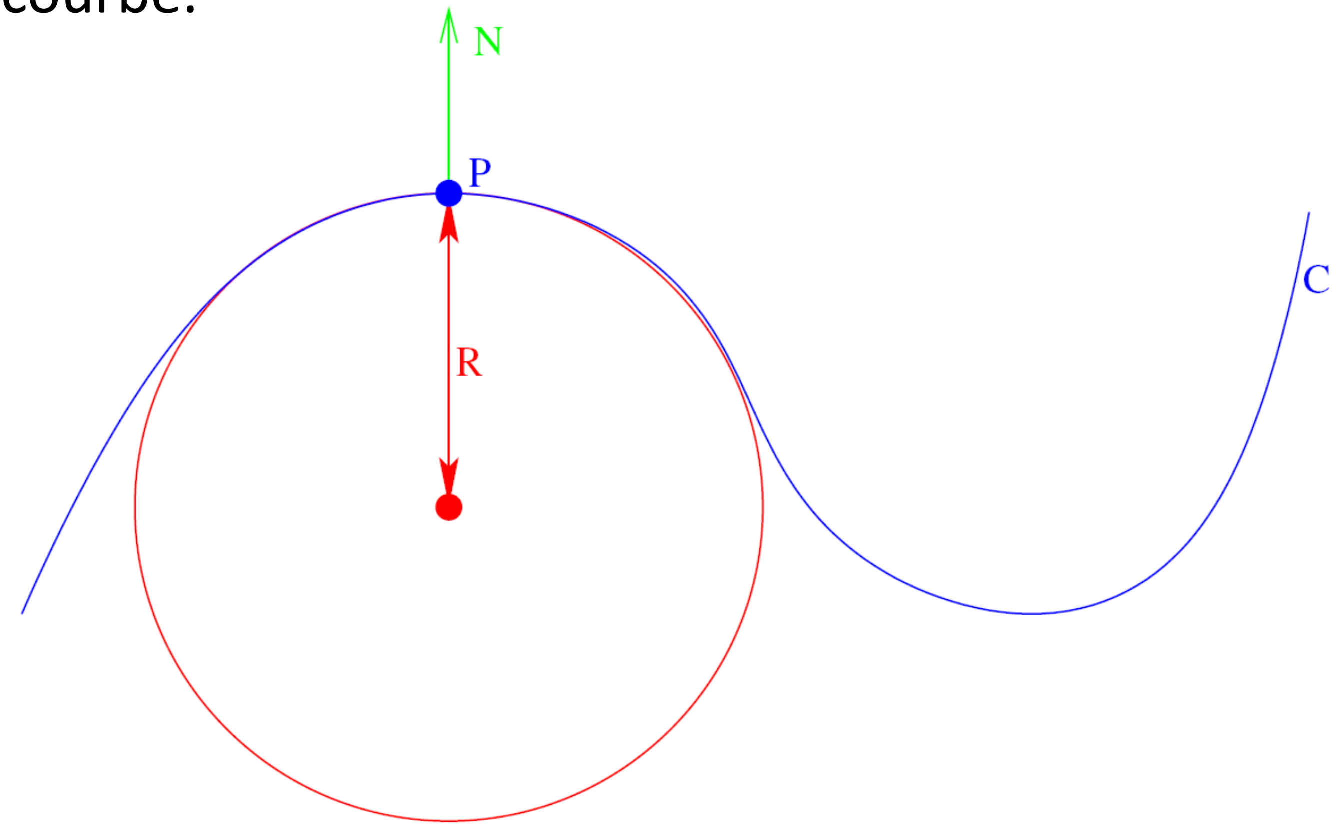


- Détection des changements brusques de forme eg. arêtes vives.



