

# DÉLOS 2.0.3

O.STAB - olivier.stab@ensmp.fr

janvier 2005

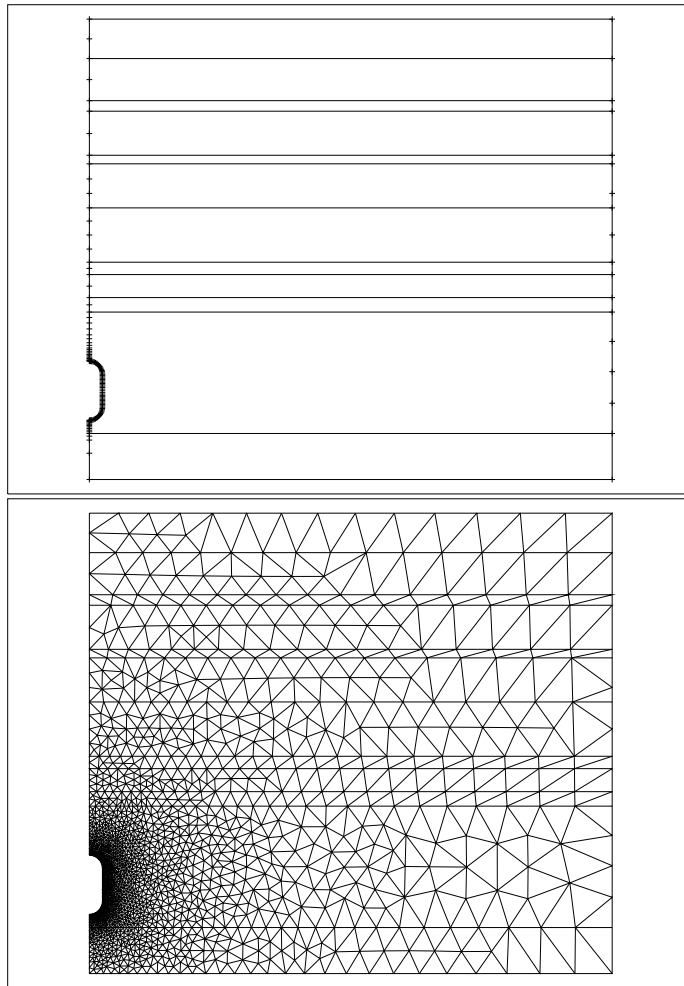


FIG. 1 – Géométrie et maillage résultant avec Delos

# 1 INTRODUCTION

L'utilisation de la méthode des éléments finis (MEF) nécessite le découpage de la géométrie étudiée en éléments simples (ex : triangles en 2D) : c'est le maillage. La taille, la répartition et la forme des mailles influent fortement sur le résultat du calcul et sur son coût (en temps machine et en place mémoire).

## 1.1 Les fonctionnalités

Delos est un programme qui génère automatiquement un maillage en triangles d'une géométrie (qui peut être constitué de plusieurs régions) décrite par ses arêtes de frontière.

Delos prend en entrée :

- un fichier pour la définition de la géométrie du domaine ;
- un fichier pour la définition de la taille des mailles ;

Delos fournit en sortie :

- un fichier qui contient le maillage du domaine respectant sa géométrie et les indications de taille de maille ;
- (facultatif) un fichier où l'on trouve la taille souhaitée (des mailles) calculée aux noeuds du maillage.

## 1.2 Exemple d'utilisation

Delos peut fonctionner en 2 modes. En mode interactif l'utilisateur répond aux questions alors qu'en mode "ligne de commande" le programme est lancé par une seule ligne, par exemple :

```
delos v ma_geometrie ma_densite le_maillage_resultat
```

Les paramètres d'entrée du programme sont principalement des noms des fichiers (de données ou de résultats). Dans notre exemple :

**ma\_geometrie** : est le nom du fichier contenant la description de la géométrie à mailler.

**ma\_densite** : est le nom du fichier contenant une définition de la taille souhaitée des mailles dans le plan.

**le\_maillage\_resultat** : est le nom du fichier qui contiendra le maillage résultant.

Certains paramètres sont optionnels. Ils peuvent être remplacés par le caractère -. Par exemple, la ligne suivante signifie que l'utilisateur ne souhaite pas spécifier la densité du maillage qui sera alors automatiquement calculée à partir de la géométrie de la frontière.

```
delos v ma_geometrie - le_maillage_resultat
```

La syntaxe complète de Delos est donnée en annexe.

