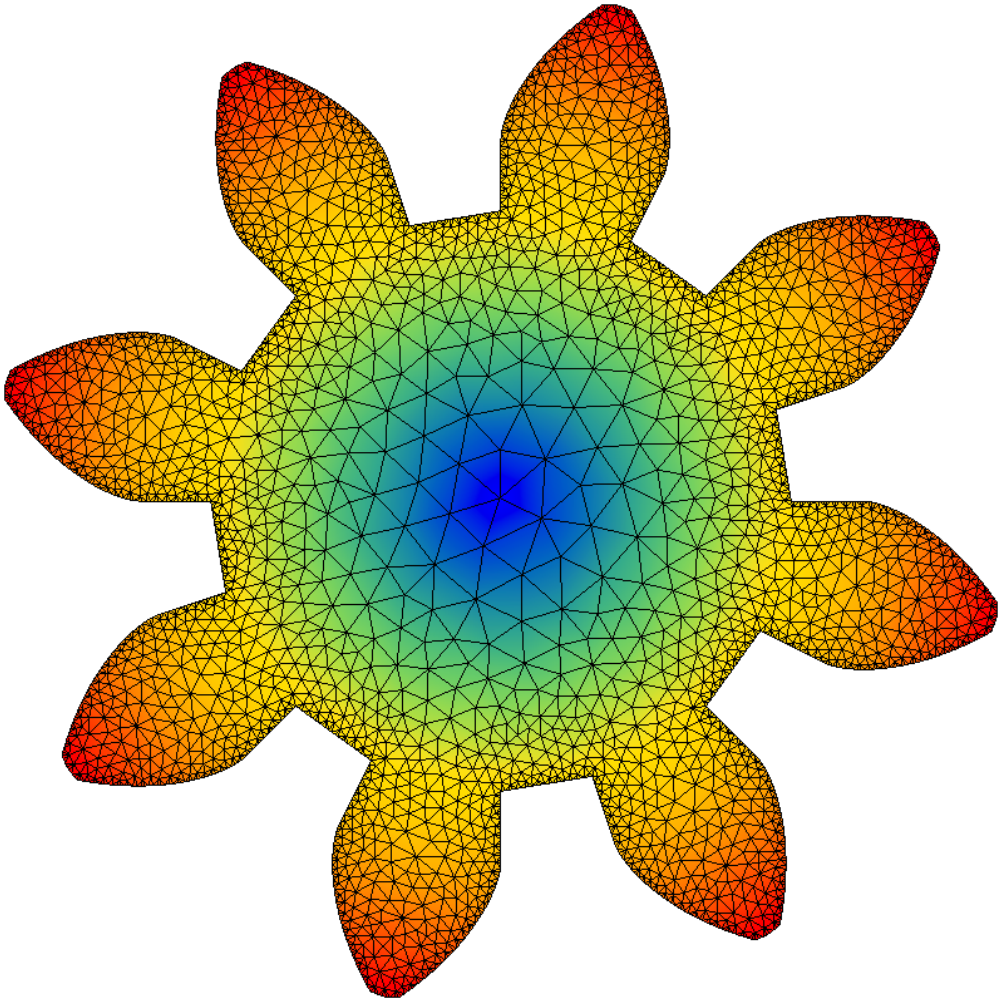
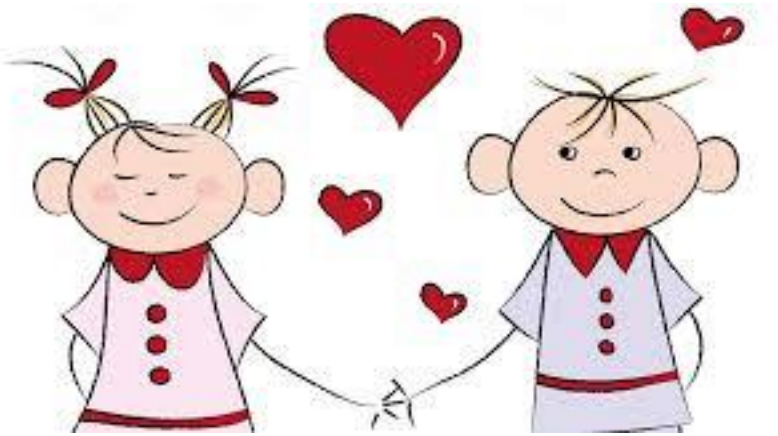
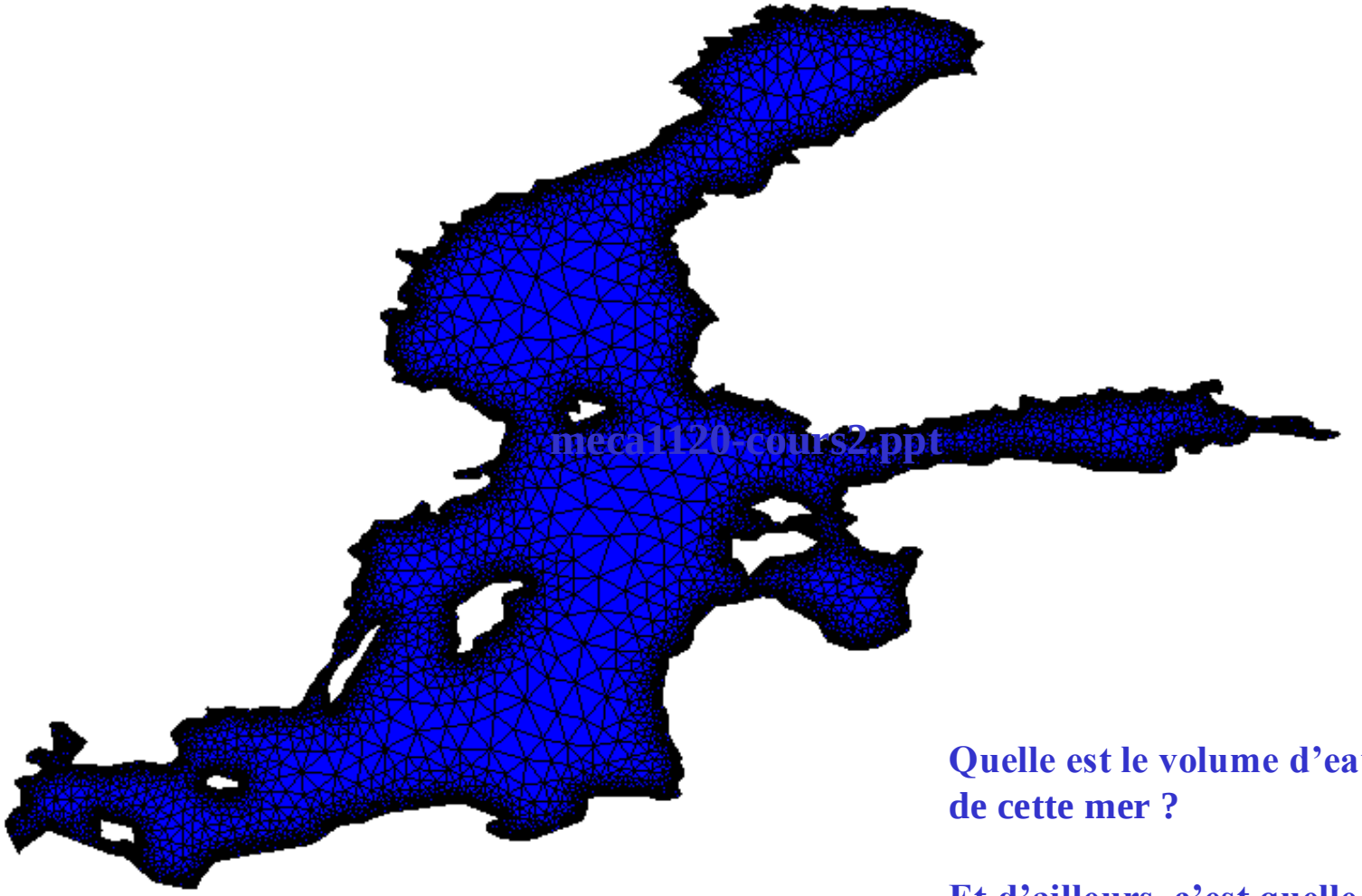


Ne pas oublier de trouver votre Valentin(e) !



1 :	Abarca, Milton	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(pas de groupe :-)
2 :	Abeloos, Joachim	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 11)
3 :	Accarain, Jean-Lou	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 112)
4 :	Adda, Samy	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(groupe : 41)
5 :	Ahou, Lucas	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 121)
6 :	Alexandre, Simon	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 40)
7 :	Amory, Geoffroy	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 139)
8 :	André-Dumont, Aloïs	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 48)
9 :	Arts, Emilien	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 99)
10 :	Asqiriba, Ilias	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(pas de groupe :-)
11 :	Aubecq, Bastien	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 121)
12 :	Baijot, Laura	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 46)
13 :	Balon, Audren	MAP 2 MS/G	(pas de séance :-)	(pas de groupe :-)
14 :	Bapack, Simon	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(pas de groupe :-)
15 :	Bauvir, Matéo	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 46)
16 :	Bellens, Romain	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 106)
17 :	Benjeloul, Ibrahim	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 41)
18 :	Berthet, Raphael	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(pas de groupe :-)
19 :	Bertrand, Laura	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 133)
20 :	Bien, Jonathan	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(groupe : 126)
21 :	Blase, Arnaud	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 100)
22 :	Blaude, Raphaël	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 55)
23 :	Blockx, Alix	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 35)
24 :	Bognár, Bence	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 92)
25 :	Boland, Claire	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 78)
26 :	Boreux, Pierre-Jean	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 105)
27 :	Boujabout, Sofia	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(groupe : 138)
28 :	Bragard, Charlotte	PHYS2 MA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 101)
29 :	Bruyndonckx, Amandine	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 63)
30 :	Buch Kornreich, Eden	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 59)
31 :	Buckinx, Louan	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 43)
32 :	Canon, Léa	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 63)
33 :	Cantaert, Loïc	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 54)
34 :	Capart, Aodren	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(pas de groupe :-)
35 :	Capart, Célestine	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 54)
36 :	Carbonez, Simon	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 18)
37 :	Carpiaux, Théo	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 5)
38 :	Carton, Nathan	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(pas de groupe :-)
39 :	Cavalier, Simon	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(groupe : 120)
40 :	Cayphas, Louis	FSA 1 BA	(Mardi-BA91)	(groupe : 100)
41 :	Chougrani, Sami	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(groupe : 133)
42 :	Chrissantakis, Ioannis	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(pas de groupe :-)
43 :	Chugh, Aditya	FSA 1 BA	(Jeudi-BA91)	(groupe : 97)
44 :	Clément, Yvan	FSA 1 BA	(pas de séance :-)	(groupe : 32)
45 :	Cloos, Rémi	FSA 1 BA	(Mercredi-BA92)	(pas de groupe :-)

