

TP1 : Génération et visualisation de maillage avec le logiciel Gmsh

Algiane Froehly

Objectifs :

- Savoir définir une géométrie et des références aux frontières ; domaines de calcul distincts ;
- savoir mailler cette géométrie et choisir la méthode de génération voulue ;
- savoir visualiser le maillage obtenu et ses caractéristiques ;
- lire un maillage depuis Octave.

1 Brève présentation de Gmsh

Gmsh est un logiciel open source de génération et visualisation de maillages 1D, 2D et 3D. Outre ses algorithmes de génération de maillages robustes, Gmsh est un outil puissant car il permet de générer des géométries à partir de scripts (écrits en pseudo C).

1.1 Installation

les exécutables pré-compilés de la dernière release sont téléchargeables sur la page web du logiciel : <http://gmsh.info/>.

Pour une documentation détaillée du logiciel : <http://gmsh.info/doc/texinfo/gmsh.html>.

1.1.1 macOS

1. Ouvrir le fichier `gmsh-3.0.6-MacOSX.dmg` avec DiskImageMouther (proposé par défaut par le système) et glisser `Gmsh.app` dans le raccourci vers **Applications**.
2. Créez un alias vers le binaire `Gmsh` pour pouvoir lancer `gmsh` facilement depuis votre terminal :

```
$ echo "alias gmsh=/Applications/Gmsh.app/Contents/MacOS/gmsh" \  
>> ~/.bashrc  
$ source ~/.bashrc
```

1.1.2 Linux

1. Décompresser le fichier `gmsh-3.0.6-Linux64.tgz`
2. Créez un alias vers le binaire `Gmsh` pour pouvoir lancer `gmsh` facilement depuis votre terminal :

```
$ echo "alias gmsh=$PATH_TO_GMSH/bin/gmsh" >> ~/.bashrc  
$ source ~/.bashrc
```

