

CRSNG-FONCER
Programme de formation en Génie Par Simulation

Tutoriel de Gmsh

Logiciel libre générateur de maillages 3D

Théophile Raux

Polytechnique Montréal
Montréal, QC

Septembre 2016

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 Création d'un maillage 2D
 - Prise en main de Gmsh
 - Exemple simple
 - Sillage
 - Suppléments
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

Tutoriel existant

Consulter *Gmsh reference manual*, C. Geuzaine and J.F. Remacle

Disponible en ligne gratuitement

Notation : $abc^{[0.0]}$ \longrightarrow section 0.0 du manuel.

Qu'est-ce qu'un maillage ?

- Partition d'un espace géométrique Ω en éléments $\omega_i, i = 1..N_{ele}$ tels que :
 1. $\Omega = \bigcup_i \omega_i$
 2. $\emptyset = \bigcap_i \omega_i$
- Caractéristiques :
 1. dimension 2D ou 3D
 2. géométrie des éléments (triangles, quadrangles, tétraèdres, etc)
 3. degré de l'élément/polynôme

Qu'est-ce que Gmsh ?

Logiciel libre de maillages par éléments finis contenant 4 modules :

- de géométrie
- de maillage
- solveur
- de post-traitement

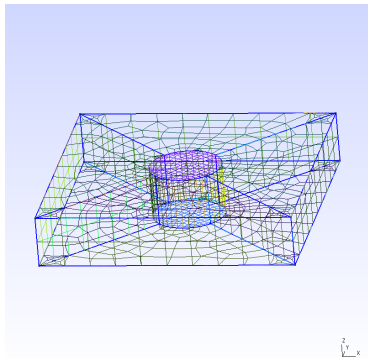


FIGURE – Maillage 2D d'un cylindre dans un pavé

Prérequis

- connaissance de Linux et du terminal
- C, C++ pour les boucles, les commentaires, les balises

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 **Création d'un maillage 2D**
 - **Prise en main de Gmsh**
 - Exemple simple
 - Sillage
 - Suppléments
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

Utilisation

Gmsh peut être utilisé de deux manières :

- avec l'interface graphique (souris et création du maillage pas-à-pas), mode *interactif*
- avec un éditeur de texte, le terminal et des commandes *shell*, mode *non-interactif*

Mon utilisation : mélange des deux.

Interface

Ouverture avec la commande `> gmsh &`

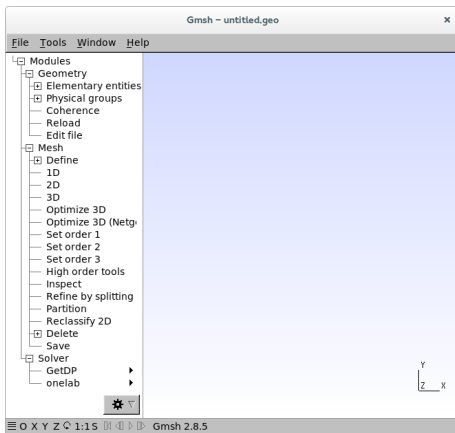


FIGURE – Interface de Gmsh

Fichier entrant

- fichier '.geo'
- syntaxe similaire au C : ';', '//' et '/*...*/'
- balises et mots 'For'^[4.6], 'Exp' ou 'Sin'^[4.4]
- définit les points, les lignes, les surfaces, la taille des éléments, leur nombre, leur forme, etc...

Faisable par l'interface graphique mais plus rapide par écrit.

Fichier sortant

- sauvegarder sous l'extension INRIA '.mesh'
- sauvegarder les parties physiques et pas les élémentaires
- à transformer par TranslateMesh

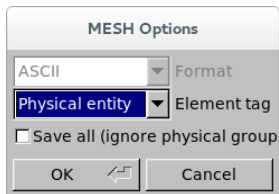


FIGURE – Sauvegarde des éléments

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 **Création d'un maillage 2D**
 - Prise en main de Gmsh
 - **Exemple simple**
 - Sillage
 - Suppléments
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

```
c = 0.707106781; L=2;
```

```
Point(1) = {0,0,0}; // centre
Point(2) = {-L,-L,0};
Point(3) = {L,-L,0};
Point(4) = {L,L,0};
Point(5) = {-L,L,0};
Point(6) = {-c,-c,0};
Point(7) = {c,-c,0};
Point(8) = {c,c,0};
Point(9) = {-c,c,0};
```

```
Line(1) = {2,3}; // bas
Line(2) = {3,4}; // droite
Line(3) = {4,5}; // haut
Line(4) = {5,2}; // gauche
Circle(5) = {6,1,7};
Circle(6) = {7,1,8};
Circle(7) = {8,1,9};
Circle(8) = {9,1,6};
```

```
Line Loop(1) = {1,2,3,4};
Line Loop(2) = {5,6,7,8};
```

```
Plane Surface(1)={1,2}; // trou
```