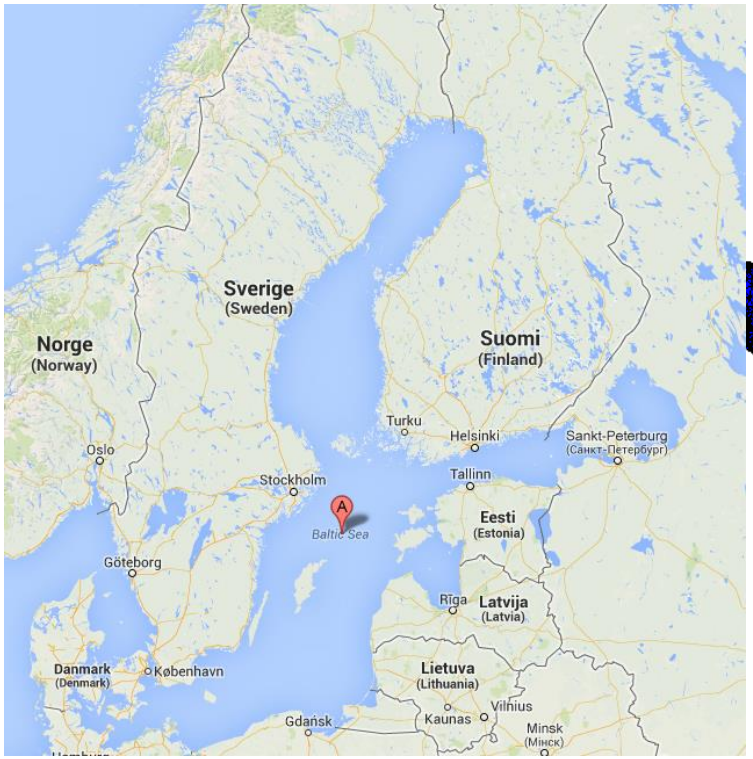
Plus sérieusement,
A partir de ce soir, il sera possible de rester célibataire !
Mais, ce n'est pas la meilleure idée !

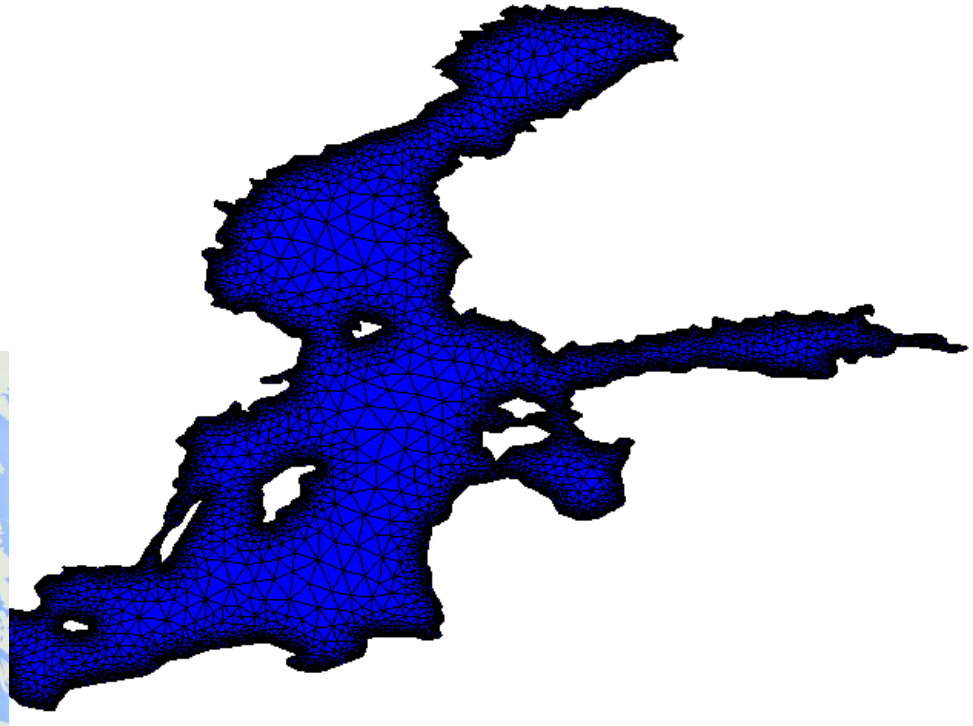


meca1120-cours2.ppt

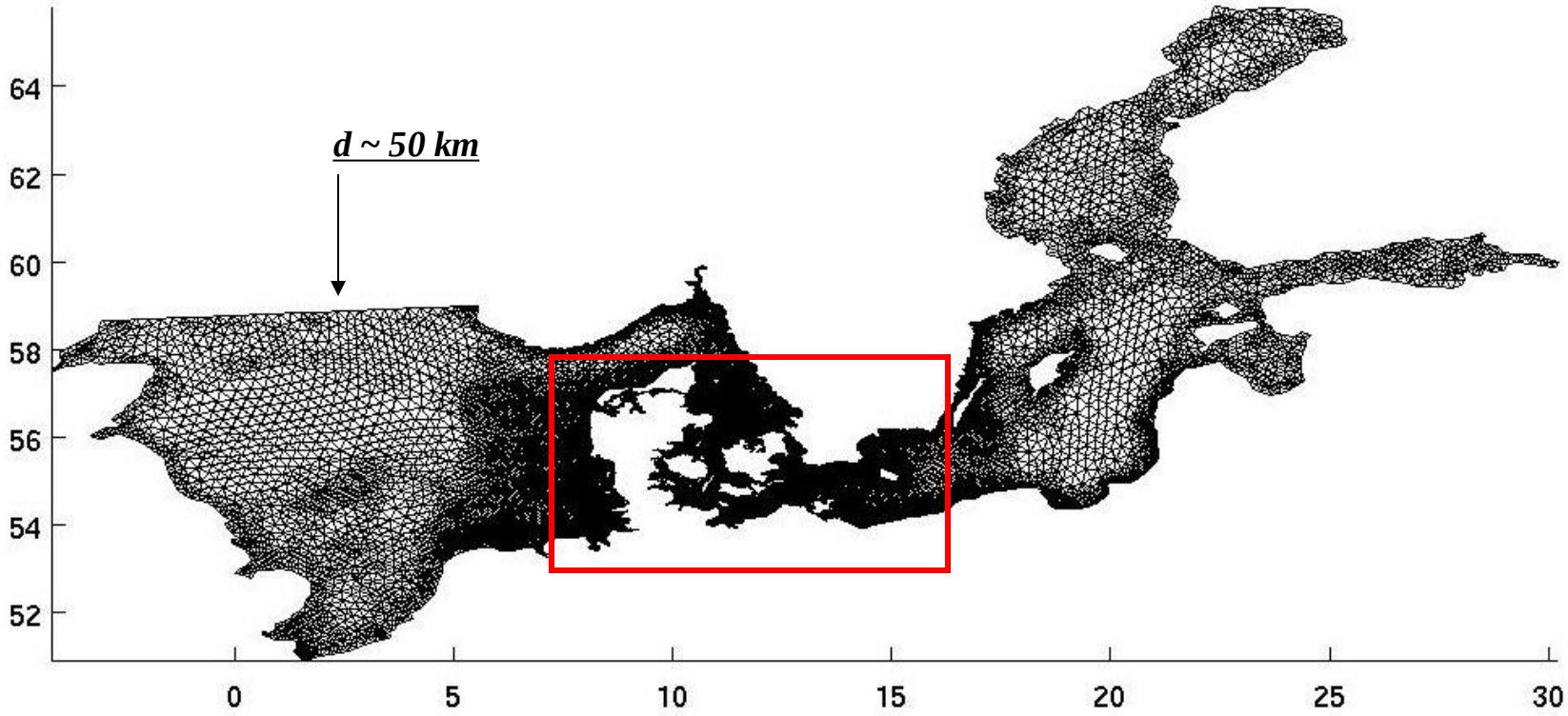
Quelle est le volume d'eau de cette mer ?

Et d'ailleurs, c'est quelle mer ?


Sverige
(Sweden)
Norge
(Norway)
Suomi
(Finland)
Turku
Helsinki
Sankt-Peterburg
(Санкт-Петербург)
Oslo
Stockholm
Tallinn
A
Baltic Sea
Eesti
(Estonia)
Göteborg
Rīga
Latvija
(Latvia)
Danmark
(Denmark)
København
Lietuva
(Lithuania)
Vilnius
Gdańsk
Kaunas
Minsk
(Мінск)

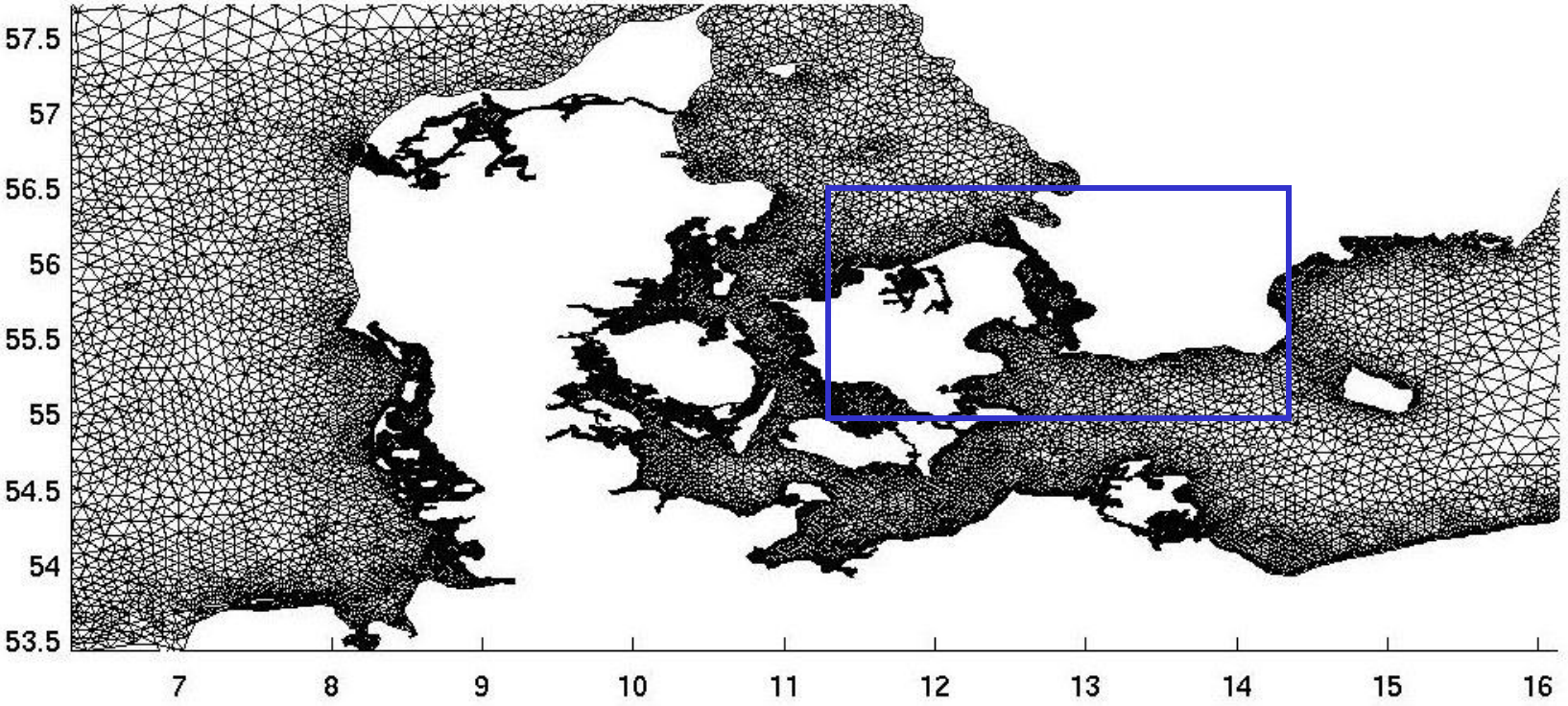


Pourquoi
des maillages non structurés ?