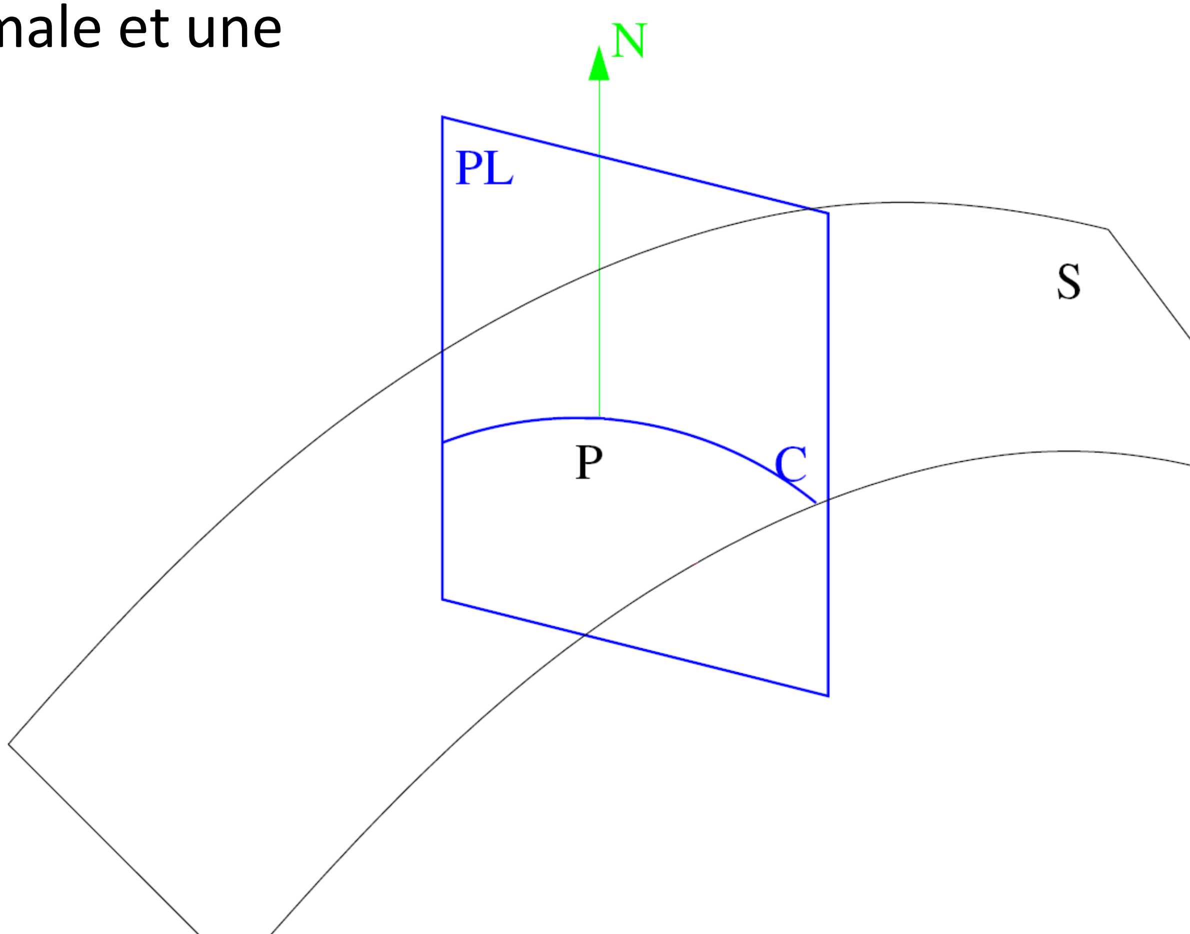
Courbure

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



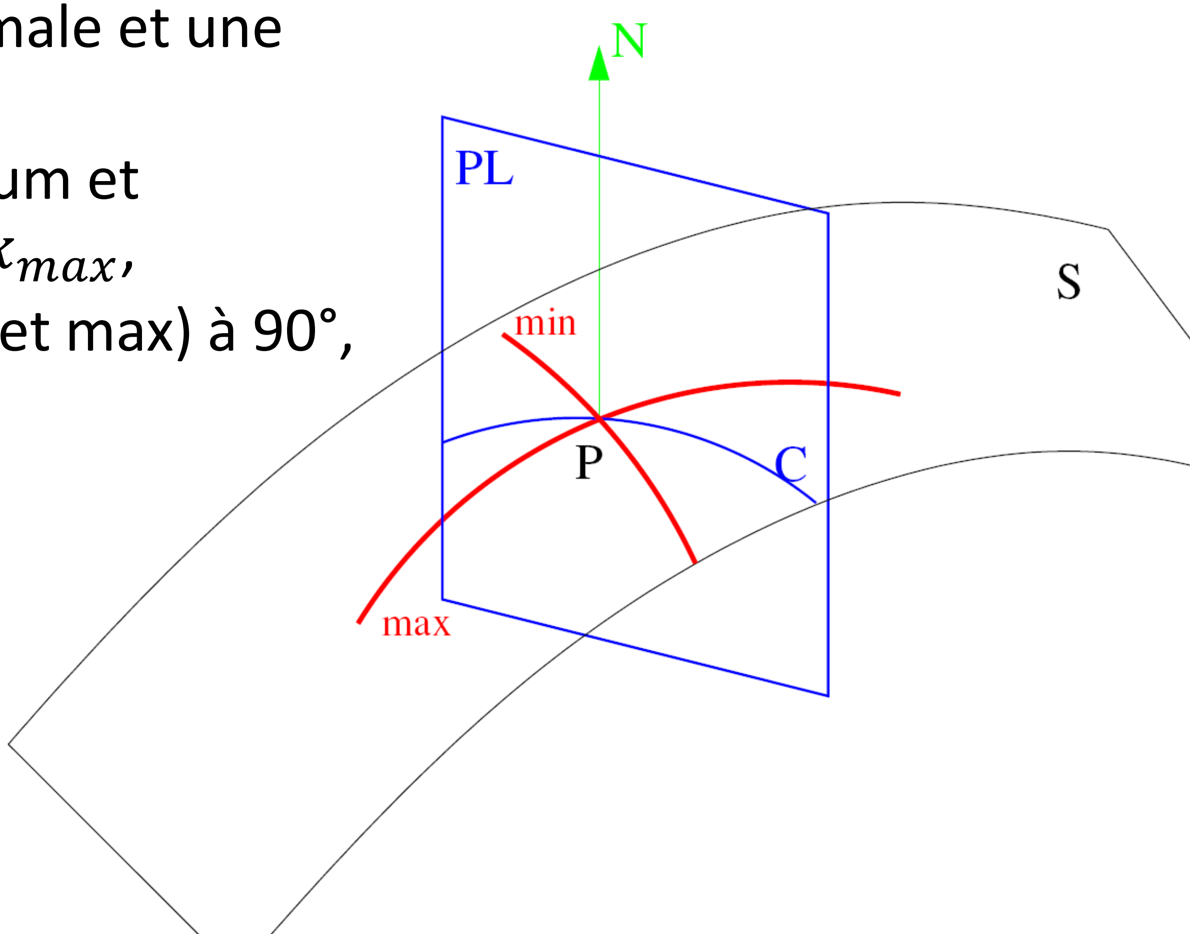
Courbure

- La courbure 3D d’un point sur une surface :
  - une courbure par plan contenant la normale et une tangente,



Courbure

- 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.