## 2 LES ENTRÉES

### 2.1 La géométrie :

La géométrie est décrite par sa frontière sous la forme d'une liste (non ordonnée) de lignes (non orientées). Ces lignes sont constituées de segments de droite qui forment un ou plusieurs contours polygonaux. Par exemple un contour externe correspondant aux limites du domaine et des contours internes correspondant à des trous. Un domaine composé de plusieurs régions (de plusieurs matériaux par exemple) est décrit par plusieurs contours qui ont des parties communes. On ne dédouble pas les lignes sur les communes mais on indique qu'elles ont deux régions incidentes.

Une ligne est définie par une liste ordonnée de sommets et les 2 régions qui se trouvent de part et d'autre (une seule région si la ligne est à la limite du domaine).

Les régions et les sommets ont des numéros grâce auxquels ils sont référencés. Le numéro d'une région est arbitraire mais les triangles qui seront créés dans la région hériteront de ce numéro. Le numéro des sommets correspond à leur position dans la liste des coordonnées. Pour la syntaxe des fichiers se reporter à l'annexe.

### 2.2 Les informations de densité :

L'utilisateur peut indiquer localement la taille souhaitée pour les mailles. La taille d'un triangle est le rayon de son cercle circonscrit multiplié par  $\sqrt{3}$ . Dans le cas particulier d'un triangle équilatéral la taille est la longueur d'un coté.

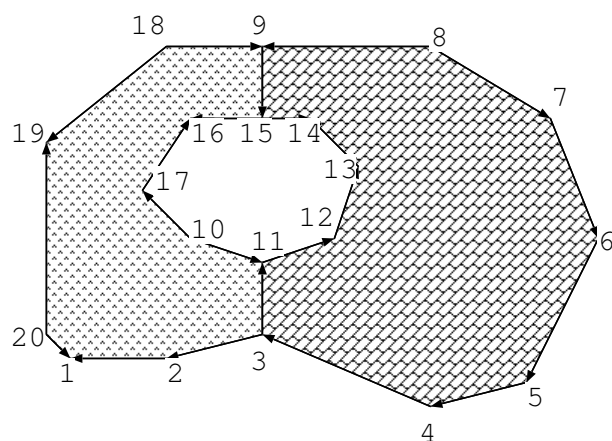
Trois solutions s'offrent à lui :

- S'il ne donne pas de définition, Delos se charge de raffiner le maillage pour améliorer le rapport des tailles entre les éléments adjacents. ATTENTION, certaines géométries ne se prêtent pas à cette méthode (en outre si il existe plus de 2 arêtes qui partagent un même sommet).
- Il peut définir des fonctions de densité dans le plan ;
- Il peut donner la taille souhaitée en tout les sommets de la géométrie (une grandeur scalaire). La taille sera calculée aux autres points du domaine par interpolation linéaire. Le format du fichier est donné en annexe.

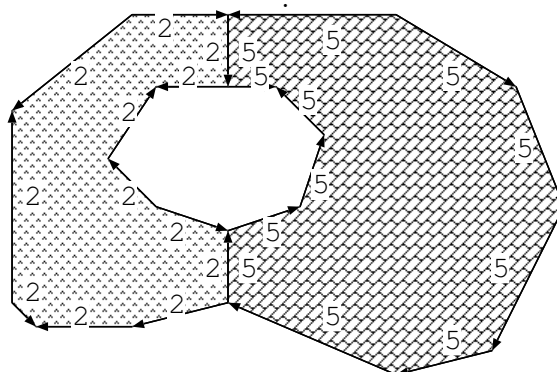
Chacune de ces définitions offrent des avantages et des inconvénients. Quelques précisions s'imposent pour la deuxième solution : la définition des fonctions de taille dans le plan.