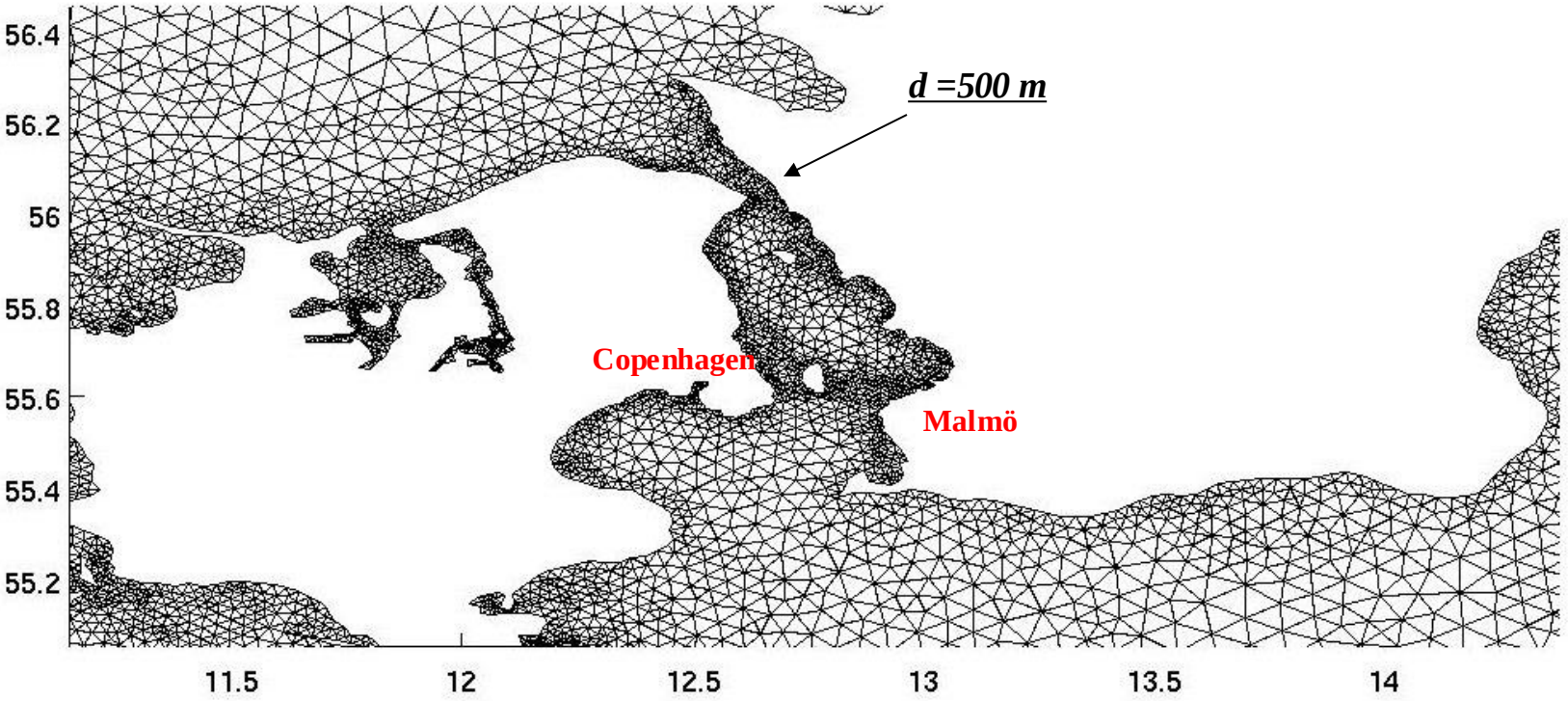
Courtesy of Dr. N. Kliem

Pourquoi
des maillages non structurés ?



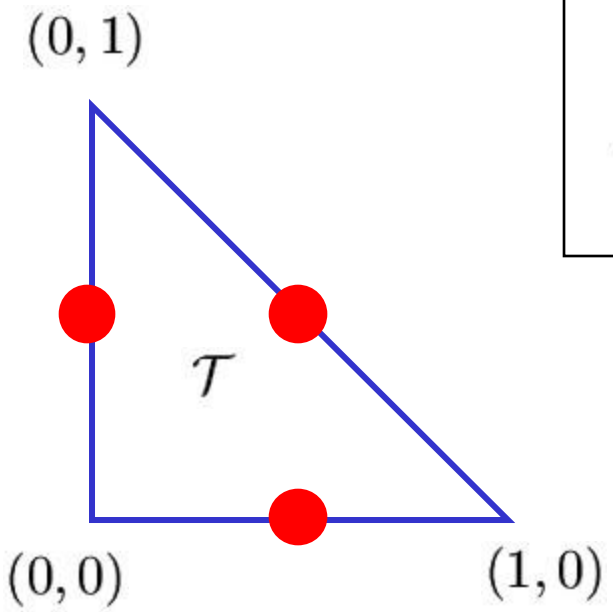
Courtesy of Dr. N. Kliem

Pourquoi
des maillages non structurés ?



Courtesy of Dr. N. Kliem

Intégration sur un triangle : Règle de Hammer à 3 points

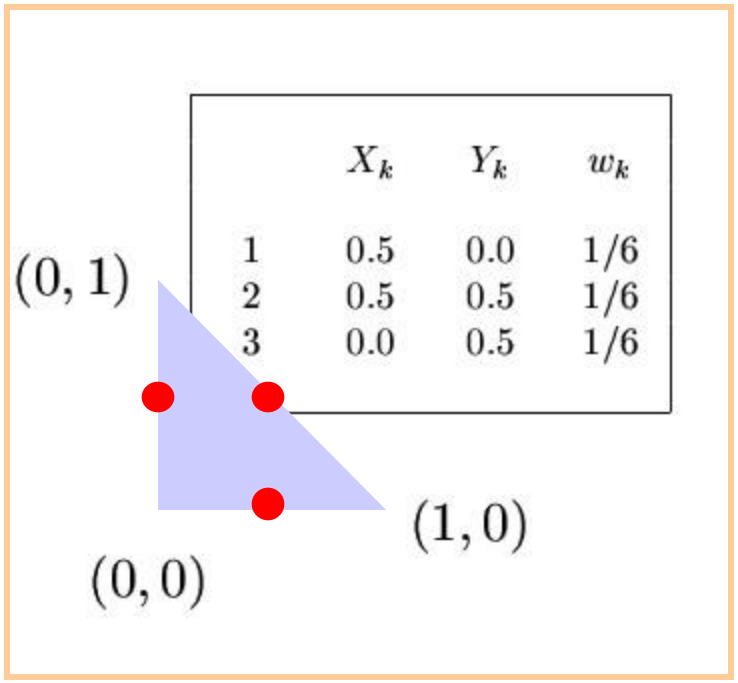


$$\underbrace{\int_{\mathcal{T}} f(x,y)\ dx\ dy}_{I} \approx \underbrace{\sum_{k=1}^{3} w_k f(X_k, Y_k)}_{I^h}$$

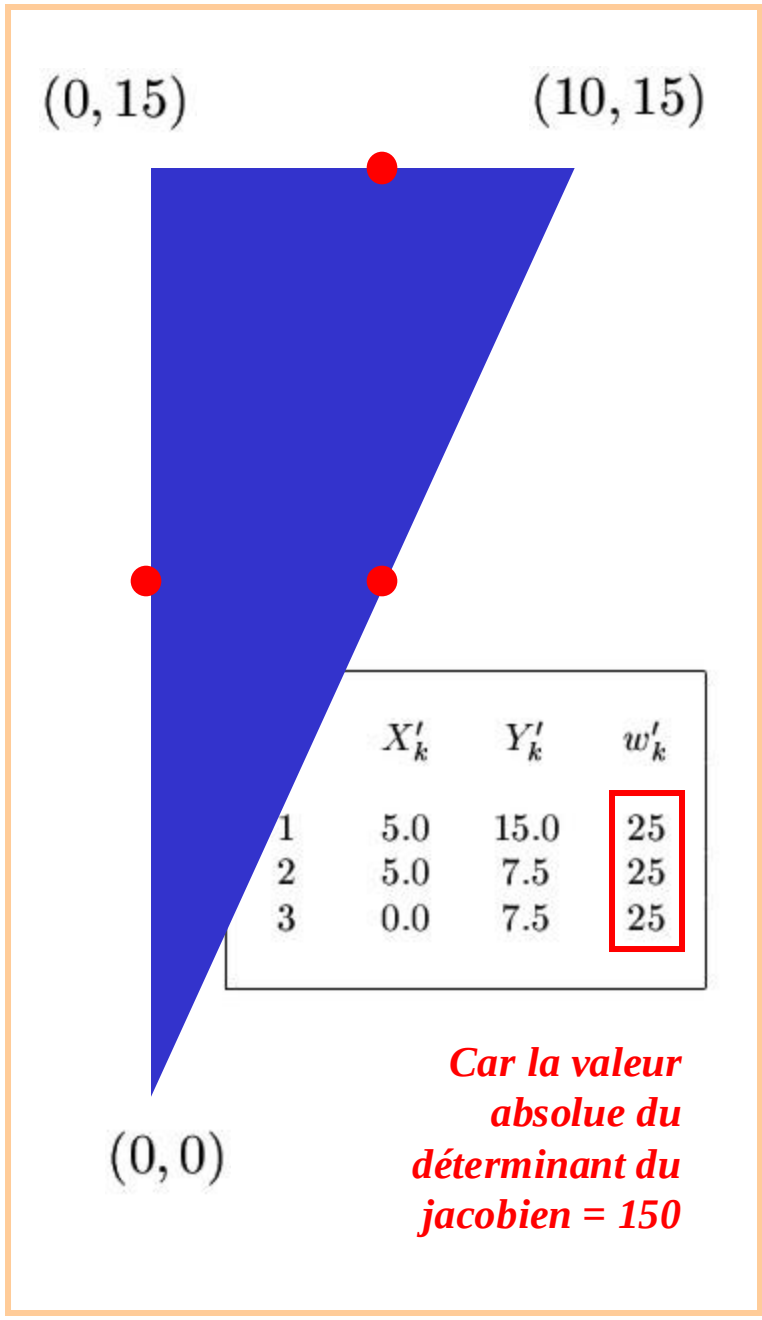
	X_k	Y_k	w_k
1	0.5	0.0	1/6
2	0.5	0.5	1/6
3	0.0	0.5	1/6