1.2 A la découverte de l'interface graphique

Gmsh peut-être utilisé via son interface graphique :

```
$ gmsh &
```

ou en ligne de commande :

```
$ gmsh -h
```

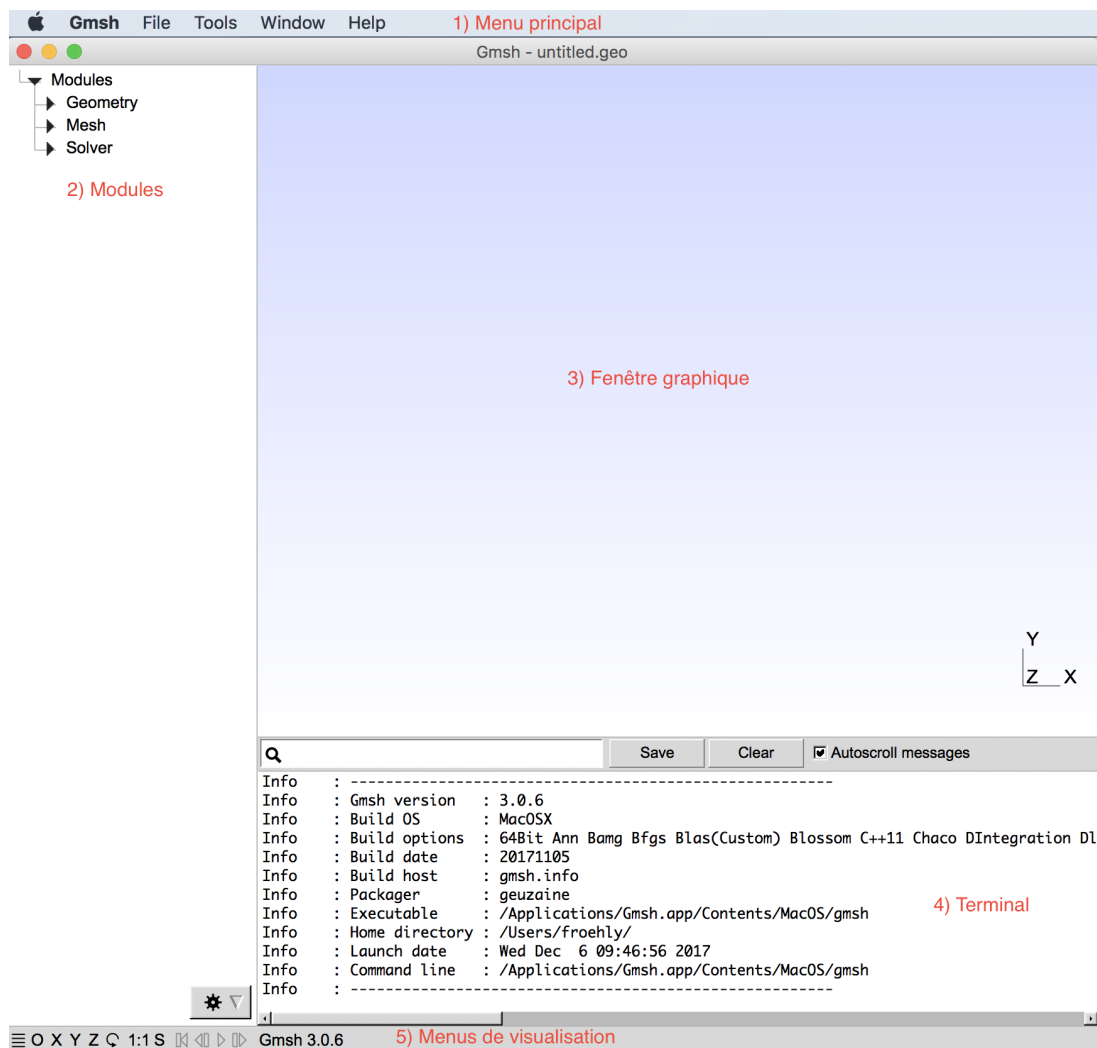


FIGURE 1 – Première ouverture de Gmsh : organisation des fenêtres graphiques

Lancez Gmsh en mode graphique. Vous pouvez voir que le logiciel comporte 5 sections (en rouge sur la figure 1).

Si le terminal de Gmsh n'apparaît pas automatiquement, vous pouvez redimensionner le bas de la fenêtre graphique pour le voir apparaître. Le terminal vous permettra de vérifier la validité de vos commandes (les erreurs s'affichent en rouge) et l'avancement des étapes longues (génération du maillage par exemple).

Intéressons-nous maintenant à la fenêtre des modules : gmsh s'organise sous forme de différents modules (voir la fenêtre **Modules**) parmi lesquels :

- le module **Geometry** : dédié à la construction du modèle géométrique (crée des fichiers `.geo`)
- le module **Mesh** : dédié à la définition et à la génération de maillage (crée des fichiers `.msh`)

1.2.1 Module Geometry

En déroulant le module **Geometry** de la fenêtre **Modules**, on obtient les sections suivantes :

- **Elementary entities** : pour la définition des entités élémentaires constituant la géométrie ;
- **Physical entities** : pour la définition d'entités physiques à partir des entités élémentaires (références spécifiques sur certaines frontières, domaine de calcul...) ;
- **Reload script** : pour recharger le fichier `.geo` courant si il a été modifié à la main ;
- **Remove last script command** : pour annuler la dernière ligne ajoutée dans le fichier `.geo` (revient à supprimer la ligne à la main et à recharger le fichier) ;
- **Edit script** : pour pouvoir éditer manuellement le fichier `.geo`. Il est souvent utile de modifier le fichier `.geo` à la main et peut donc être pratique de le garder ouvert en parallèle de l'interface graphique.

1.2.2 Module Mesh

Une géométrie valide permet de définir un maillage. Parmi les commandes du module **Mesh**, on notera plus particulièrement les sections :

- **Define** : dédiée à la définition des tailles de mailles ;
- **1D ; 2D ; 3D** : pour générer un maillage 1D, 2D ou 3D. La génération d'un maillage 2D nécessite, bien évidemment, que la géométrie définisse une surface. La génération d'un maillage 3D que la géométrie définisse un volume. Par ailleurs, algorithmiquement, la commande 3D revient, à mailler, en premier lieu, les lignes de la géométrie, en second, ses surfaces, puis le volume ;
- **Set order 1 ; Set order 2 ; Set order 3** : pour modifier l'ordre d'approximation de la géométrie (maillages linéaires par morceaux ou d'ordre élevé).

2 Exercice 1 : Un premier maillage 2D

Nous allons utiliser l'interface graphique pour créer la géométrie 2D représentée figure 2.

2.1 Etape 1 : Création de la géométrie

Pour créer ou ouvrir directement un fichier `.geo` donné, il suffit de le passer en argument de la commande gmsh :

```
$ gmsh geom2D.geo &
```

2.1.1 Création d'un demi-cercle de centre (0,0) et de rayon 5

Nous allons créer le demi-cercle voulu à partir de 2 arcs de cercles d'angles $\Pi/2$. Un arc de cercle est défini par son centre, son point de départ et son point d'arrivée. Le quart de cercle $[\Pi/2; \Pi]$ nécessite donc de définir les points $(0, 0)$, $(0, 5)$ et $(-5, 0)$. Le quart de cercle $[\Pi; 3\Pi/2]$ nécessite un point supplémentaire, le point $(0, -5)$.

1. Dans la fenêtre des modules, déroulez le menu **Geometry**→**Elementary entities**→**Add** et sélectionnez **Point**. Une fenêtre s'ouvre dans laquelle vous pouvez définir les coordonnées du point à créer ainsi que la taille de maille prescrite au point. Cliquez sur **Add** pour créer les points voulus ;