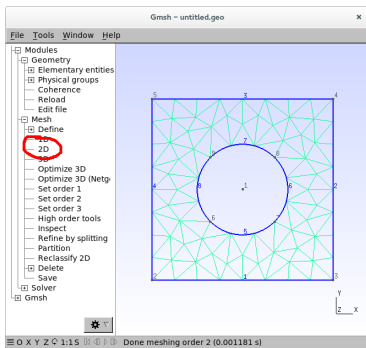


FIGURE – Maillage initial avec un trou

Étapes

Créer une géométrie et un maillage aléatoire de triangles :

1. définition des constantes
2. définition des points grâce à leurs coordonnées^[5.1.1]
3. définition des lignes, arcs de cercle^[5.1.2]
4. définition des boucles sur les lignes, faire attention aux sens des lignes^[5.1.2]
5. définition des surfaces^[5.1.3]
6. ouvrir le fichier dans Gmsh
7. cliquer sur '2D' dans l'interface graphique

Contrôler les éléments

Recombine Surface $\{i\}$ [6.3.3] forme des quadrangles sur la surface i

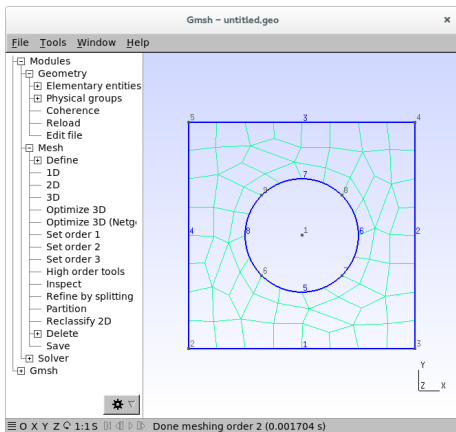


FIGURE – Maillage composé de quadrangles

Contrôler les éléments

Transfinite Line{1:8} = 15;^[6.3.2] impose 15 nœuds sur les courbes 1 à 8

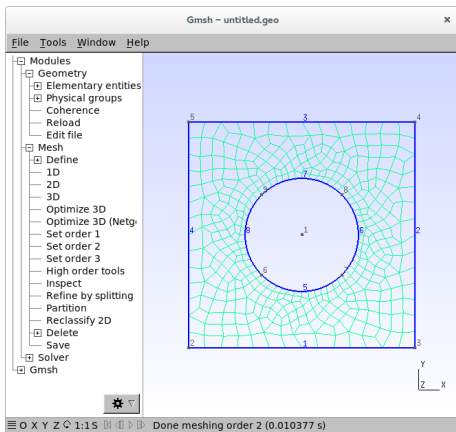


FIGURE – Maillage composé de 15 nœuds sur chaque courbe

Créer une surface transfinie

1. créer des surfaces à 4 côtés
2. créer des lignes transfinies
3. Ruled Surface(i)={j}; [5.1.3]
4. Transfinite Surface
" * " ; [6.3.2]

⚠ toujours faire attention aux sens des lignes, des boucles, etc

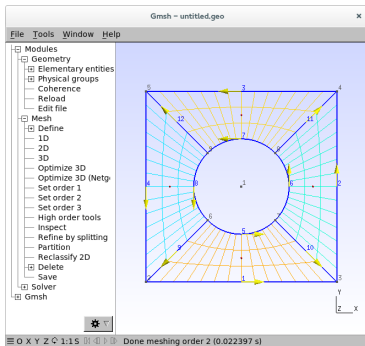


FIGURE – Maillage structuré avec tangentes en jaune

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 **Création d'un maillage 2D**
 - Prise en main de Gmsh
 - Exemple simple
 - **Sillage**
 - Suppléments
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

Première méthode

Définition des bords du sillage et du maillage transfini.

Contrôle total de la taille des éléments et de la structure du maillage.

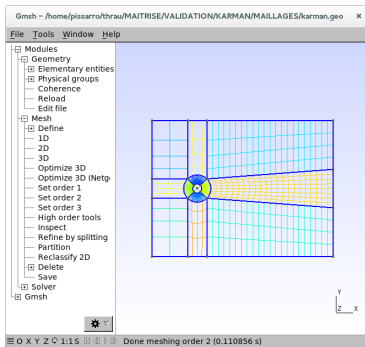


FIGURE – Maillage structuré du sillage

Deuxième méthode

Deux maillages, général et sillage,
calculés empiriquement.