Courbure

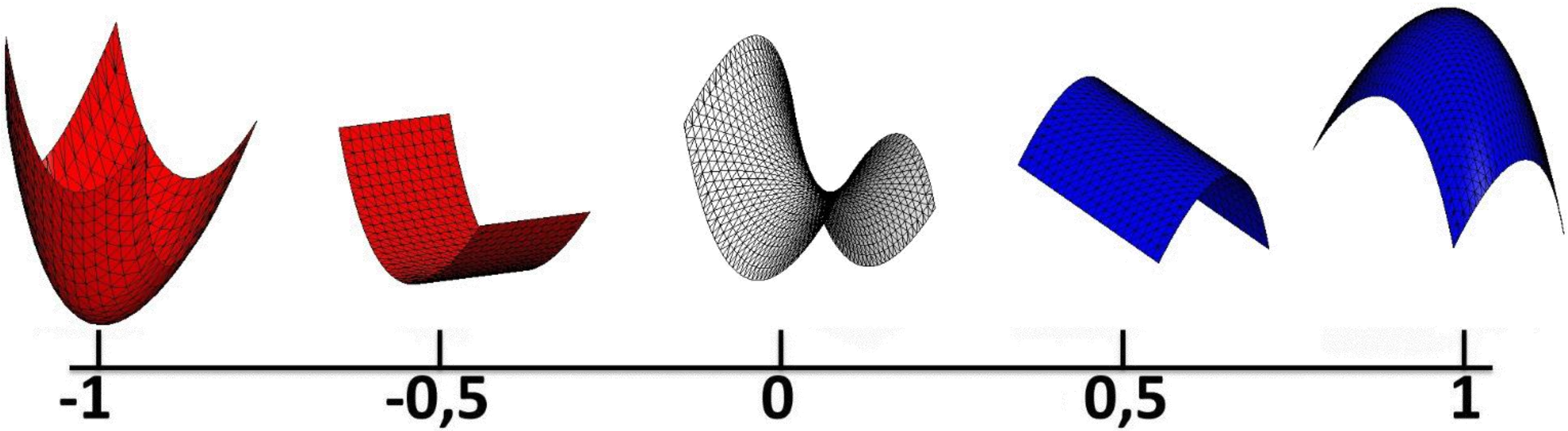
- Forme à partir de la courbure :
  - utilisation d'un coefficient le « Shape Index » :