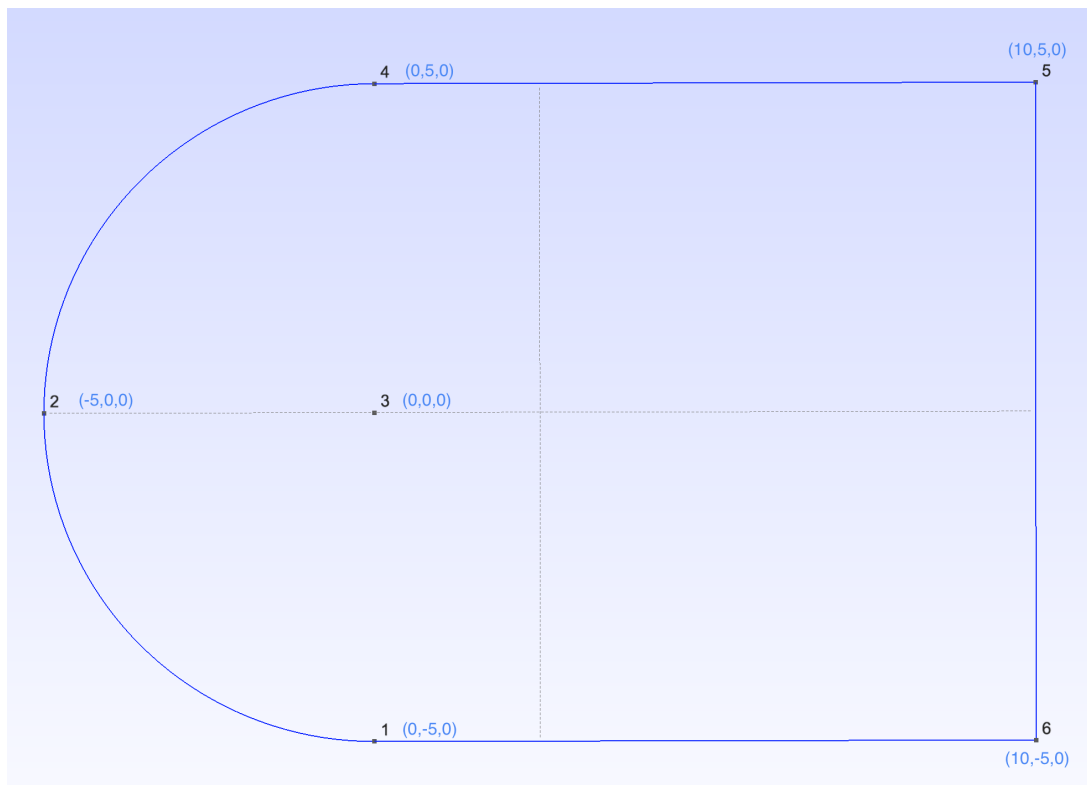


FIGURE 2 – Une première géométrie 2D

2. Créez les arcs de cercle : dans **Geometry**→**Elementary entities**→**Add**, sélectionnez **Circle arc**. Le haut de la fenêtre graphique affiche l'aide associée à la commande (voir figure 3). Un point se sélectionne grâce à un clic gauche de la souris (il apparaît alors en rouge).

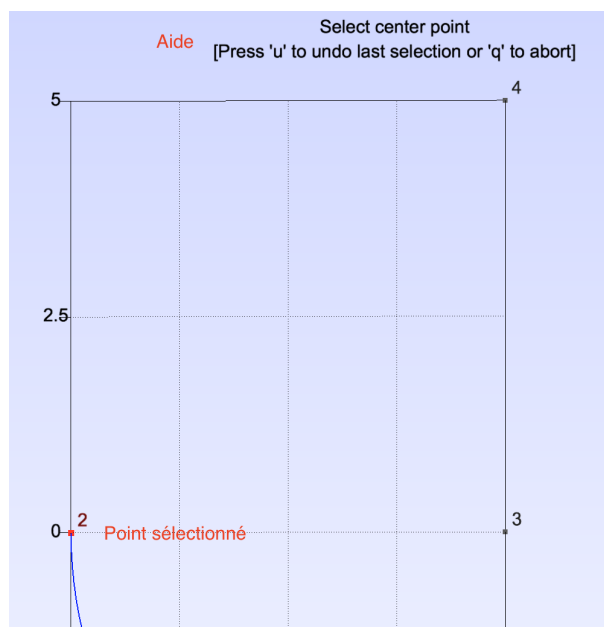


FIGURE 3 – Création d'un arc de cercle

2.1.2 Création des lignes restantes et du domaine

De la même façon, créez les points de la géométrie manquants et à l'aide de la commande **Straight line**.

Pour finir, créez la surface du domaine (**Plane surface**, puis sélectionnez les contours du domaine).

Editez le fichier `geom2D.geo` (vous pouvez utiliser votre éditeur de texte habituel ou la commande **Edit script** de Gmsh). Vous pouvez voir que les entités géométriques créées sont définies de façon très simples :

- un point est défini par son identifiant, ses 3 coordonnées et sa taille ;
- un arc de cercle par son identifiant et l'identifiant du point de départ de l'arc, du centre du cercle et du point d'arrivée de l'arc ;
- une ligne par son identifiant et l'identifiant de ses extrémités ;
- une surface par son identifiant, et l'identifiant de la **Line Loop** (ensemble des lignes géométriques) la délimitant ;
- une line loop est définie par l'identifiant et l'orientation des lignes la composant (l'identifiant de la ligne est précédé d'un - si elle doit être réorientée). Si vous changez l'orientation d'une des lignes de la line loop automatiquement créée par Gmsh et rechargez le script, vous verrez que le terminal vous affiche une erreur.