Et un autre triangle ?

$$\begin{aligned} x' &= 10x \\ y' &= 15 - 15y \end{aligned}$$



	X_k	Y_k	w_k
1	0.5	0.0	1/6
2	0.5	0.5	1/6
3	0.0	0.5	1/6

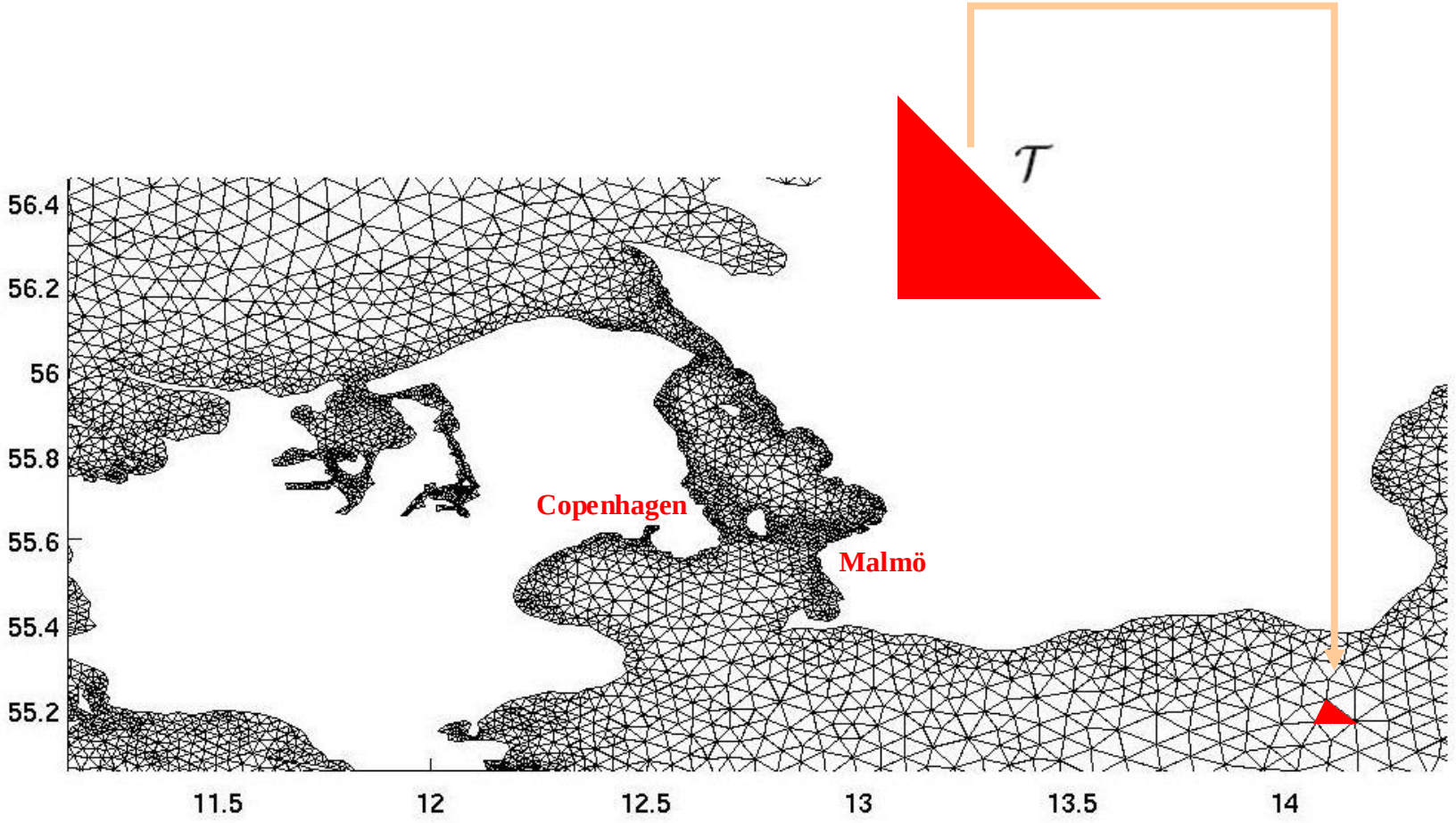


	X'_k	Y'_k	w'_k
1	5.0	15.0	25
2	5.0	7.5	25
3	0.0	7.5	25

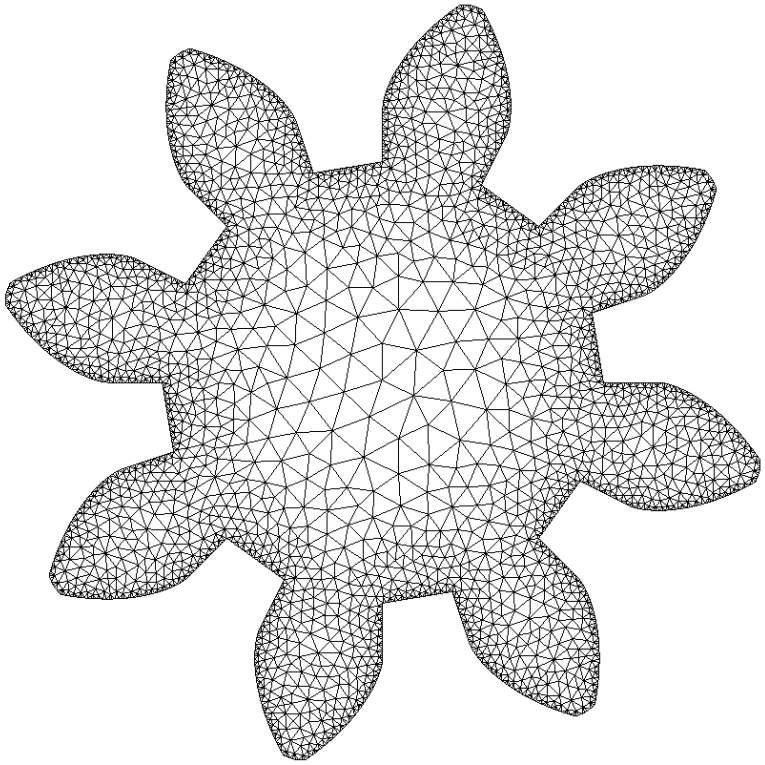
Car la valeur absolue du déterminant du jacobien = 150

Application to Finite Elements

Each triangle can be transformed in the parent element through a linear trasnformation.



Définir un maillage



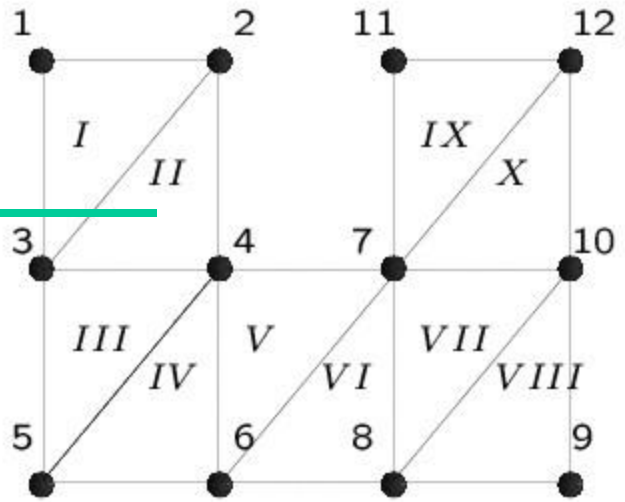
Coordonnées de noeuds
Tableau d'appartenance des triangles
Nombre de noeuds : nNode
Nombre de triangles : nElem

```
typedef struct
{
    int *elem;
    double *X;
    double *Y;
    int nElem;
    int nNode;
} femMesh;
```

$$\overline{\Omega} = \bigcup_{e=1}^{N_1} \{\overline{\Omega}_e\}, \quad \Omega_e \cap \Omega_f = \emptyset, \quad \text{si } e \neq f.$$

http://www.geuz.org/gmsh/

Et concrètement c'est quoi un maillage ?

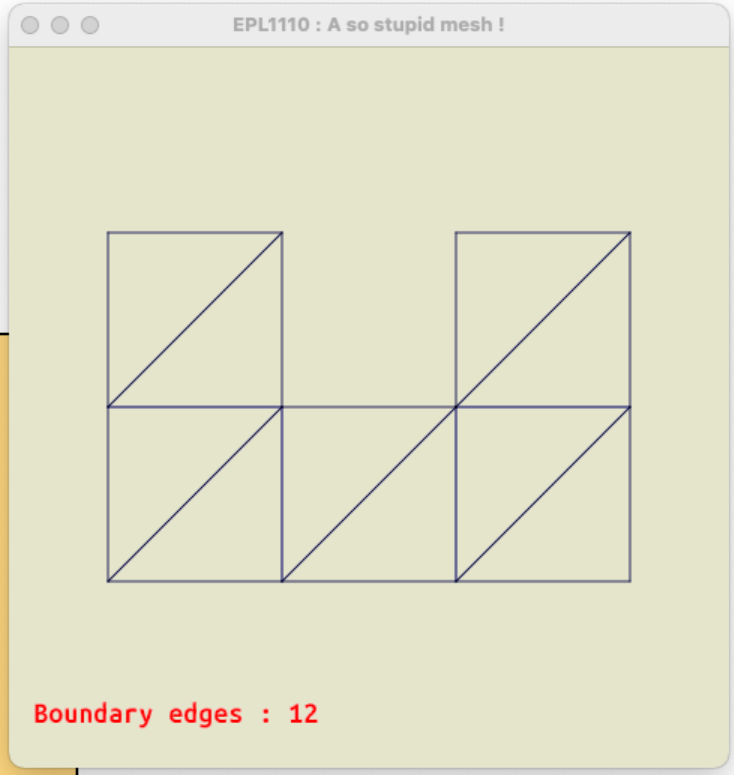


Triangle	Sommets		
1	1	3	2
2	3	4	2
3	5	4	3
4	5	6	4
5	6	7	4
6	6	8	7
7	8	10	7
8	8	9	10
9	7	12	11
10	10	12	7