Définition de champs $Fields[]$:[6.3.1]

```
Field [2]= MathEval;
Field [2].F= Sprintf ("%g*Exp(%g*(x*x+y*y))+(%g)", a, b, c);
Field [3]= MathEval;
Field [3].F= Sprintf ("(-10*Tanh(10-(%g*x+(%g)*Abs(y))+10+%g)*(Exp(-(x+1))+1)+%g*x",
d, e, hsill, f);
Field [4]= Min;
Field [4].FieldsList={2,3};
Background Field = 3;
```

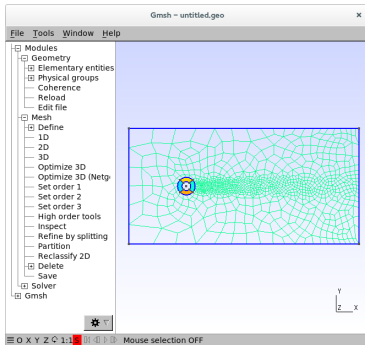


FIGURE – Maillage non-structuré du sillage

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 **Création d'un maillage 2D**
 - Prise en main de Gmsh
 - Exemple simple
 - Sillage
 - **Suppléments**
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

Options de Transfinite^[6.3.2]

Transfinite Line{9:12} = 7
Using Progression 1.4;

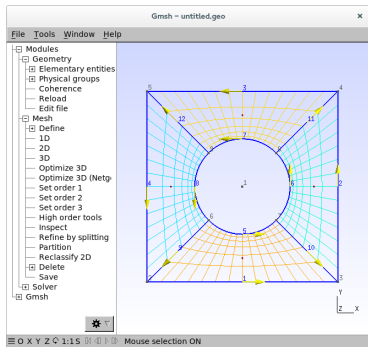


FIGURE – Maillage structuré avec progression

Transfinite Line{9:12} = 7
Using Bump 3;

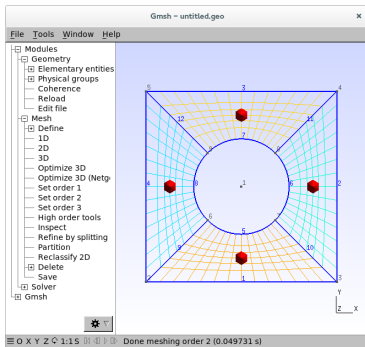


FIGURE – Maillage structuré avec Bump et normales en rouge

Boîte à outils

Accessible *via Tools* → *Options* ou avec Ctrl+Shift+N

Affiche les numéros des points, lignes, *etc* ; les tangentes, normales

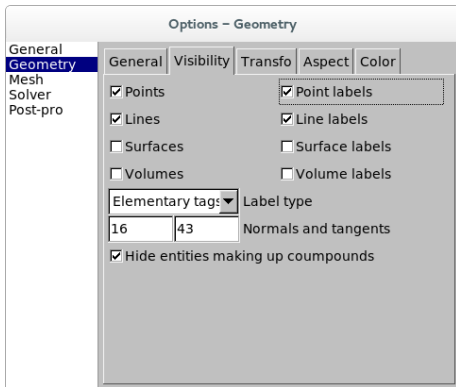


FIGURE – Boîte à outils, onglet géométrie

Raccourcis utiles^[3.5]

Ctrl+ClicDroit → retour à la vue initiale

Ctrl+o, Ctrl+s, Ctrl+N → ouvrir un fichier, sauver, nouveau

0 → recharger le document

ClicGauche+⌘ → tourner la vue

ClicDroit+⌘ → translater la vue

Shift+ClicGauche+↕ → zoomer

Pseudo-ellipse

Explications de la problématique au tableau

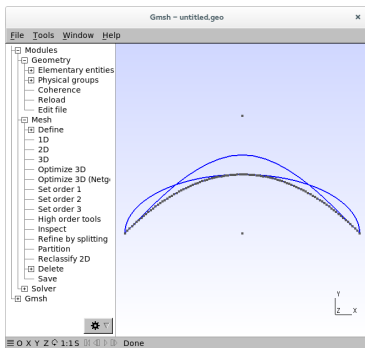


FIGURE – Demi-ellipse, parabole avec Spline, parabole avec BSpline

Pseudo-ellipse

```

Point (1)={1/2,1/2,0}; //Centre
c=-7/16;
b=4;
a=-4;
npts=100; //Pair

// Parabola with Spline
For i In {1:npts+1}
x=3/8+1/4*(i-1)/npts;
Point (i+1)={x,a*(x)*(x)+b*(x)+c,0};
EndFor
Spline (1)={2:npts+2};

// Exact ellipse
Ellipse (2)={2,1,2,(npts/2+2)};
Ellipse (3)={(npts/2+2),1,2,npts+2};

// Parabola using BSpline
Point (1000)={3/8,1/2,0};
Point (1001)={1/2,1/2+1/8,0};
Point (1002)={5/8,1/2,0};
BSpline (4)={1000:1002};

Mesh.ElementOrder = 2; // P2