2.2 Etape 2 : Un premier maillage

Pour générer le maillage, allez dans le module **Mesh** et cliquez sur **2D**.

2.2.1 Un peu de visualisation

Le menu de visualisation (en dessous des fenêtre de module et de terminal), section 0 (voir figure 4) permet de facilement afficher/ne pas afficher des éléments graphiques (axes, géométrie, maillage).

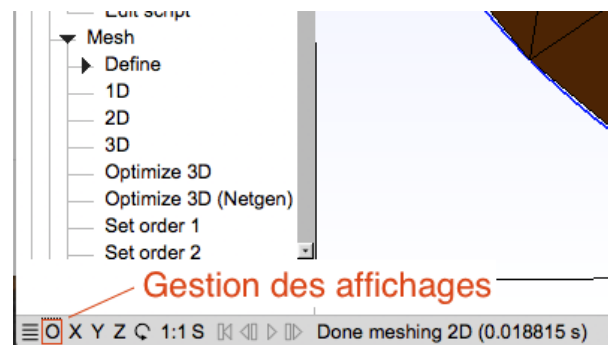


FIGURE 4 – Menu visualisation

Allez dans **0→Mesh visibility** et sélectionnez **Surface edges**, **Surface faces**, **Lines...** Si vous le souhaitez, vous pouvez également désélectionner certaines entités géométriques (les lignes par exemple) dans **0→Geometry visibility**. L'outil **Toogle mesh display** permet d'afficher/désafficher en une commande toutes les entités du maillage précédemment sélectionnées.

N'oubliez pas que l'affichage graphique demande des ressources. Si ce n'est pas critique en 2D, cela peut vite le devenir en 3D. Ainsi, il est souvent préférables de n'afficher que ce que l'on souhaite vraiment visualiser.

Vous pouvez manipuler votre géométrie/maillage avec la souris (maintenez le clic gauche pour tourner le maillage sur lui-même, le clic droit pour effectuer des translations). La molette permet de zoomer, dézoomer.

Les items **X**, **Y**, **Z** du menu de visualisation permettent de voir l'objet suivant les axes correspondants (en 2D, il faut donc cliquer sur **Z** pour avoir la vue adéquate).

L'item **1:1** de remettre un objet à son échelle initiale.

2.2.2 Modifier les tailles des mailles et créer une variable modifiable dans le GUI

Modifier la taille aux points

Nous allons modifier la taille des mailles du maillage en écrivant directement dans le fichier `.geo` : ouvrez le fichier et remplacez le dernier champ des points par un nom de variable, par exemple `siz`. Pour

que Gmsh puisse remplacer cette variable par sa valeur, il faut la définir avant de l'utiliser : ajoutez la ligne `siz=1`; au début de votre fichier :

```
1 siz = 1;
2 Point(1) = {0, -5, 0, siz};
3 Point(2) = {-5, 0, 0, siz};
4 Point(3) = {0, 0, 0, siz};
5 Point(4) = {0, 5, 0, siz};
```

Rechargez le fichier : **Modules**→**Geometry**→**Reload script** et générez à nouveau le maillage, il devrait être identique au maillage initial (puisque nous n'avons pas changé la taille appliquée aux points). Essayez de mailler avec `siz = 0.5` et `siz = 0.2`. Vous pouvez également assigner des tailles différentes en certains points.

Vous pouvez voir dans le terminal le temps passé à la génération du maillage 1D ainsi qu'à la génération du maillage 2D et la méthode de maillage utilisée.

Nous allons maintenant rendre cette variable modifiable via l'interface graphique : définissez la variable `siz` à l'aide du mot clé **Gmsh DefineConstant** :

```
1 DefineConstant[ siz = {1,Min 0.1, Max 1, Step 0.05, Name "Size at points"} ];
```

Le premier champ de la structure affecté à `siz` est la valeur de la variable par défaut. Les autres champs sont respectivement, le minimum, le maximum et le saut entre deux valeurs quand on fait glisser la souris dans la case graphique.

Un nouveau champ doit apparaître dans la fenêtre des modules : le champ **Gmsh** dans lequel apparaît la variable **Size at points** affecté de sa valeur par défaut : 1.

Créer un champ de taille

Gmsh permet également de créer des champs de taille. Nous allons créer un maillage fin sur un disque de rayon 4 centré en (0,0) et plus grossier à l'extérieur de ce disque :

1. Cliquez sur **Modules**→**Mesh**→**Define**→**Size fields**, une nouvelle fenêtre nommée **Size fields** apparaît.
2. Cliquez sur **New** et sélectionnez **Ball**. L'onglet **Help** décrit comment est calculé le champ à partir des valeurs spécifiées dans l'onglet **Options**.
Il faut fournir, la valeur du rayon du disque sur lequel on souhaite définir une taille donnée (Radius=4), la valeur de la taille dans la boule (par exemple `VIn=0.05`) et la valeur à l'extérieur (par exemple `VOut=0.2`).
3. Cliquez sur **Apply** puis **Vizualize**. Un nouveau champ apparaît dans la section **Modules** de la fenêtre des modules, le champ **Post-processing**. Vous devriez voir apparaître sur votre géométrie le champ de taille créé. Si ce n'est pas le cas, vérifiez que les faces du maillage ne sont pas affichées (elles masquent les champs de solutions). Le champ de taille peut-être affiché (resp. désaffiché) en cochant (resp. décochant) le champ **Field 1** (**Modules**→**Post-processing**).
4. Dans la fenêtre **Size fields** onglet **Options**, cochez **Set as background field** et cliquez sur **Apply**.
5. Maillez votre géométrie.