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

Courbure

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

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



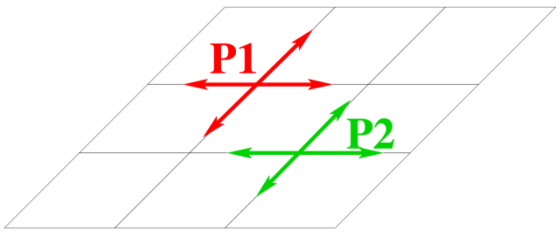
concave point selle convexe

Forme à partir de la courbure

- Objets spécifiques

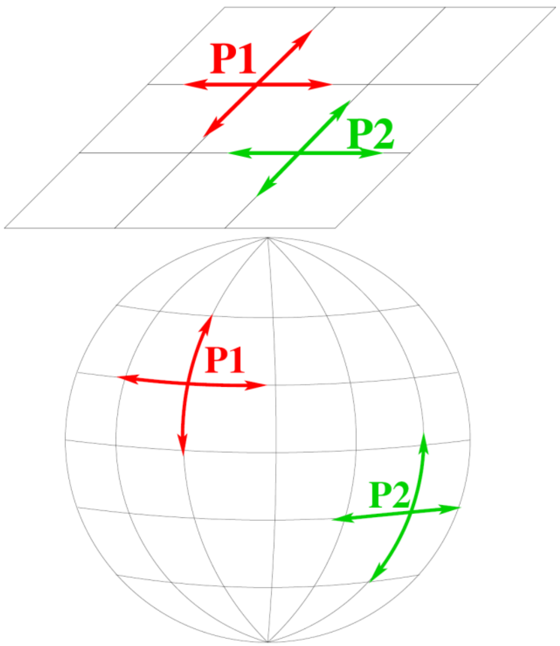
Forme à partir de la courbure

- Objets spécifiques
  - plan → Kmin = Kmax = 0 ,



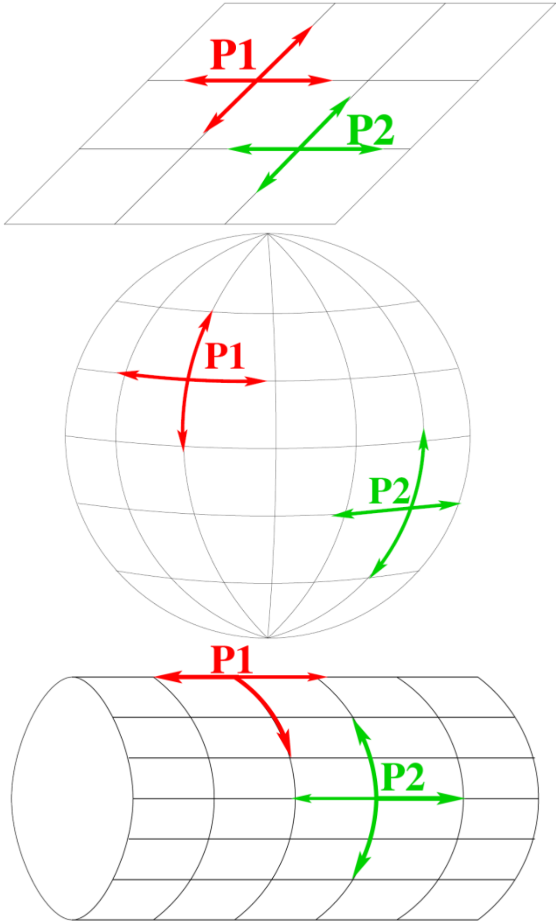
Forme à partir de la courbure

- Objets spécifiques
  - plan → Kmin = Kmax = 0 ,
  - sphère → Kmin = Kmax ≠ 0,



Forme à partir de la courbure

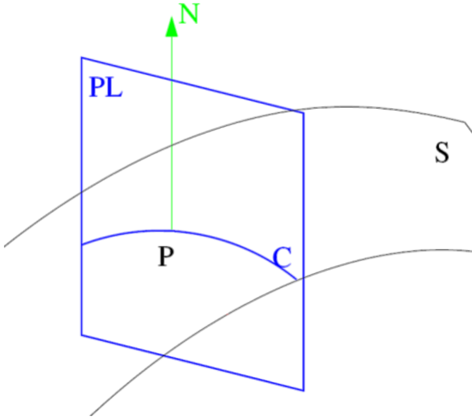
- Objets spécifiques
  - plan → Kmin = Kmax = 0 ,
  - sphère → Kmin = Kmax ≠ 0,
  - cylindre ou cône
    - Kmin ou Kmax = 0,
    - DirMin ou DirMax = génératrice



Courbure **discrète**

- Par sommet on étudie le voisinage

Courbure **discrète**

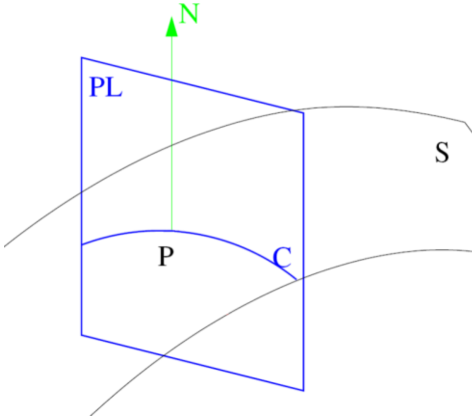


- Par sommet on étudie le voisinage
- Par couple de voisins « opposés », on déduit :
  - une courbure grâce à la formule de Meusnier

$$k_n(t) = k_C * \cos(\theta)$$

    - avec k_C : la courbure du point sur la courbe C (par ex le cercle circonscrit aux 3 points)
    - et θ : l'angle entre la normale au point et le plan de la courbe C.

Courbure **discrète**



- Par sommet on étudie le voisinage
- Par couple de voisins « opposés », on déduit :
  - une courbure grâce à la formule de Meusnier

$$k_n(t) = k_C * \cos(\theta)$$

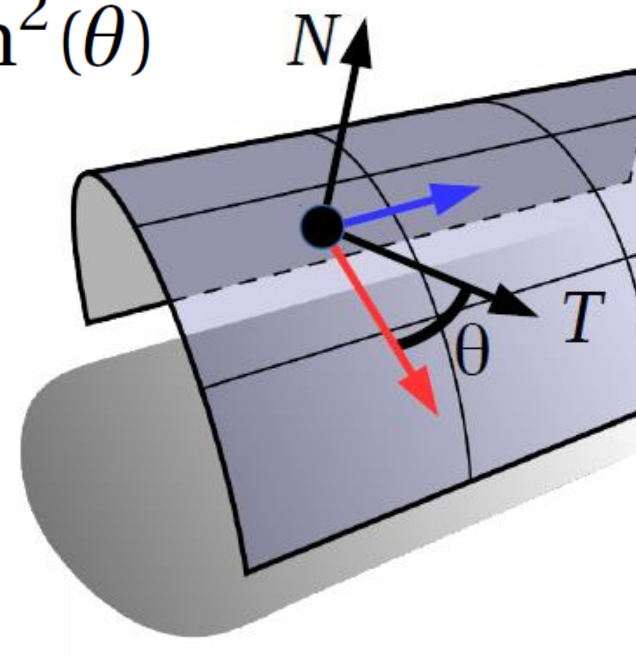
    - avec k_C : la courbure du point sur la courbe C (par ex le cercle circonscrit aux 3 points)
    - t : une direction tangent en P
    - et θ : l'angle entre la normale au point et le plan de la courbe C.
  - une direction (t)

    → en moyennant par exemple les deux vecteurs : point -> voisin1 et point -> voisin2

Courbure **discrète**

- Calculée grâce à la formule d’Euler :