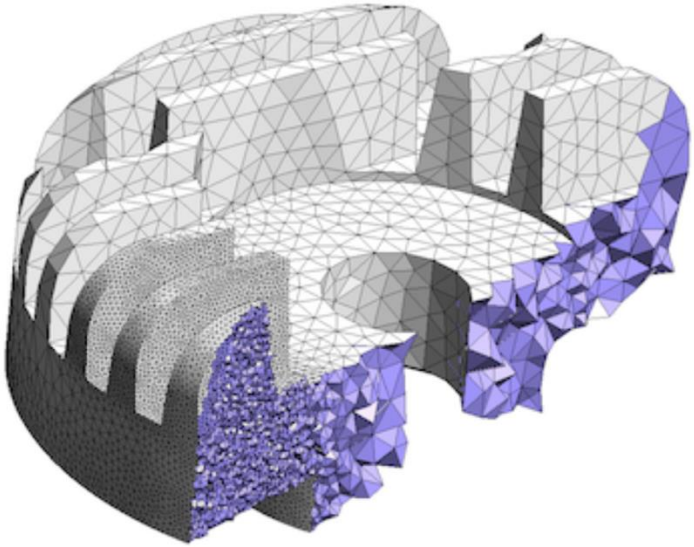
Sommet	X_i	Y_i
1	0.0	2.0
2	1.0	2.0
3	0.0	1.0
4	1.0	1.0
5	0.0	0.0
6	1.0	0.0
7	2.0	1.0
8	2.0	0.0
9	3.0	0.0
10	3.0	1.0
11	2.0	2.0
12	3.0	2.0

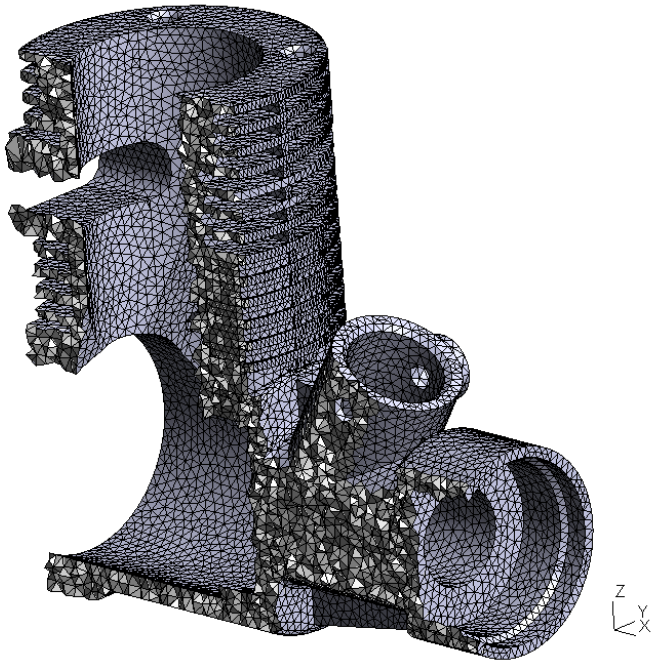
Et vraiment concrètement ?

```
Number of nodes 12
     0 :  0.0000000e+00  2.0000000e+00
     1 :  1.0000000e+00  2.0000000e+00
     2 :  0.0000000e+00  1.0000000e+00
     3 :  1.0000000e+00  1.0000000e+00
     4 :  0.0000000e+00  0.0000000e+00
     5 :  1.0000000e+00  0.0000000e+00
     6 :  2.0000000e+00  1.0000000e+00
     7 :  2.0000000e+00  0.0000000e+00
     8 :  3.0000000e+00  0.0000000e+00
     9 :  3.0000000e+00  1.0000000e+00
    10 :  2.0000000e+00  2.0000000e+00
    11 :  3.0000000e+00  2.0000000e+00
Number of triangles  10
     0 :      0      2      1
     1 :      2      3      1
     2 :      4      3      2
     3 :      4      5      3
     4 :      5      6      3
     5 :      5      7      6
     6 :      7      9      6
     7 :      7      8      9
     8 :      6     11     10
     9 :      9     11      6
```



Et vraiment très très très concrètement ?



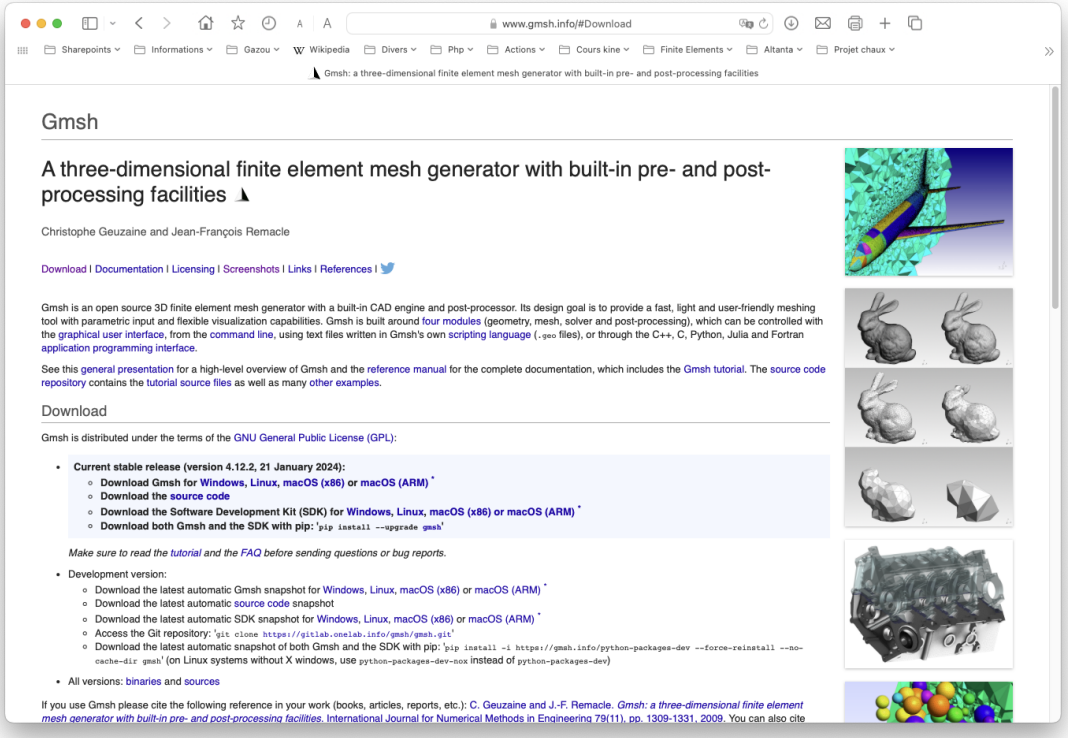


Il existe des algorithmes pour générer automatiquement les maillages.

Cours de géométrie numérique LMECA2170

http://www.geuz.org/gmsh/

https://www.gmsh.info



Installer le *Software Development Kit* de gmsh

https://www.gmsh.info

- **Current stable release (version 4.12.2, 21 January 2024):**
  - **Download Gmsh for Windows, Linux, macOS (x86) or macOS (ARM) ***
  - **Download the source code**
  - **Download the Software Development Kit (SDK) for Windows, Linux, macOS (x86) or macOS (ARM) ***
  - **Download both Gmsh and the SDK with pip: '`pip install --upgrade gmsh`'**

Make sure to read the tutorial and the FAQ before sending questions or bug reports.

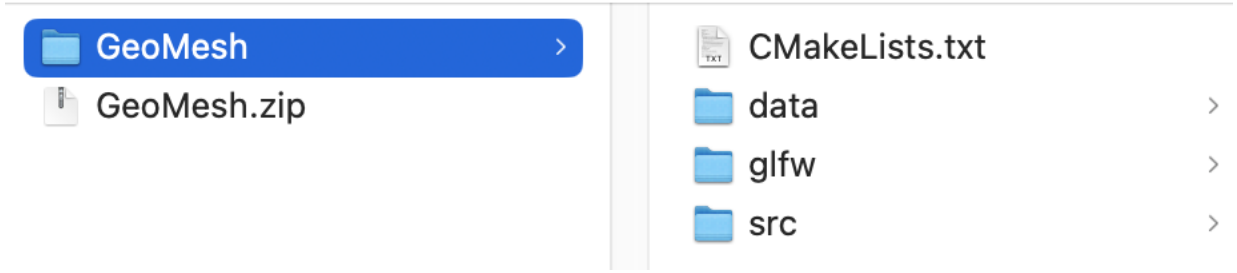
Il faut choisir la bonne version !

Devoir 2 : GeoMesh (12/02/2024)

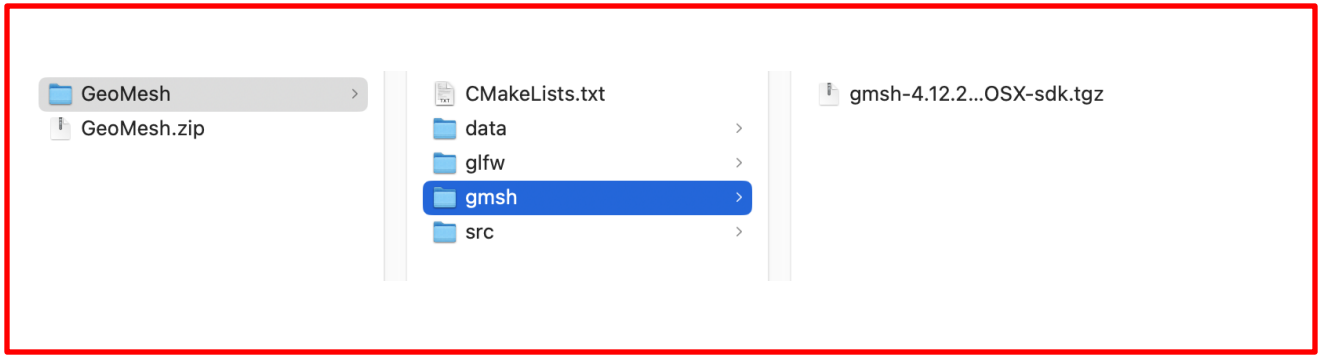
Projet à télécharger : GeoMesh.zip

Enoncé du devoir : GeoMesh.pdf

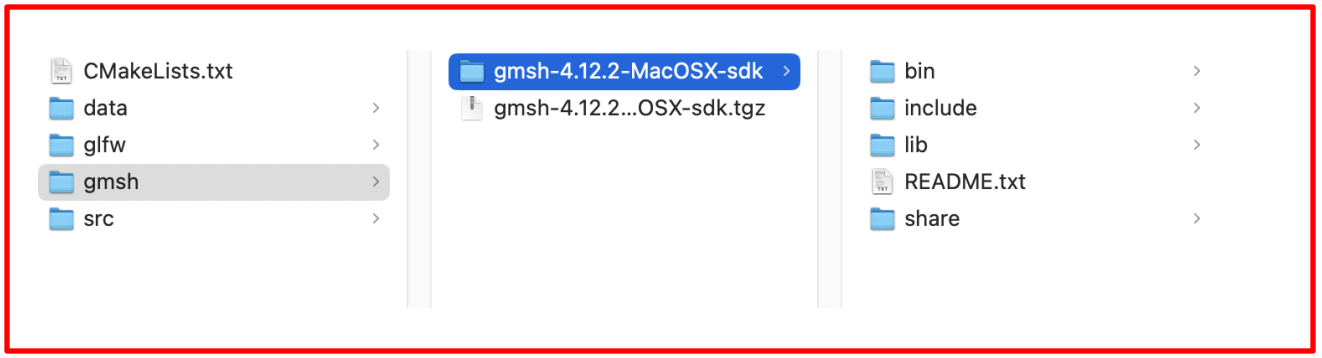
Deadline : **Lundi 26 février 2024 à 23h59**