2.3 Etape 3 : Apposer des conditions aux limites

Il est important de comprendre la différence entre les entités physiques et élémentaires de Gmsh.

Sauvegardez le maillage précédent (**Ctrl-S** ou **Cmd-S**) et vérifiez que votre maillage est complet en l'ouvrant dans une nouvelle instance Gmsh :

```
$ gmsh geom2D.msh &
```

Affichez les lignes du maillage. Les lignes géométriques créées (2 quarts de cercle et 3 lignes) s'affichent de couleurs différentes : une référence différente leur est assignée. Dans le cas contraire, vérifiez dans le menu visualisation **0**→**All mesh options**, onglet **Color**, que le champ **Coloring mode** colore bien les entités suivant leur référence physique (**By elementary entity**). Vous pouvez fermer le maillage et retourner sur la fenêtre **geom2D.geo**.

Ce maillage est une géométrie très simple et pourrait donc être utilisé tel quel. Sur une géométrie compliquée, on obtient vite un nombre très élevé de références différentes. Il peut donc devenir vite fastidieux de spécifier à son solveur que toutes ces références représentent en fait une unique frontière (sur laquelle s'applique une condition au bord donnée). C'est pour quoi nous allons voir comment assigner des références physiques à notre maillage (entités physiques).

Supposons que l'on souhaite définir une condition aux limite donnée sur la frontière formée par le demi-cercle, une autre condition sur les parois supérieures et inférieures et une dernière sur la paroi droite du domaine.

1. Dans la fenêtre **Modules**→**Geometry**→**Physical groups**→**Add**, sélectionnez **Line** (puisque nous voulons affecter des références différentes sur les lignes du maillages).
2. Cliquez sur la série de lignes sur laquelle vous souhaitez avoir une référence physique donnée (les deux quarts de cercles par exemple) puis pressez la touche 'e' ;
3. Continuez jusqu'à avoir créé toutes les entités physiques voulues (3 dans notre cas).

Maillez votre domaine et ouvrez le dans une nouvelle instance Gmsh. Afficher les lignes, lignes de surface et faces de surfaces du maillage. Vous pouvez voir que votre maillage ne contient plus qu'un maillage 1D. En effet, si aucune entité physique n'est définie, Gmsh utilise les entités géométriques pour créer son maillage (donc nos lignes et notre surface géométrique). Par contre, dès lors qu'une entité physique est définie, il ne considèrera plus que les entités physiques. Comme nous n'avons pas défini de surface physique, nous n'avons pas maillé notre surface. Définissez une surface physique et maillez à nouveau le domaine. Sauvez le nouveau maillage et ouvrez-le. Cette fois-ci il contient bien un maillage de surface.

Pour voir vos entités physiques, dans le menu visualisation **O**→**All mesh options**, onglet **Color**, sélectionnez **By physical entity** dans le champ **Coloring mode**.

2.4 Lire le maillage dans Octave

1. Le dossier **Modules** du dépôt git contient la définition des fonctions matlab/octave (fichier d'extension **.m**) permettant de lire un maillage ainsi que l'équivalent Scilab (extension **.sci**) ;
2. Placez ce fichier dans le répertoire courant d'Octave ou redéfinissez le répertoire courant pour qu'il pointe sur le répertoire où se trouve le fichier ;
3. Chargez le maillage dans une variable **mymsh** :

```
>> mymsh = load_gmsh("$PATH_TO_MSH_FILE/geom2D.msh")
```

4. Vérifiez que le maillage est bien chargé en affichant le nombre de triangles puis un triangle par exemple :

```
>> mymsh.nbTriangles
>> mymsh.TRIANGLES(1,1:3)
>> mymsh.nbNod
>> mymsh.POS(3,1:3)
```

3 Exercice 2 : Un premier maillage 3D

Nous allons maintenant créer un maillage 3D composé d'une demi-sphère se prolongeant par un cylindre. Pour gagner du temps, les premiers éléments géométriques sont fournis. Copiez les lignes suivantes dans un nouveau fichier (**geom3D.geo**) :

```
1 siz = 0.2;
2 Point(1) = {0, -5, 0, siz};
3 Point(2) = {-5, 0, 0, siz};
4 Point(3) = {0, 0, 0, siz};
5 Point(4) = {10, 0, 0, siz};
6 Circle(1) = {1, 3, 2};
7 Point(5) = {10, -5, 0, siz};
8 Line(2) = {1, 5};
9 Line(3) = {4, 5};
10 Line(4) = {2, 3};
11 Line(5) = {3, 4};
```