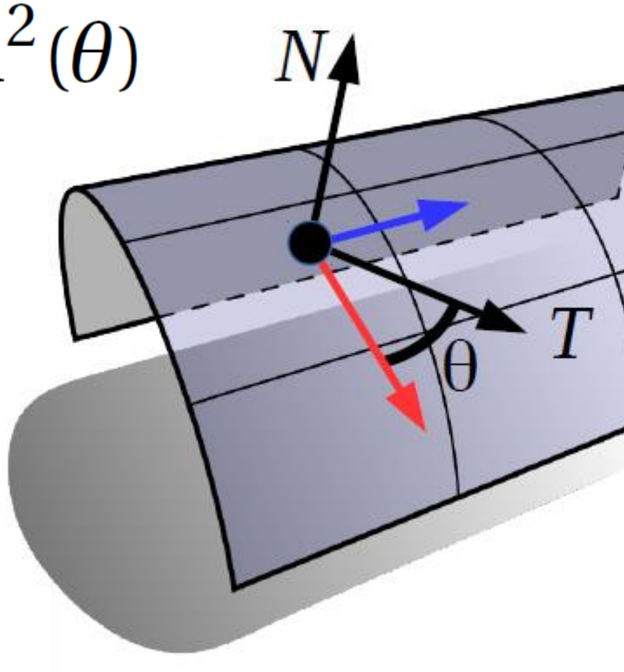
$$k_n = k_1 \cos^2(\theta) + k_2 \sin^2(\theta)$$



Courbure **discrète**

- Calculée grâce à la formule d'Euler :

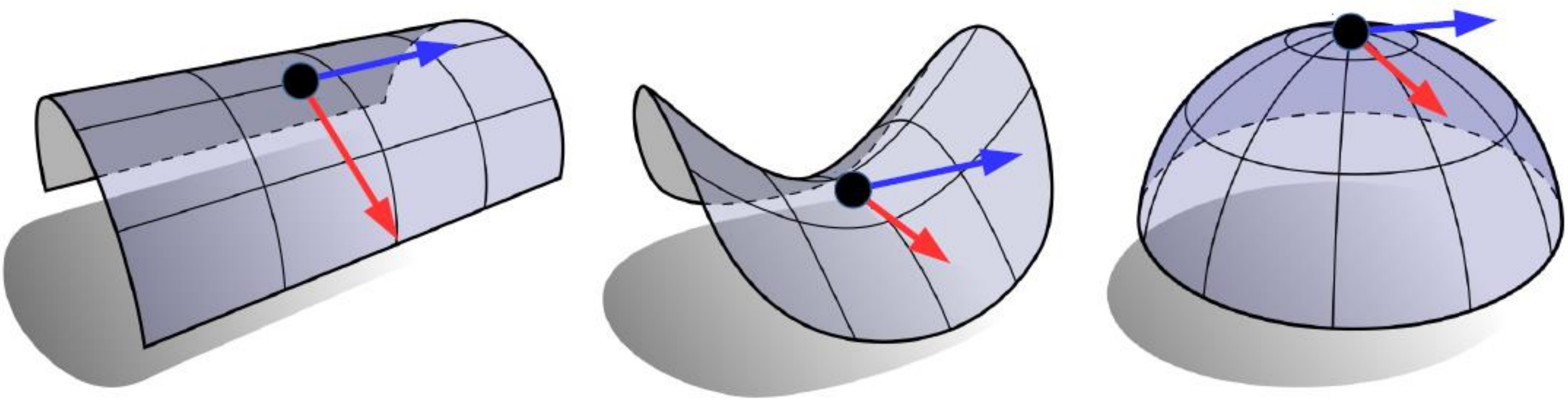
$$k_n = k_1 \cos^2(\theta) + k_2 \sin^2(\theta)$$



et aux k_n et aux directions

On approxime les **valeurs de courbures min et max** et les directions correspondantes

Courbure **discrète**



$\kappa_1 > 0 \ , \ \kappa_2 = 0$ $\kappa_1 > 0 \ , \ \kappa_2 < 0$ $\kappa_1 = \kappa_2 > 0$

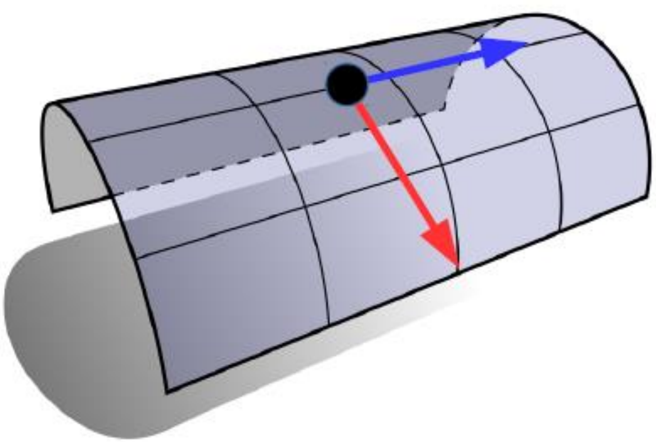
Courbure **discrète**

Mean curvature :

$$H = \frac{\kappa_1 + \kappa_2}{2} \left(= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \kappa_n(\theta)\, d\theta \right)$$