La taille des mailles peut être définie dans le plan par des fonctions analytiques  $TS_i$  : la taille en un point de coordonnées (x,y) est alors :  $TSP(x, y) = MIN(TS_i(x, y))$

Les fonctions analytiques sont de 4 types :



numéros des sommets sur les frontières



numéros des régions incidentes aux lignes

FIG. 2 – Définition de la géométrie

La géométrie du domaine peut être décrite par 6 lignes. Elles sont constituées :

- des sommets : 3 à 9, et incidente à la région 5 ;
- des sommets : 11 à 15, et incidente à la région 5 ;
- des sommets : 9,18,19,20,1,2,3, et incidente à la région 2 ;
- des sommets : 15,16,17,10,11, et incidente à la région 2 ;
- des sommets : 6,7, et incidente aux région 2 et 5 ;
- des sommets : 3,11, et incidente aux région 2 et 5.

Notons que les triangles de la région en brique auront pour référence 5 et les triangles de l'autre région auront pour référence 2.

**Uniforme** :  $TS_i(x, y) = \text{constante}$ .

**Concentration ponctuelle** :  $TS_i(x, y) = f_i(\text{distance}(x, y, \text{point}))$  est fonction de la distance au point "point".

**Concentration axiale** :  $TS_i(x, y) = f_i(\text{distance}(x, y, \text{droite}))$  est fonction de la distance à la droite "droite".

**Concentration sur un segment** :  $TS_i(x, y) = f_i(\text{distance}(x, y, \text{segment}))$  est fonction de la distance au segment "segment".

Les fonctions sont des suites géométriques ou arithmétiques de raison donnée. Pour une concentration ponctuelle par exemple, on définira un point qui localise la concentration dans l'espace, et la suite qui définit la progression : la valeur initiale de la suite donne la taille souhaitée au point, son type et sa raison définissent l'évolution des tailles quand on s'en éloigne. La densité est définie par la liste des paramètres suivant :

**Type** : Type de la suite (géométrique ou arithmétique).

**Raison** : Raison de la suite ( $> 1.$ ).

**Taille** : Taille souhaitée à la concentration ( $> 0.$ ).

**Concentration** : Type de concentration (point ou droite).

**Coordonnées** : Coordonnées des points définissant la géométrie de la concentration. Un seul point pour une concentration de type ponctuelle, ou les deux points définissant la droite pour une concentration de type axiale, ou encore deux points dans le cas d'une concentration sur un segment.

Pour une densité uniforme il suffit de définir une concentration ponctuelle ou axiale et de fixer la raison de la suite géométrique à 1 (ou la raison de la suite arithmétique à 0).

### 3 LES SORTIES

En dehors des fichiers de sortie, dont le format est donné dans l'annexe A, delos peut afficher divers messages.

#### 3.1 Messages sur le déroulement du programme (ou trace) :

Le programme delos peut afficher les résultats intermédiaires des calculs. En mode "ligne de commande" il faut donner l'option "v" pour "verbose", en mode interactif l'option est activée par défaut. Si l'on ne souhaite aucun message il faut donner l'option "s" pour "silence". Ce mode n'affecte pas les messages d'erreur qui seront tout de même affichés.

Ci-dessous un exemple de trace de la commande :