```

Définition d'ellipses, splines et
b-splines^[5.1.2]

Ordre des éléments du maillage^[b.3]

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 Création d'un maillage 2D
 - Prise en main de Gmsh
 - Exemple simple
 - Sillage
 - Suppléments
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

Extrusion^[5.1.5]

```
extr1 [] = Extrude {0,0,2} {
  Surface {1:4};
  Layers {4};
  Recombine;
}
```

extr1[0] : surface extrudée

extr1[1] : volume créé

extr1[2], extr1[3],... : surfaces
latérales

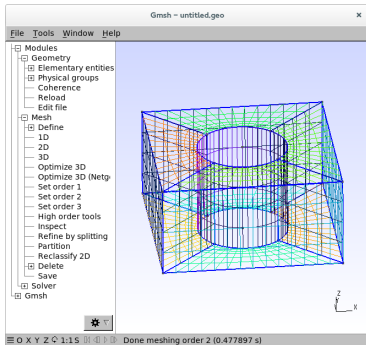


FIGURE – Maillage 3D

Extrusion^[5.1.5]

```
Extrude{{0,1,0},{-2,-2,0},-Pi/2} {
  Surface{1:4};
  Layers{7};
  Recombine;
}
```

Extrude{*{axe de rotation}*, *{point sur l'axe}*, *angle de rotation*}

Forme des triangles ET des quadrangles.

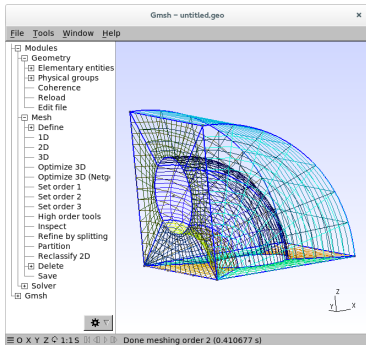


FIGURE – Maillage 3D

Table des matières

- 1 Avant-propos
- 2 Création d'un maillage 2D
 - Prise en main de Gmsh
 - Exemple simple
 - Sillage
 - Suppléments
- 3 Création d'un maillage 3D
 - Par extrusion
 - Par définition des points
- 4 TranslateMesh
- 5 À retenir

Même méthode qu'en 2D

Méthode : définir les points, lignes, boucles de lignes, surfaces, boucles de surfaces^[5.1.3] et volumes^[5.1.4] un à un.

Mais

- Méthode longue et peu modulable
- N'utilise pas toutes les possibilités de Gmsh

Introduction

- Logiciel écrit en C++ créé par Martin Wasselet
- Transforme le maillage '.mesh' en '.maillage' utilisable par *EF6*
- Entrer :
 1. le nom du fichier.mesh
 2. le nombre de lignes, surfaces, volumes physiques
 3. le nom de chaque ligne, surface, volume