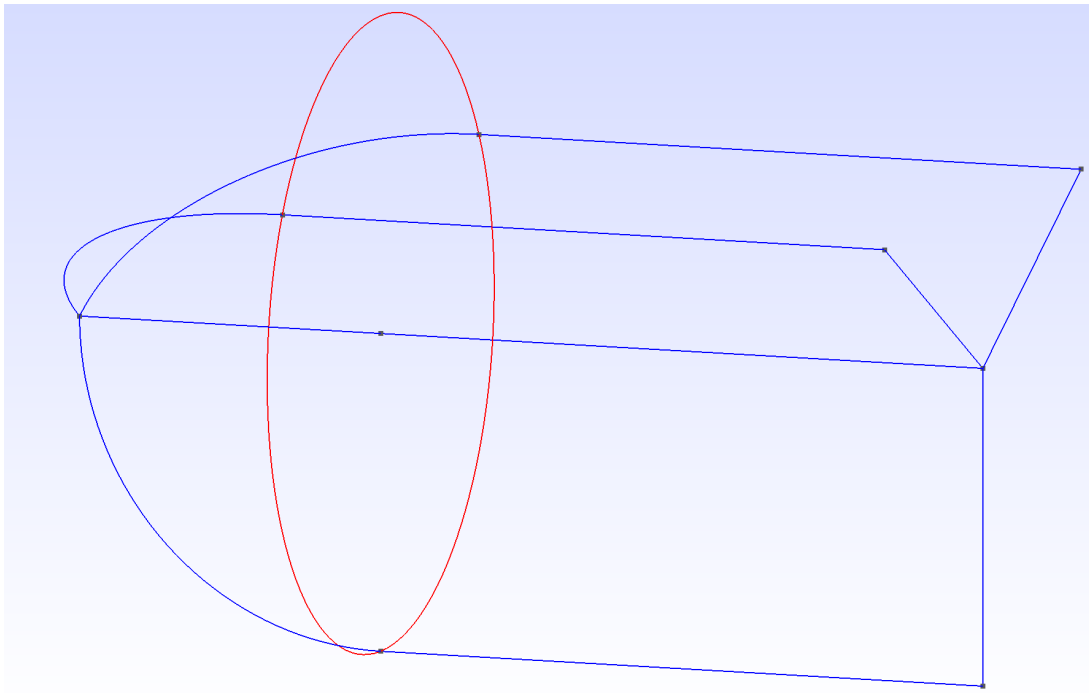


FIGURE 5 – Arcs de cercle délimitant l'entrée du cylindre

3.1 Etape 1 : Création de la géométrie

3.1.1 Effectuez une rotation de la géométrie 2D précédemment créée

1. Appliquez une rotation d'angle $2\pi/3$ et d'axe x aux lignes 1, 2 et 3 de la géométrie tout en les copiant pour conserver les lignes initiales. Dans la fenêtre des **Modules**, sélectionnez **Elementary entities**→**Transform**→**Rotate**, entrez les valeurs voulues dans la fenêtre qui s'affiche et cochez la case **Apply rotation on copy**.
2. Répétez l'opération sur les lignes que vous venez de créer.

3.1.2 Créez les surfaces frontières du domaine

1. Créez les 3 arcs de cercles délimitant l'entrée du cylindre (voir les arcs rouge de la figure 5);
2. créez les 3 arcs de cercles délimitant la sortie du cylindre;
3. utilisez l'outil **Modules**→**Geometry**→**Elementary entities**→**Surface filling** pour créer le premier tiers de la surface de la demi-sphère (les entités à sélectionner sont représentées en rouge figure 6);
4. créez les 2 autres tiers de la surface de la demi-sphère;
5. de la même façon, créez les surfaces délimitant le cylindre (n'oubliez pas de créer les surfaces planes fermant l'arrière du cylindre).

3.1.3 Créez le volume

Créez un volume élémentaire à partir des surfaces précédemment définies.

3.2 Etape 2 : Mailler le domaine

Maillez le domaine en 3D.

3.2.1 Visualiser la qualité/les caractéristiques du maillage

Pour obtenir les principales statistiques du maillage obtenu (nombre de noeuds, de triangles, de tetra...), allez dans le menu principal, choisissez **Tools**→**Statistics** et positionnez-vous dans l'onglet **Mesh**. Vous y verrez le nombre d'entités composant votre maillage ainsi que le temps passé à la génération