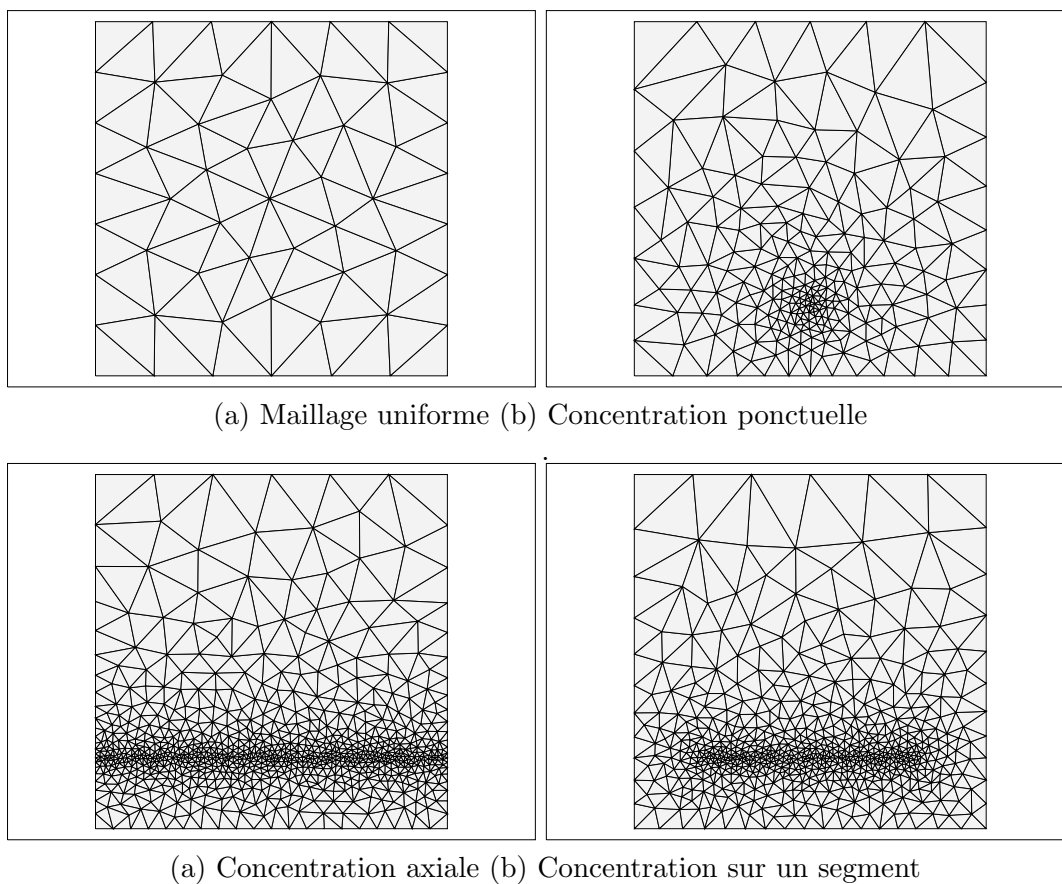


FIG. 3 – Définition de la taille des mailles

```
>delos v geom densite mesh

delos 2.03
DATE : 10  1 2005
CONTACT :olivier.stab@ensmp.fr
-> LECTURE DE LA DENSITE
FICHIER DES DENSITES      :densite
NOMBRE DE CONCENTRATIONS :          1
-> LECTURE DE LA GEOMETRIE
FICHIER GEOMETRIE      :geom
NOMBRE D ARETES      :          18
NOMBRE DE NOEUDS      :          18
NOMBRE DE REGIONS      :           2
--> TRAITEMENT DE LA REGION :          1
NOMBRE D ELEMENTS      :        1386
--> TRAITEMENT DE LA REGION :          2
NOMBRE D ELEMENTS      :         474
-> FICHIER RESULTAT MAILLAGE
FICHIER RESULTAT      :mesh
NOMBRE DE NOEUDS      :        1081
NOMBRE DE TRIANGLES:        1860
NOMBRE DE REGIONS      :           2
```

### 3.2 Les messages d'erreur :

Les messages sont plus ou moins explicites en fonction de l'erreur. Les tests systématiques concernent :

- La présence des paramètres non facultatifs.
- L'existence des fichiers de données obligatoires et symétriquement l'absence des fichiers de résultat.
- Les combinaisons interdites ou des paramètres facultatifs incompatibles.
- Le format des fichiers de données.

D'autres erreurs sont plus difficiles à détecter. Par exemple les géométries incorrectes (domaine non fermées, arêtes intersectantes...) ne sont pas testées a priori. C'est une procédure qui détecte une anomalie lors du traitement des données. Le message -si il y en a- peut alors être abscont.

D'autres erreurs concernent les ressources. Il peut s'agir d'une mémoire insuffisante. Par exemple un maillage trop volumineux a cause d'une fonction de densité mal définie... Mais il peut aussi s'agir d'une précision insuffisante pour les calculs. Par exemple 2 points distincts dans l'absolu peuvent être considérés confondus à une certaine précision (ex : 6 digit en simple précision). Le maillage ne peut pas alors être construit.