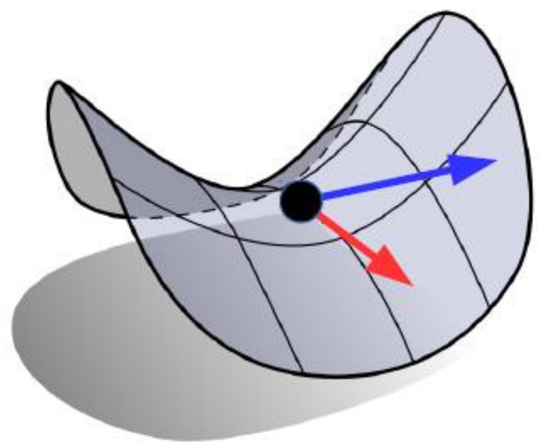
Gaussian curvature :

$$K = \kappa_1 . \kappa_2$$



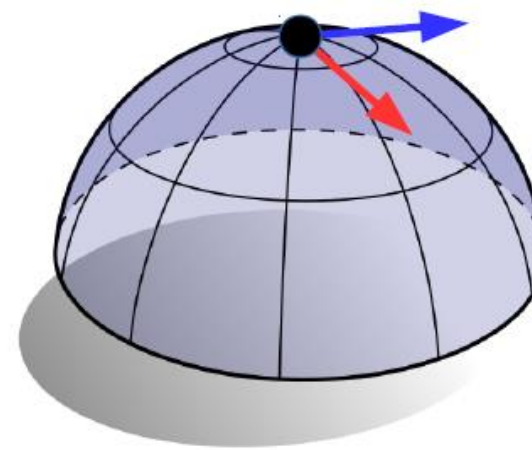
$\kappa_1 > 0 \ , \ \kappa_2 = 0$

$H > 0 \ , \ K = 0$



$\kappa_1 > 0 \ , \ \kappa_2 < 0$

$H = 0 \ , \ K < 0$

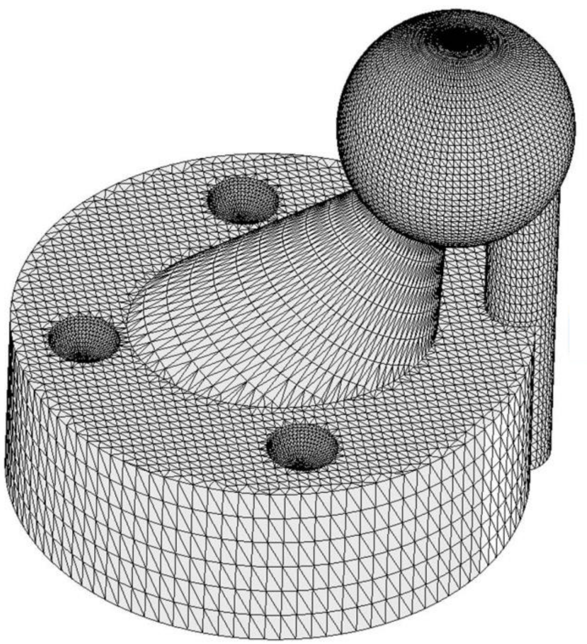


$\kappa_1 = \kappa_2 > 0$

$H > 0 \ , \ K > 0$

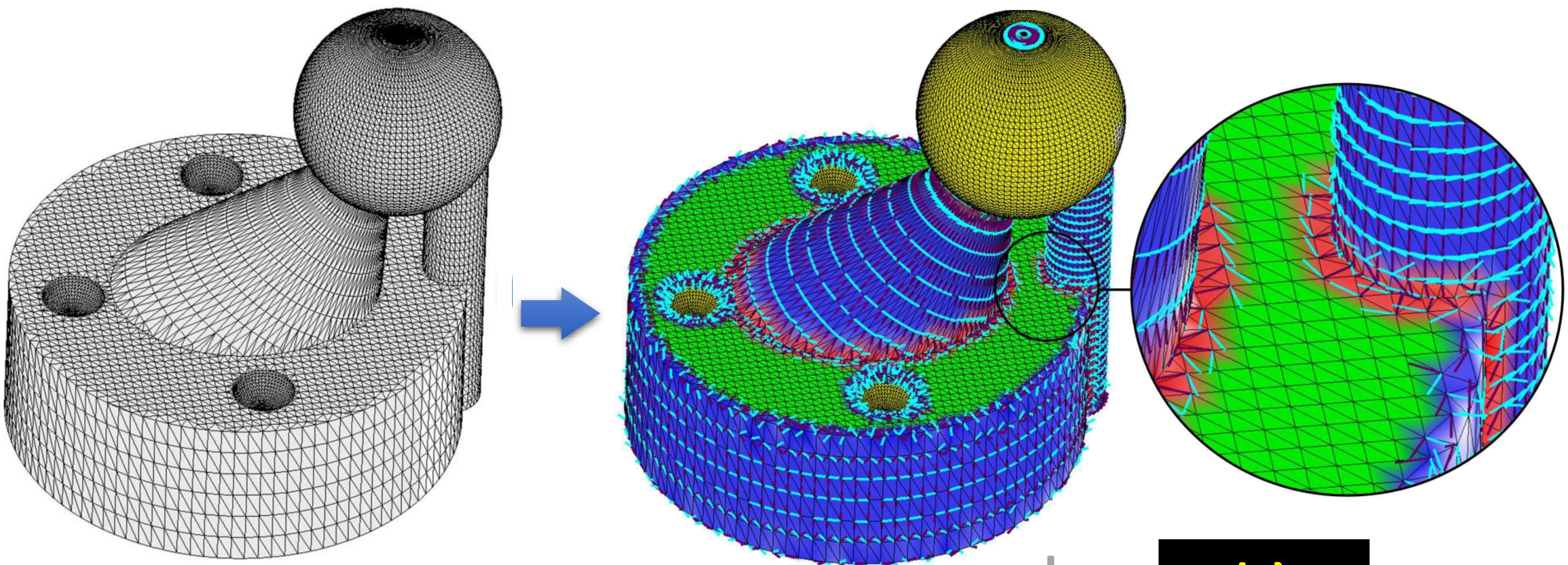
Etude globale

- Courbure par sommet → identification de zone



Etude globale

- Courbure par sommet → identification de zone



plan sphère convexe

concave DirMax DirMin

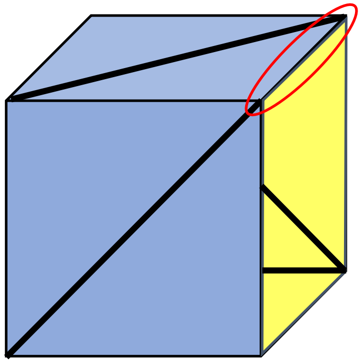
Défauts sur les maillages

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

Défauts sur les maillages

- Les maillages peuvent contenir différents défauts sur :
  - les arêtes,
  - les triangles.
- Impacts + ou - moins importants en fonction de l'utilisation du maillage :
  - problèmes de calcul,
  - problèmes d'impression,
  - …

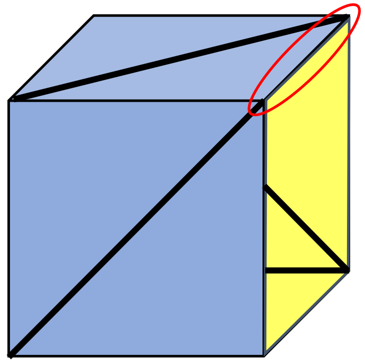