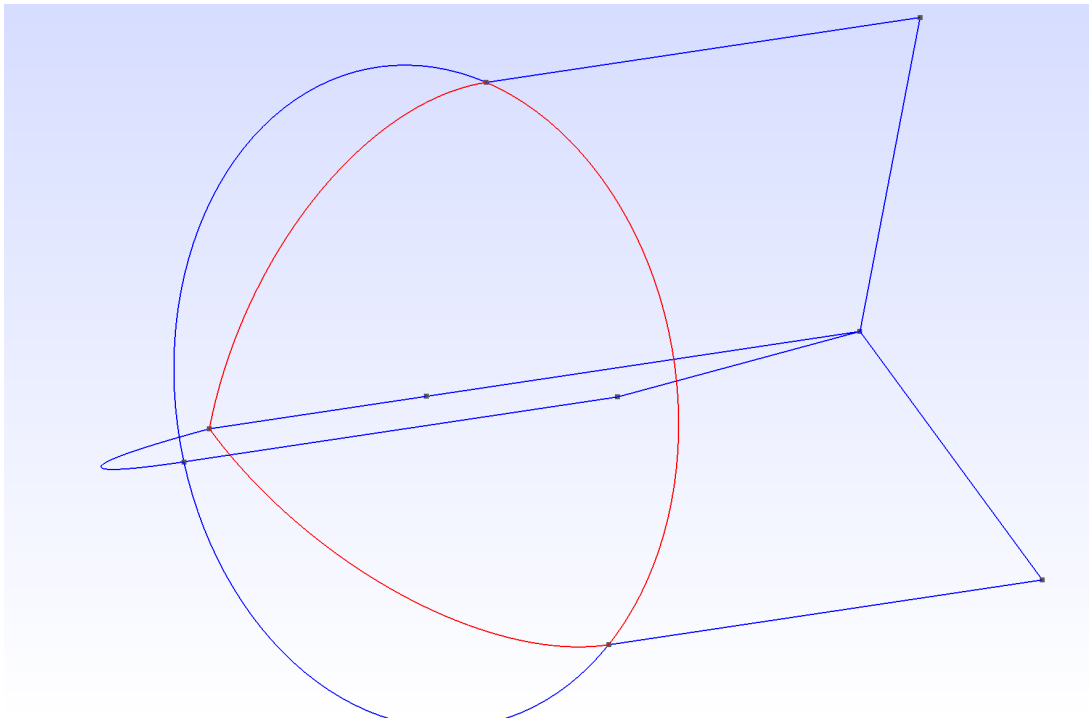


FIGURE 6 – Lignes définissant le premier tiers de la surface de la demi-sphère

des maillages 1D, 2D et 3D. En cliquant sur **Update** (en bas de la fenêtre), vous verrez apparaître différentes mesures de qualité du maillage. Pour chaque mesure, Gmsh fournit :

- la qualité moyenne des éléments sur tout le maillage ;
- la qualité minimale ;
- la qualité maximale.

Cliquez sur **X-Y** (par exemple pour la mesure de qualité SICN) pour afficher la courbe 2D du nombre d'éléments en fonction de la valeur de la qualité (cette courbe peut-être affichée, désaffichée dans le champ **Post-processing** de la fenêtre des modules).

3.2.2 Changer d'algorithme de génération de maillage

1. Allez dans le menu principal, onglet **Tools**→**Options**. A gauche, sélectionnez le champ **Mesh** et placez-vous sur l'onglet **General** (voir figure 7) puis regardez la valeur du champ 3D **algorithm** : normalement, par défaut, l'algorithme de génération de maillage 3D utilisé est l'algorithme de Delaunay.
2. Changez cette valeur par **Frontal** pour générer votre maillage par la méthode frontale et générez à nouveau le maillage 3D.
3. Afficher les statistiques du nouveau maillage, calculez les qualités de ses éléments et représentez la courbe du nombre d'éléments de chaque qualités.
4. Comparez avec la courbe des qualités du maillage de Delaunay.

3.2.3 Un peu de visualisation 3D

Nous allons commencer par effectuer une coupe dans notre maillage.

1. Affichez uniquement les faces de surface, les faces de volume et les lignes de surface du maillage ;
2. effectuez une coupe dans le volume du maillage : **Menu principal**→**Tools**→**Clipping**, sélectionnez le champ **Mesh** pour appliquer le plan de coupe au maillage (il s'affiche en rouge sur votre maillage). Les plans de coupe suivant les directions canoniques sont prédéfinis. Vous pouvez également fournir vous même l'équation du plan de coupe désiré.
Essayez de changer de plan de coupe (il faut resélectionner le champ **Mesh** à chaque fois). Par défaut, si un plan de coupe a déjà été sélectionné et que vous en créez un nouveau, les 2 plans seront appliqués. Pour annuler les vieux plans de coupe, cliquez sur **Reset** ;

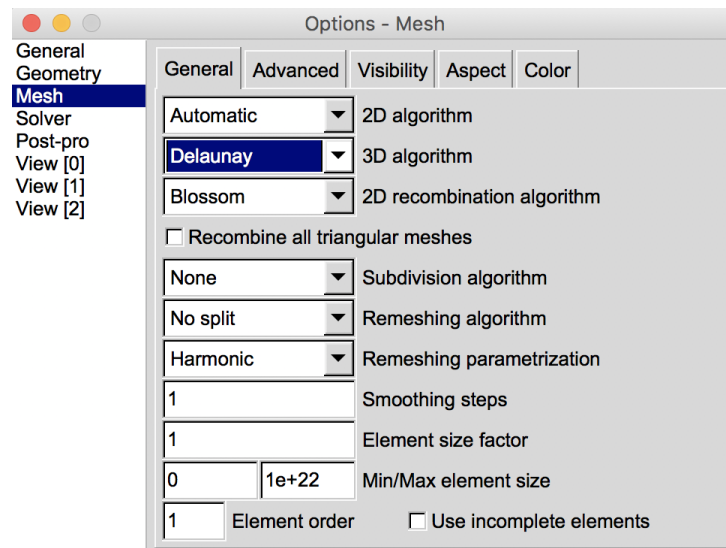


FIGURE 7 – Fenêtre "Options" de Gmsh : modification de l'algorithme de génération 3D