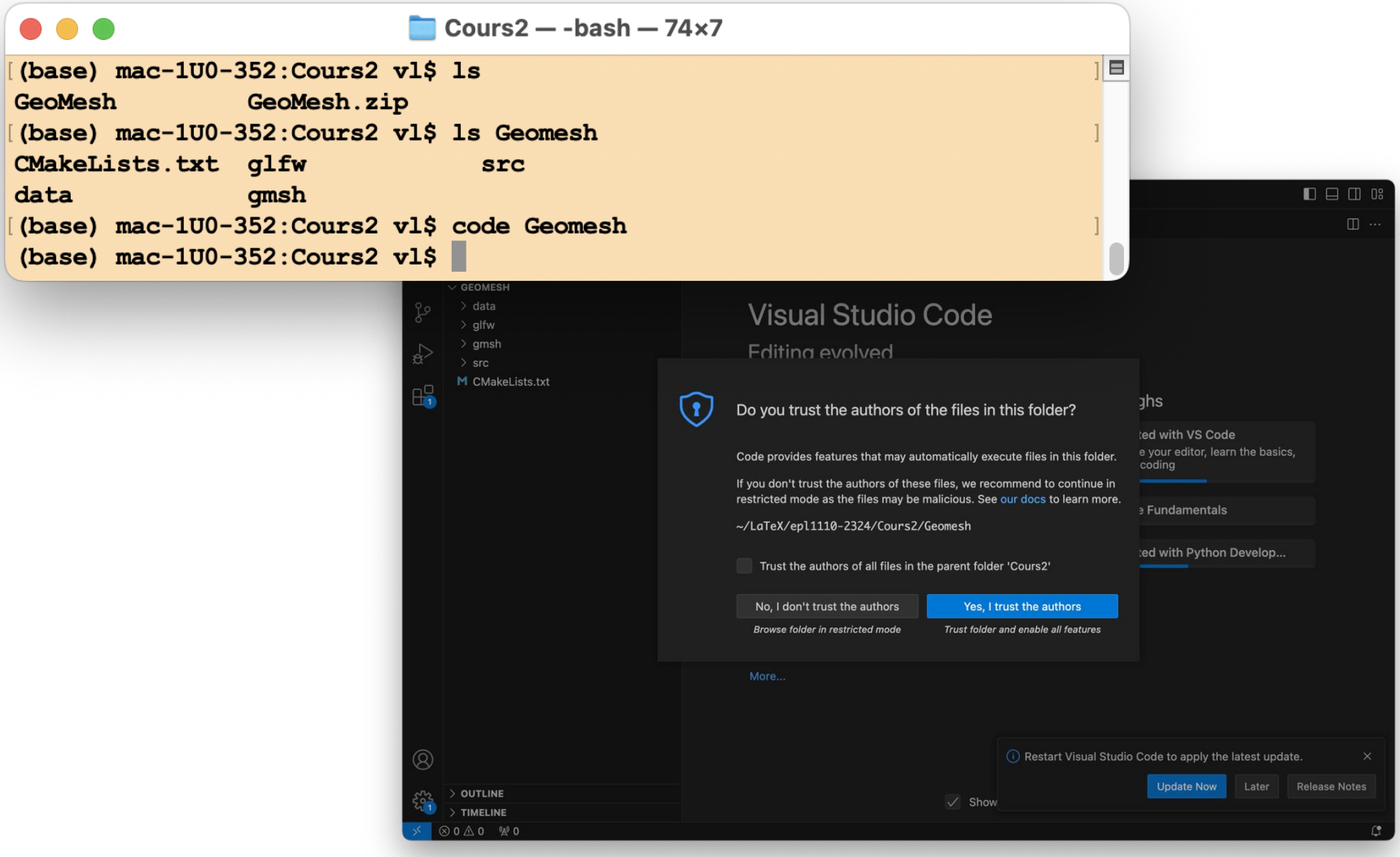
Comment compiler le second devoir ?



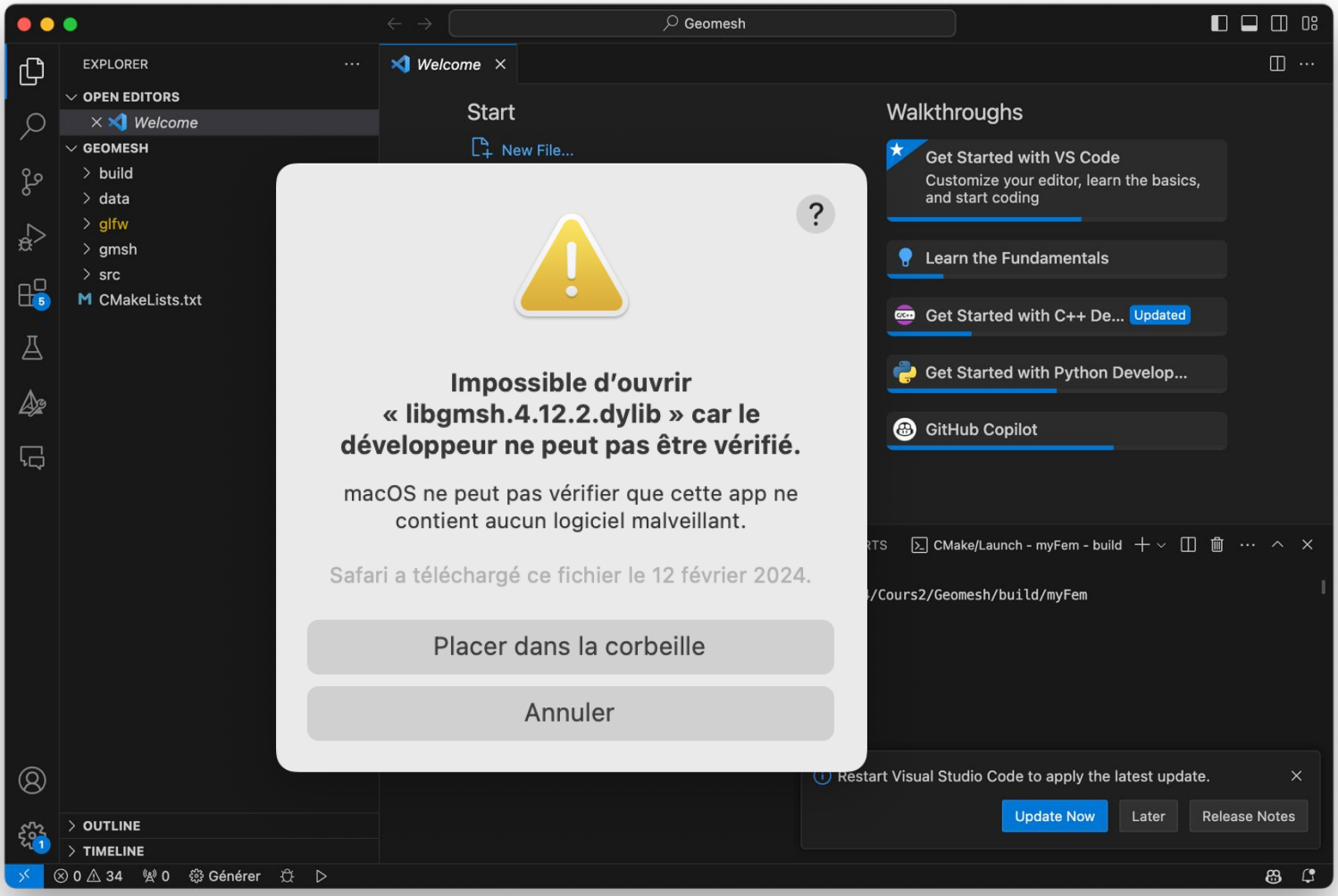
Ajouter la librairie gmsh dans un répertoire gmsh