## A ANNEXE : FORMAT DES FICHIERS

La syntaxe de tous les fichiers respecte des principes généraux :

**Les blocs** : Chaque type d'information est définie dans un bloc. Le début (comme la fin) du bloc est donné sur 6 caractères (DEBxxx, respectivement FINxxx en commençant à la première colonne). Seules les informations dans les blocs sont lues (on peut ajouter des commentaires entre les blocs).

**Les commentaires** : (à l'intérieur des blocs) sont indiqués par le caractère \* en première colonne.

Il y a quatre type de fichiers :

- le fichier définissant la géométrie du domaine (format ARETE) ;
- le fichier donnant la densité souhaité au format DENSITE ou GRANDEUR ;
- le fichier contenant le maillage résultant (format UNIVERSEL) ;
- le fichier contenant la densité en chaque noeud (format GRANDEUR) ;

### A.1 Fichier décrivant la géométrie du domaine (format ARETE)

Le fichier décrivant la géométrie du domaine contient 2 blocs : le bloc des coordonnées des points et le bloc des lignes (connection entre les points). Cette définition a le format suivant :

```
-----
DEBXYZ                      = debut de definition des points
 nbc dim                    nbc = nombre total de points
                             dim = dimension de l'espace

 x1 y1
 ...
 xn yn
FINXYZ                      = fin de la definition des points

DEBARE                      = debut de definition des lignes
 nbl                        nbl = nombre de lignes
*
* definition d'une ligne a l'aide d'une liste :
 nbs1 no1 no2 ... nos 100 nbr1 reg1 reg2 ... regn1
                             nbs1 = le nombre de noeuds
 ...                          no1... nos = les numeros des noeuds
                             100  = code pour les segments de droite
                             nbr1 = nombre de regions incidentes
                             reg1, reg2... les numeros des regions
*
```



```

* definition de points interieurs a l'aide d'une liste :
nbsi noi1 noi2 ... nois 99 1 regi1
                                nbsi = le nombre de noeuds
...                             noi1... nos = les numeros des noeuds
                                99 = code pour les noeuds non connectes
                                1 = le nombre de regions incidentes

*
* definition a l'aide d'un intervalle :
-3 nod nof pas  code nbr1 reg1 reg2 ... regn1
                                -3 = definition d'un intervalle
                                nod = noeud de debut
                                nof = noeud de fin
...                             pas = pas pour aller de nod a nof
                                code = 100 ou 99

*
FINARE                          = fin de definition des segments
-----

```

## A.2 Fichier de densité (format DENSITE)

Le fichier de description de la densité (fonction analytique) contient 3 blocs : le bloc des coordonnées des points, le bloc des suites, le bloc des densités qui font références aux points et aux suites. Le format de ces fichiers est le suivant :

```

-----
DEBGEO                                = debut de la definition des points
n 2                                  n = nombre de points
                                2 = dimension de l'espace

1 x1 y1
2 x2 y2
...
i xi yi                            i = numero du point
                                xi = abscisse
                                yi = ordonnee du point i

...
n xn  yn
FINGEO                                = fin de la definition des points

DEBSUI                                = debut de la definition des suites
n                                    = nombre de suites
1 ty1  vi1 r1
2 ty2  vi2 r2
...

```

```

i tyi   vii ri
        tyi = type de la suite i ( entier :
            1 = geometrique, 2 = arithmetique)
        vii = valeur initiale "   (reel >0.)
        ri = raison "           "   (reel >1.)

...
n tyn vin rn
FINSUI                = fin de la definition des suites

DEBDEN                = debut de la definition des densites
n 1                   n = nombre de densites
                    1 = mode de generation
1 ty1 m1 refi1 ... refim
...
i tyi mi refi1 ... refim
        tyi = type de la concentration i
            (entier 1 = concentration ponctuelle
              2 = concentration axiale)
              3 = concentration segment)
        mi = nombre de references pour la concen-
            tration i (entier :
                2 = pour concentration ponctuelle
                3 = pour " " axiale ou segment)
        refi1 = numero de la suite(voir bloc DEBSUI)
        refi2 ... refim = numeros des points definissant la
            localisation de la concentration
            (voir bloc DEBGEO)

i 1 2 refi1 refi2      = concentration ponctuelle de suite
                        refi1 au point refi2
j 2 3 refj1 refj2 refj3 = concentration axiale de suite
                        refj1 sur la droite passant par
                        les points refj2, refj3

...
n tyn mn refn1 ... refnm
FINDEN                = fin de la definition des densites
-----