Problèmes sur les arêtes



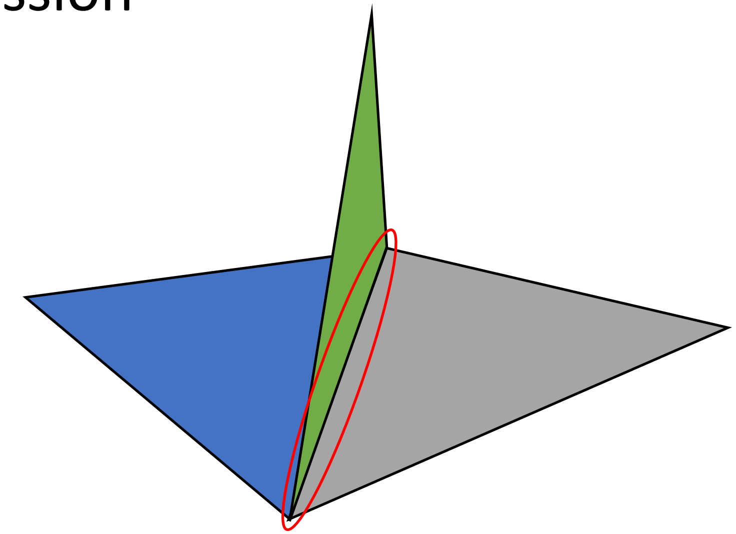
- Arêtes libres
  - arêtes contenues dans un seul triangle
  - pas très grave, un maillage peut avoir un « trou »

Problèmes sur les arêtes

- Arêtes libres
  - arêtes contenues dans un seul triangle
  - pas très grave, un maillage peut avoir un « trou »

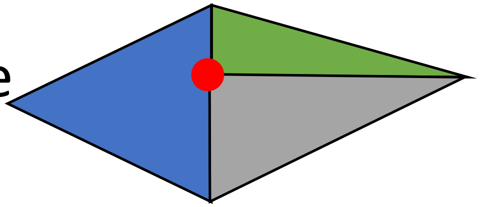


- Arêtes multiples
  - arêtes contenues dans plus de deux triangles
  - posent des problèmes d'impression (intérieur/extérieur)

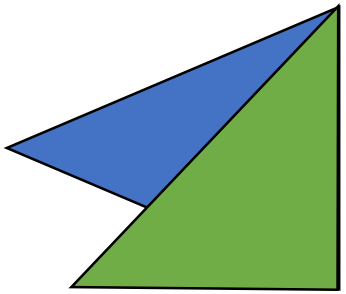


Problèmes sur les triangles

- Jonctions en T
  - un sommet se trouve au milieu d'une arête
  - posent des problèmes de voisinage

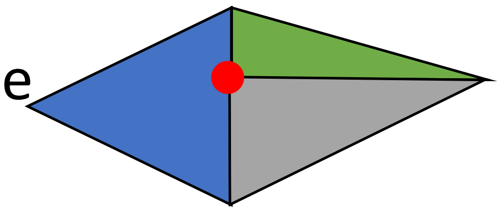


- triangles en « overlap »
  - triangles qui se « superposent »

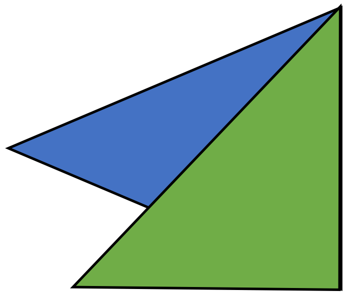


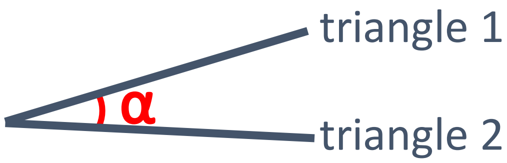
Problèmes sur les triangles

- Jonctions en T
  - un sommet se trouve au milieu d'une arête
  - posent des problèmes de voisinage