3. en cliquant sur **Keep whole elements**, vous affichez les éléments intersectant le plan de coupe dans leur intégralité ;
4. **Only draw volume layer** permet de n'afficher que la couche d'éléments intersectant le plan de coupe (et donc d'avoir un affichage plus léger sur de gros maillages).
5. Pour finir, **Cut only volume elements** permet de ne pas couper les éléments surfaciques.

Gmsh permet de ne visualiser qu'une partie des entités du maillage :

1. Allez dans Menu principal → Tools → Visibility, dans la fenêtre qui s'ouvre, restez sur l'onglet **list browser**.
2. En bas de la fenêtre, remplacez le champ **Physical entities** par **Elementary entities**. Vous voyez la liste des entités élémentaires et de leurs références apparaître.
3. Si le champ **Recursively** est coché, décochez-le (en bas de la fenêtre **Visibility**).
4. Essayez de ne sélectionner que certaines entités (**Ctrl-click** ou **Cmd-click** pour en sélectionner plusieurs à la fois) puis cliquez sur **Apply** pour appliquer la visibilité demandée.

3.3 Etape 3 : Définir des entités physiques

Comme dans le cas du maillage 2D, nous avons beaucoup de références différentes sur nos frontières. Nous allons donc à nouveau définir des groupes physiques :

1. Définissez un groupe physique correspondant à la demi-sphère ;
2. définissez un groupe physique correspondant à la paroi du cylindre ;
3. définissez une autre entité physique pour la sortie du cylindre ;
4. définissez votre volume physique.

Remaillez votre géométrie et vérifiez en affichant les couleurs des entités par groupe physique que vous avez bien les références physiques voulues.

4 Créer un maillage à partir d'un script

Certaines géométries sont définies à partir d'équations paramétriques. Dans ce cas, il est nécessaire générer automatiquement la géométrie à partir d'un script.

4.1 Un petit exemple

Supposons que l'on souhaite créer un maillage 1D de la courbe sinus pour $x \in [0; 20]$. Les points que l'on veut créer sont tels que :

$$\begin{cases} x(t) &= t \\ y(t) &= \sin(t); \end{cases}$$

Nous allons créer une fonction Gmsh qui crée ces points ainsi que les lignes les reliant. Une fonction Gmsh est définie de la façon suivante :

```
1 Function NacaGeom
2 // Corps de la fonction
3 Return
```

Copiez le script suivant dans un fichier .geo et ouvrez le dans Gmsh :

```
1 /* Fonction qui cree les points et lignes de la geometrie */
2 Function SinGeom
3
4   For i In {1:npts}
5     // t = parametre
6     t = xmax*(i-1)/(npts-1);
7
8     // Coordonnees
9     x = t;
10    y = Sin(t);
11
12    // Creation des points
13    Point(i) = {x,y,0};
14  EndFor
15
16  // Creation des lignes
17  For i In {1:npts-1}
18    Line(i)={i , i+1};
19  EndFor
20
21  // Creation d'une ligne physique
22  Physical Line(1) = {1:npts-1};
23
24  Return
25
26 /* Programme principal */
27 xmax = 20;
28 npts = 100;
29 Call SinGeom;
```

Maillez la géométrie créée.

4.2 Création d'un Naca 2D

Créez un nouveau fichier (**naca0012.geo**).

Le naca0012 est un profil d'aile symétrique. Pour une longueur de corde de 1, les coordonnées de l'extrados sont fournies par le système d'équations paramétriques suivant :

$$\begin{cases} x_e(t) &= t \\ y_e(t) &= \frac{0.12}{0.2} (0.2969 \sqrt{t} - 0.1260 t - 0.3516 t^2 + 0.2843 t^3 - 0.1036 t^4) \end{cases}$$

Les coordonnées de l'intrados sont telles que $x_i(t) = x_e(t)$ et $y_i(t) = -y_e(t)$.

1. Inspirez-vous du script précédent pour créer la fonction NacaGeom ;
2. créez la surface élémentaire puis la surface physique associée au Naca ;
3. maillez votre domaine.

Si besoin, un exemple de script permettant de générer le naca est fourni dans le dossier **Correction**, fichier **naca.geo**.

4.3 Création d'un Naca 2D dans une boîte englobante

Essayez maintenant d'ajouter dans votre script le domaine 2D créé en tout début du TP comme boîte englobante du naca. Maillez l'extérieur du naca.

La correction est fournie dans le fichier **naca_embedded.geo**.