```

### A.3 Fichier de densité aux noeuds (format GRANDEUR)

Ce fichier sert à la définition de la taille souhaitée aux noeuds (TSN). Le format est trivial; il n'est constitué que d'un bloc comparable au bloc DEBXYZ.

```

-----
DEBGRD          = debut de la definition des grandeurs
n 1             n = nombre total de grandeurs
1 x1            1 = nombre de coordonnees par grandeurs
...
i xi            i = indice de la grandeur
...            xi = valeur de la grandeur
n xn
FINGRD          = fin de la definition des grandeurs
-----

```

#### A.4 Fichiers contenant le maillage résultant (format UNIVERSEL)

Le seul type de maillage généré est le maillage triangulaire dans le plan.

```

-----
DEBXYZ          = debut de la definition des points
n 2             n = nombre de points
               2 = dimension de l'espace

x1 y1
...
xn yn
FINXYZ          = fin de la definition des points

DEBILM          = debut de la definition des segments
n               n = nombre d'elements
3 n11 n12 n13 3 reg1
...
3 ni1 ni2 ni3 3 regi
               3 = le nombre de sommets
               ni1,ni2,ni3 = numero des trois sommets
               3 = le code du triangle a 3 noeuds
               regi = numero de la region de l'element i
...
3 nn1 nn2 nn3 3 regn
FINILM          = fin de la definition des triangles
-----

```

## B ANNEXE : PARAMETRES DE DELOS

delos(1) DELOS delos(1)

Sept - 2004

NOM

delos - triangulation automatique d'un domaine plan.

SYNTAXE

delos [v/s] nomf1 [nomf2] [nomf3] [nomf4] [nbnmax]

DESCRIPTION

delos est une version integree de DS1, DS234, DS4 (voir Delos). Il fonctionne en 2 modes : ligne de commande ou interactif. En mode "ligne de commande" l'absence de parametres est indique par le caractere "-".

[v/s] : mode d'execution avec (v=verbose) ou sans (s=silent) message(s). Ne sert qu'en mode "ligne de commande", inutile en interactif.

nomf1 : nom du fichier de donnees contenant la description de la frontiere du domaine a mailler : des aretes et des sommets. Le fichier peut contenir des noeuds isoles (non connectes) ils seront conserves et apparaitront dans le maillage resultant.

nomf2 : nom du fichier de donnees contenant la definition de la taille souhaitee des elements (facultatif).

nomf3 : nom du fichier de resultat qui contiendra le maillage raffine (facultatif). Les numeros des noeuds et les references associees aux mailles dans le maillage donne sont conservees dans le maillage resultant.

nomf4 : nom du fichier de resultat qui contiendra la taille souhaitee aux noeuds du maillage raffine (facultatif).

nbnmax : nombre maximum de noeuds souhaitees (facultatif). Parametre utile dans le cas d'un domaine d'une seule region mais deconseille dans le cas d'un domaine multi-regions.  
0 : Pas de noeud genere (utile quand nomf4 est donne).  
-1 : Pas de limite fixe a priori par l'utilisateur.

>nbn : nbn est le nombre de noeuds déjà présents dans le maillage initial (nomf1), au plus (nbnmax - nbn) noeuds sont générés. Si ce maximum est atteint il est probable que la taille souhaitée ne le soit pas.

#### EXEMPLES

delos v geom dens mesh - -

génère un maillage de la géométrie définie dans "geom" avec la densité définie dans "dens" dans le fichier "mesh"

delos v geom dens mesh - 0

triangulation de la géométrie (des polygones) sans nœud ajouté.

delos v geom - mesh - -

triangulation de la géométrie. Des points sont ajoutés pour obtenir des triangles "assez" réguliers.

delos v geom dens - denson 0

Si "dens" contient la répartition spatiale de la taille souhaitée (dans le plan) on trouve dans "denson" sa valeur aux nœuds de la géométrie.

#### AUTEUR

delos a été développé à l'E.N.S.M.P par O. Stab.

#### VOIR AUSSI

Delos.

#### VERSION

version delos - 2.0.2 (Juil. 1999)