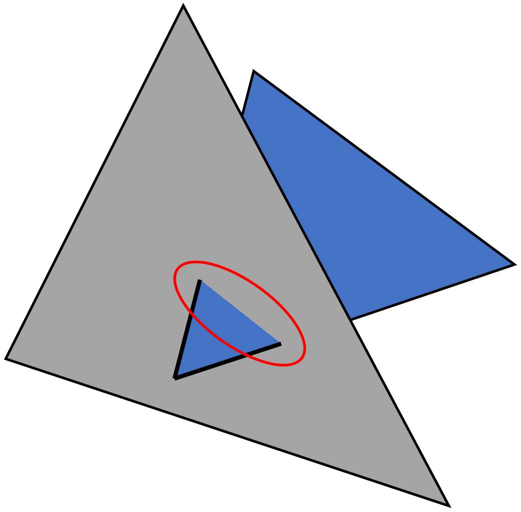
- triangles en « overlap »
  - triangles qui se « superposent »
  - définis par un angle
  - posent des problèmes de voisinage et d'impression





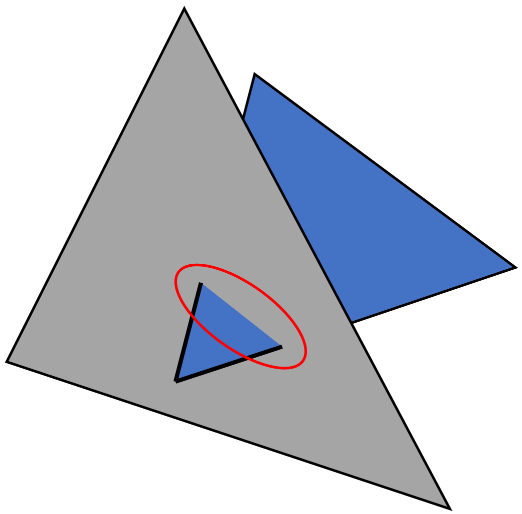
Problèmes sur les triangles

- Triangles en auto-intersection
  - triangles qui « s’intersectent »
  - posent des problèmes de voisinage et d’impression



Problèmes sur les triangles

- Triangles en auto-intersection
  - triangles qui « s’intersectent »
  - posent des problèmes de voisinage et d’impression
  - 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.

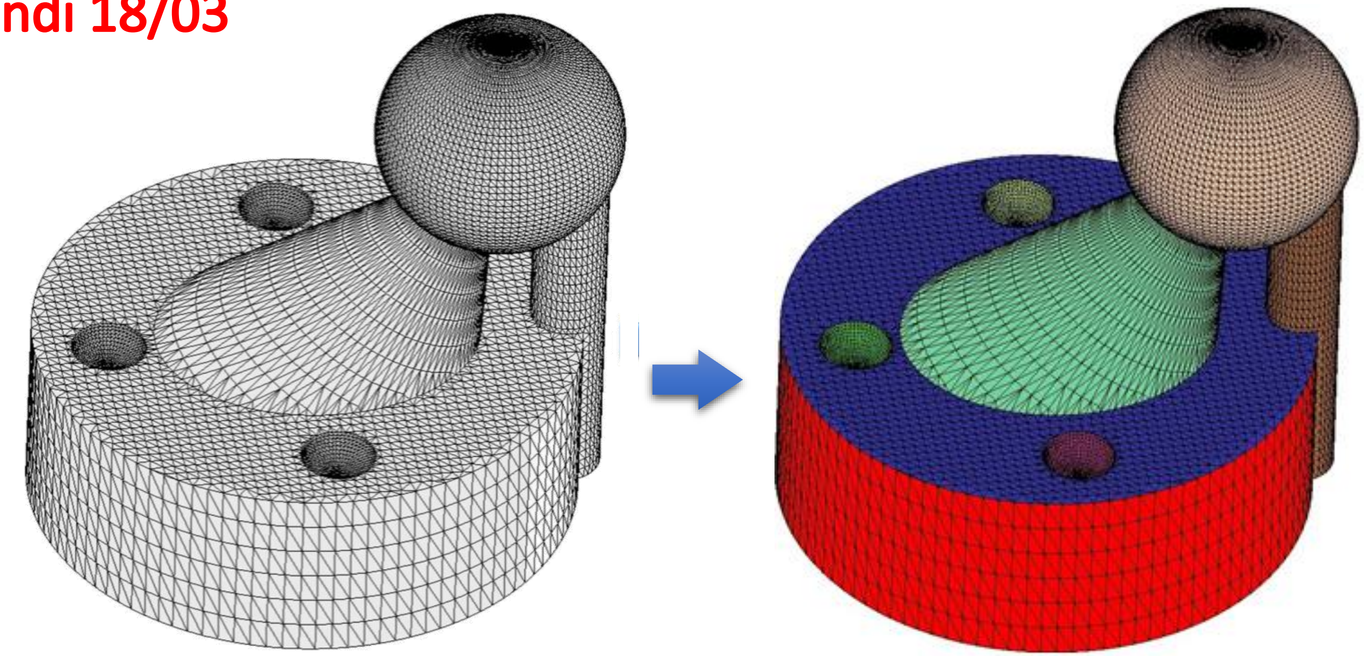
Conclusion

- 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 18/03



Pour récupérer les cours et le TD/TP:

Moodle HMIN212