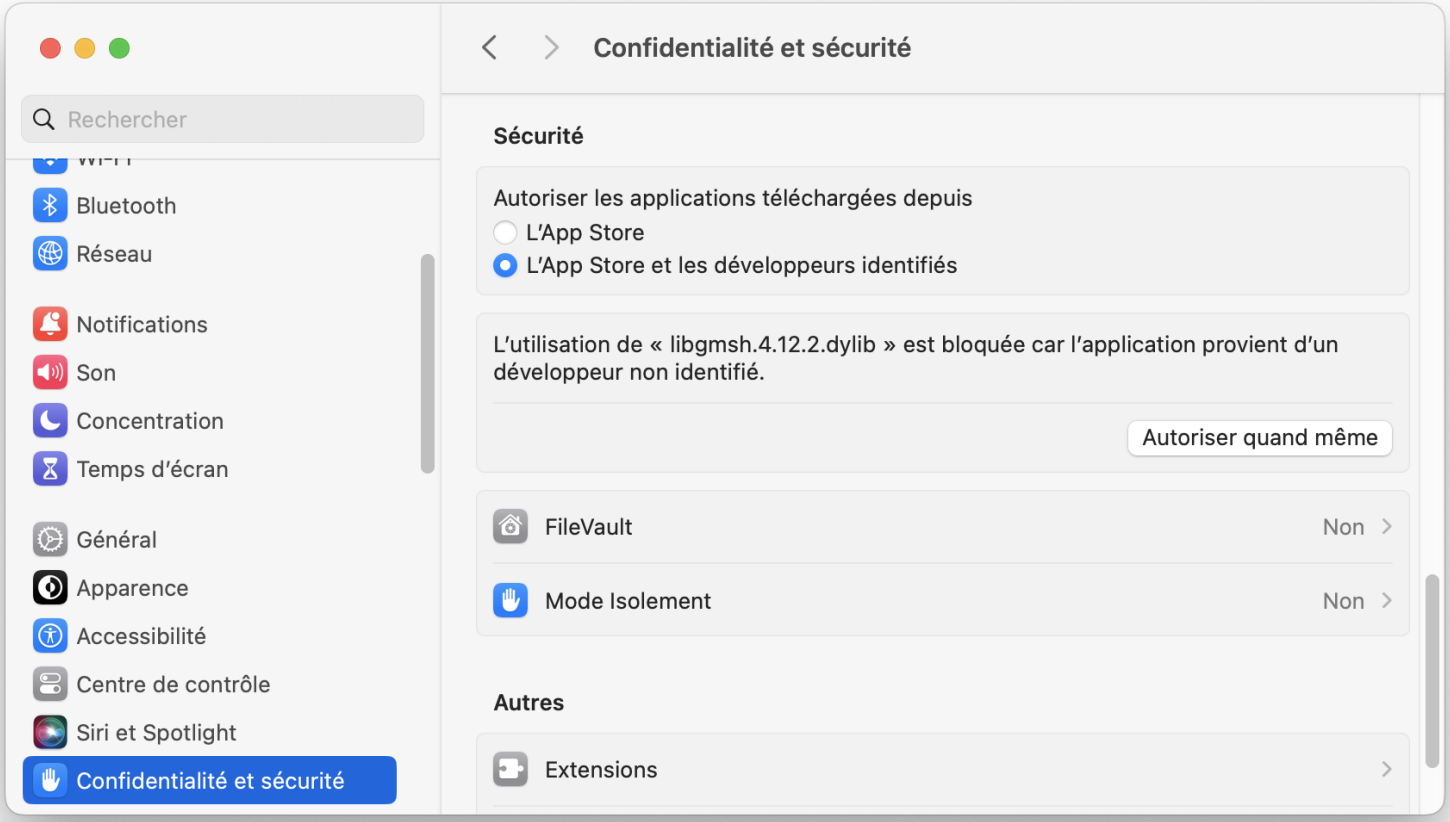
Et lancer vscode



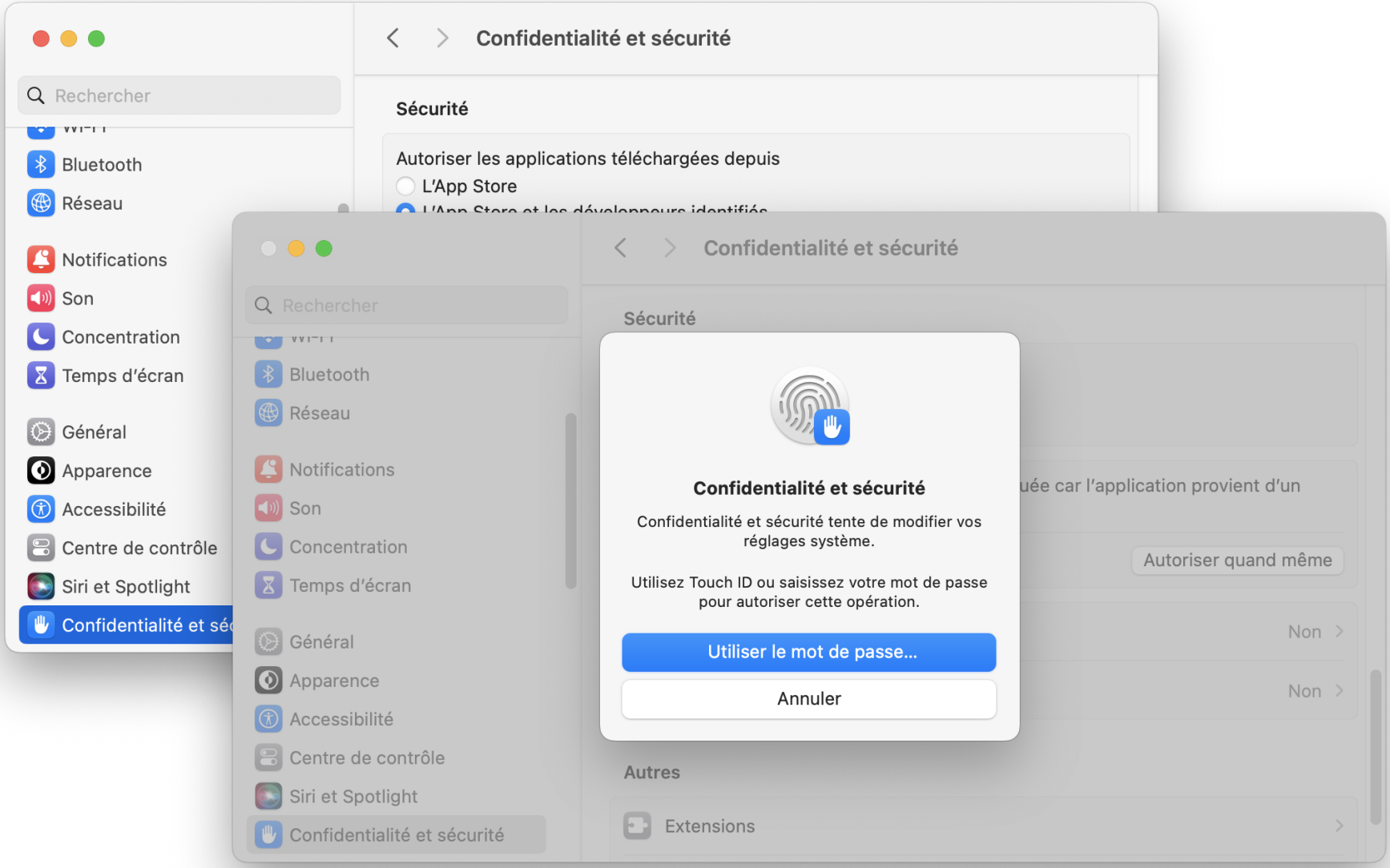
Et zou !


Geomesh
EXPLORER
OPEN EDITORS
Welcome
GEOMESH
build
data
glfw
gmsh
src
CMakeLists.txt
OUTLINE
TIMELINE
Welcome
Start
New File...
Walkthroughs
Get Started with VS Code
Customize your editor, learn the basics, and start coding
Learn the Fundamentals
Get Started with C++ De... Updated
Get Started with Python Develop...
GitHub Copilot
Impossible d'ouvrir « libgmsh.4.12.2.dylib » car le développeur ne peut pas être vérifié.
macOS ne peut pas vérifier que cette app ne contient aucun logiciel malveillant.
Safari a téléchargé ce fichier le 12 février 2024.
Placer dans la corbeille
Annuler
CMake/Launch - myFem - build
/Cours2/Geomesh/build/myFem
Restart Visual Studio Code to apply the latest update.
Update Now
Later
Release Notes
0 34
0
Générer

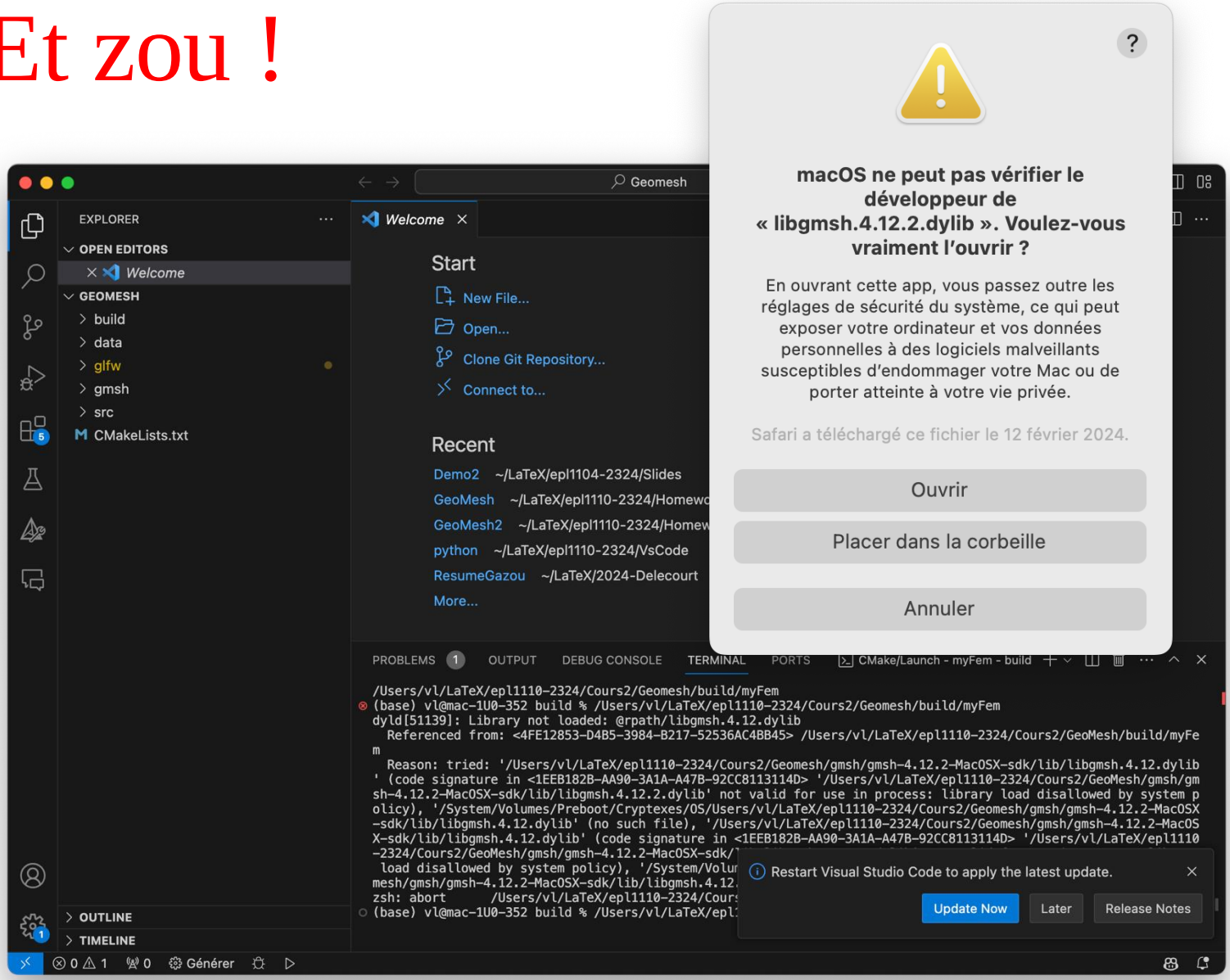
Non, non :
Remacle n’est pas malveillant !