carre.mesh

```

MeshVersionFormatted 2
Dimension
3
Vertices
25
0 0 0 1
1 0 0 2
1 1 0 3
0 1 0 4
0.499999999999869 0 0 1
0.249999999999942 0 0 1
0.749999999999935 0 0 1
1 0.499999999999869 0 2
1 0.249999999999942 0 2
1 0.749999999999935 0 2
0.500000000000206 1 0 3
0.750000000000076 1 0 3
0.250000000000103 1 0 3
0 0.500000000000206 0 4
0 0.750000000000076 0 4
0 0.250000000000103 0 4
0.500000000000038 0.500000000000038 0 1
0.499999999999953 0.250000000000019 0 1
0.250000000000019 0.500000000000122 0 1
0.249999999999998 0.250000000000061 0 1
0.500000000000122 0.750000000000019 0 1
0.250000000000061 0.750000000000047 0 1
0.750000000000019 0.499999999999953 0 1
0.749999999999977 0.249999999999998 0 1
0.750000000000047 0.749999999999977 0 1

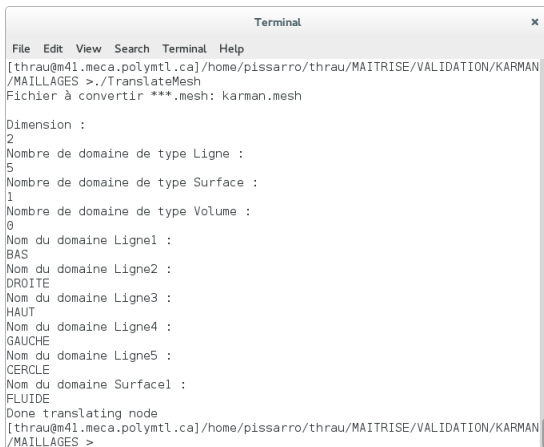
```

```

EdgesP2
8
1 5 6 1
5 2 7 1
2 8 9 2
8 3 10 2
3 11 12 3
11 4 13 3
4 14 15 4
14 1 16 4
Quadrilaterals
4
1 5 17 14 6 18 19 16 20 1
14 17 11 4 19 21 13 15 22 1
5 2 8 17 7 9 23 18 24 1
17 8 3 11 23 10 12 21 25 1
End

```

Exemple



```
Terminal
File Edit View Search Terminal Help
[thrau@m41.meca.polymtl.ca]/home/pissarro/thrau/MAITRISE/VALIDATION/KARMAN
/MAILLAGES > ./TranslateMesh
Fichier à convertir ***.mesh: karman.mesh

Dimension :
2
Nombre de domaine de type Ligne :
5
Nombre de domaine de type Surface :
1
Nombre de domaine de type Volume :
0
Nom du domaine Ligne1 :
BAS
Nom du domaine Ligne2 :
DROITE
Nom du domaine Ligne3 :
HAUT
Nom du domaine Ligne4 :
GAUCHE
Nom du domaine Ligne5 :
CERCLE
Nom du domaine Surface1 :
FLUIDE
Done translating node
[thrau@m41.meca.polymtl.ca]/home/pissarro/thrau/MAITRISE/VALIDATION/KARMAN
/MAILLAGES >
```

FIGURE – Capture d'écran du terminal

Fichier sortant

1. COO nbCoordonnées dimension
2. x y (z si 3D) : coordonnées des points
3. DOMAINE nbDomaines
4. boucle sur nbDomaines
 - 4.1 nomDomaine LagrLigne03/LagrQuad09/LagrHexae27 nbElements
 - 4.2 connectivité des points sur chaque élément

carre.maillage

```

COO 25 2
0 0
1 0
1 1
0 1
0.499999999999869 0
0.249999999999942 0
0.749999999999935 0
1 0.499999999999869
1 0.249999999999942
1 0.749999999999935
0.500000000000206 1
0.750000000000076 1
0.250000000000103 1
0 0.500000000000206
0 0.750000000000076
0 0.250000000000103
0.500000000000038 0.500000000000038
0.499999999999953 0.250000000000019
0.250000000000019 0.500000000000122
0.249999999999998 0.250000000000061
0.500000000000122 0.750000000000019
0.250000000000061 0.750000000000047
0.750000000000019 0.499999999999953
0.749999999999977 0.249999999999998
0.750000000000047 0.749999999999977

```

```

DOMAINE 5
BAS LagrLigne03 2
1 5 6
5 2 7
DROITE LagrLigne03 2
2 8 9
8 3 10
HAUT LagrLigne03 2
3 11 12
11 4 13
GAUCHE LagrLigne03 2
4 14 15
14 1 16
FLUIDE LagrQuadr09 4
1 5 17 14 6 18 19 16 20
14 17 11 4 19 21 13 15 22
5 2 8 17 7 9 23 18 24
17 8 3 11 23 10 12 21 25

```

- + facile d'utilisation avec le GUI et un fichier '.geo'
- + tutoriel en ligne
- + forum en ligne
- + intuitif
- + nombreuses extensions possibles pour les fichiers sortants
- difficile de créer des géométries compliquées
- logiciel inachevé (BSpline)

- ouvrir Gmsh avec le terminal
- composer la géométrie dans un fichier '.geo'
 1. points, lignes, cercles, ellipses
 2. boucles et surfaces (vérifier le sens avec la Toolbox)
 3. lignes transfinies avec Progression/Bump possible
 4. extrusion si volume 3D
 5. Recombine Surface si quadrangles
 6. lignes et surfaces physiques
- créer le maillage avec l'interface utilisateur de Gmsh
- vérifier le maillage visuellement
- TranslateMesh pour utiliser le maillage dans *EF6*