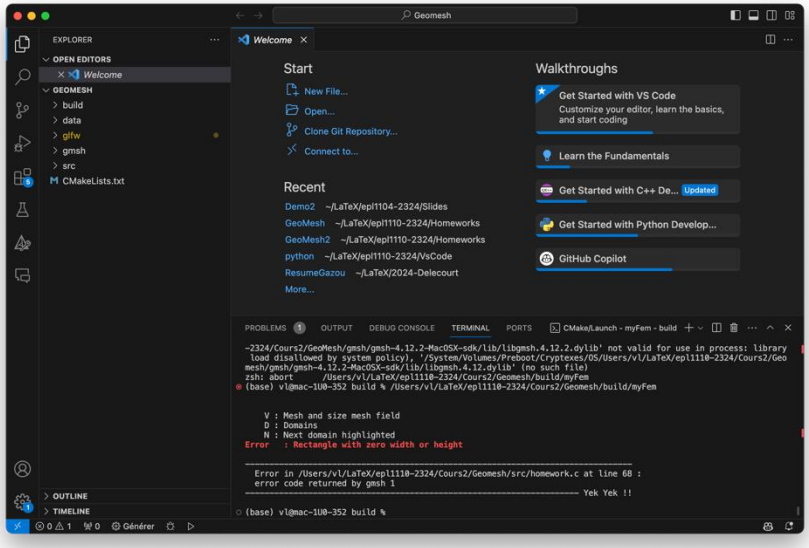
Non, non :
Remacle n’est pas malveillant !



Et zou !


macOS ne peut pas vérifier le développeur de « libgmsh.4.12.2.dylib ». Voulez-vous vraiment l'ouvrir ?
En ouvrant cette app, vous passez outre les réglages de sécurité du système, ce qui peut exposer votre ordinateur et vos données personnelles à des logiciels malveillants susceptibles d'endommager votre Mac ou de porter atteinte à votre vie privée.
Safari a téléchargé ce fichier le 12 février 2024.
Ouvrir
Placer dans la corbeille
Annuler
Geomesh
EXPLORER
OPEN EDITORS
Welcome
GEOMESH
build
data
glfw
gmsh
src
CMakeLists.txt
Start
New File...
Open...
Clone Git Repository...
Connect to...
Recent
Demo2 ~/LaTeX/epl1104-2324/Slides
GeoMesh ~/LaTeX/epl1110-2324/Homewo
GeoMesh2 ~/LaTeX/epl1110-2324/Homew
python ~/LaTeX/epl1110-2324/VsCode
ResumeGazou ~/LaTeX/2024-Delecourt
More...
PROBLEMS 1
OUTPUT
DEBUG CONSOLE
TERMINAL
PORTS
CMake/Launch - myFem - build
/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/build/myFem
(base) vl@mac-1U0-352 build % /Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/build/myFem
dyld[51139]: Library not loaded: @rpath/libgmsh.4.12.dylib
Referenced from: <4FE12853-D4B5-3984-B217-52536AC4BB45> /Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/GeoMesh/build/myFem
Reason: tried: '/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.dylib' (code signature in <1EEB182B-AA90-3A1A-A47B-92CC8113114D> '/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/GeoMesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.2.dylib' not valid for use in process: library load disallowed by system policy), '/System/Volumes/Preboot/Cryptexes/OS/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.dylib' (no such file), '/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.dylib' (code signature in <1EEB182B-AA90-3A1A-A47B-92CC8113114D> '/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/GeoMesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/
load disallowed by system policy), '/System/Volu
mesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.
zsh: abort /Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours
(base) vl@mac-1U0-352 build % /Users/vl/LaTeX/epl
Restart Visual Studio Code to apply the latest update.
Update Now
Later
Release Notes
OUTLINE
TIMELINE
0 1 0 Générer

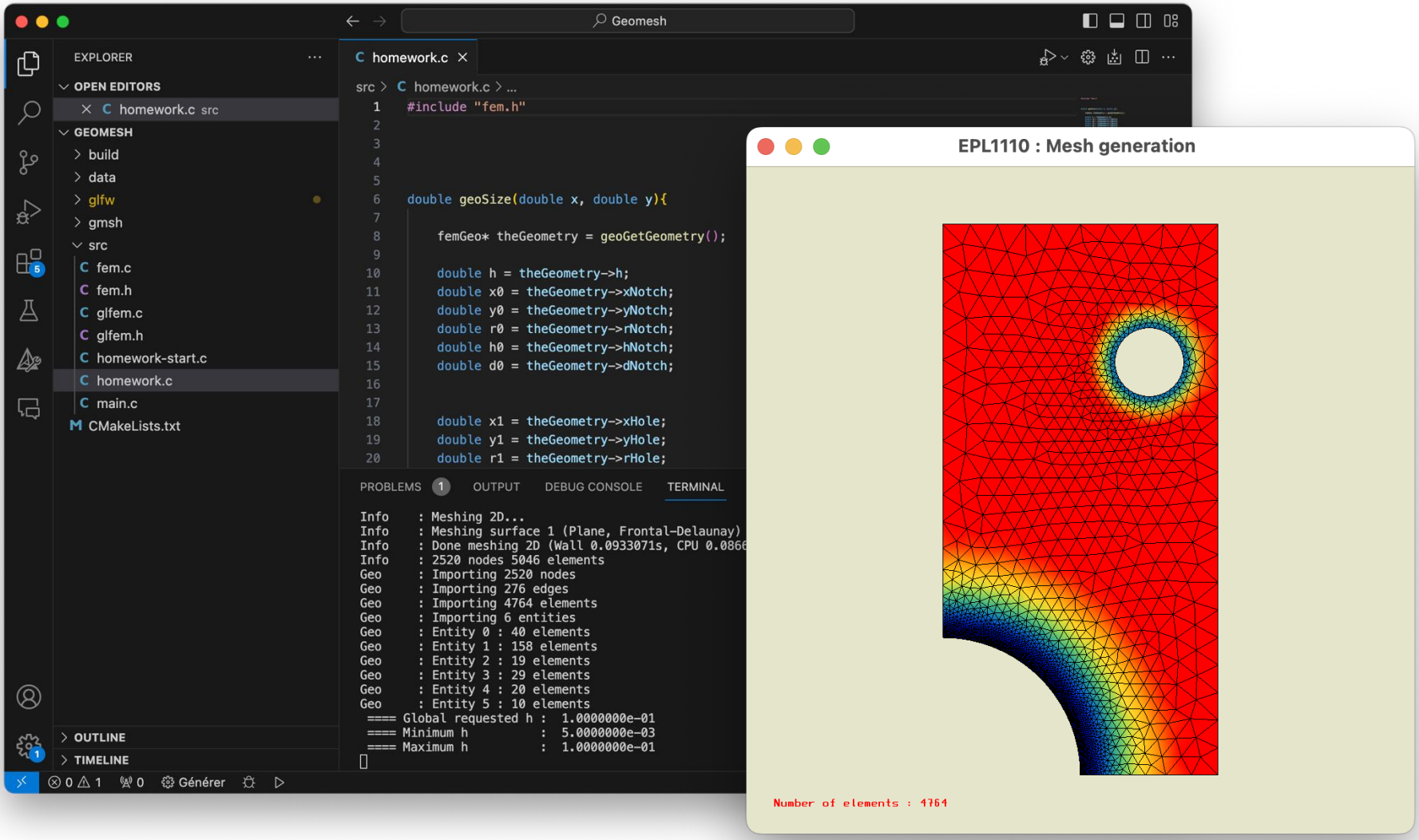
Et bof !

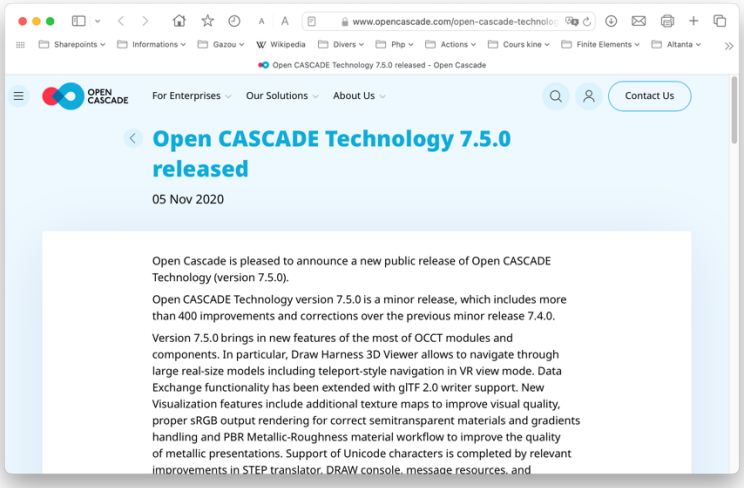


PROBLEMS 1 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS CMake/Launch - myFem - build

```
-2324/Cours2/GeoMesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.2.dylib' not valid for use in process: library
 load disallowed by system policy), '/System/Volumes/Preboot/Cryptexes/OS/Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geo
mesh/gmsh/gmsh-4.12.2-MacOSX-sdk/lib/libgmsh.4.12.2.dylib' (no such file)
zsh: abort      /Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/build/myFem
(base) vl@mac-1U0-352 build % /Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/build/myFem


    V : Mesh and size mesh field
    D : Domains
    N : Next domain highlighted
Error   : Rectangle with zero width or height

-------------------------------------------------------------------------------
  Error in /Users/vl/LaTeX/epl1110-2324/Cours2/Geomesh/src/homework.c at line 68 :
  error code returned by gmsh 1
------------------------------------------------------------------------ Yek Yek !!

(base) vl@mac-1U0-352 build %
```

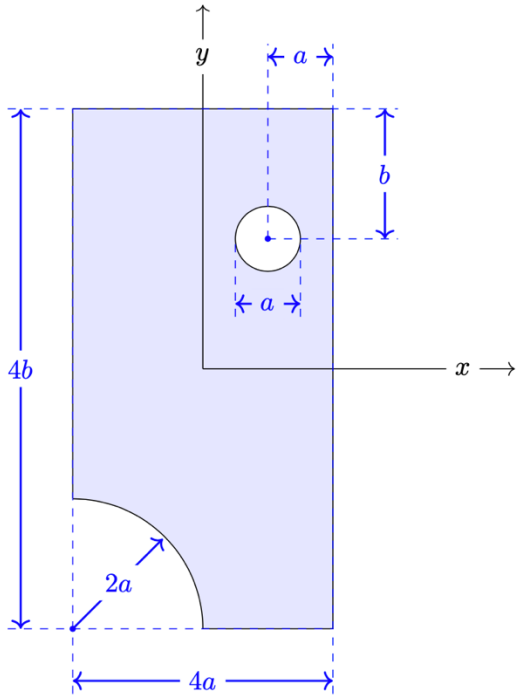
Et après avoir fait le devoir !



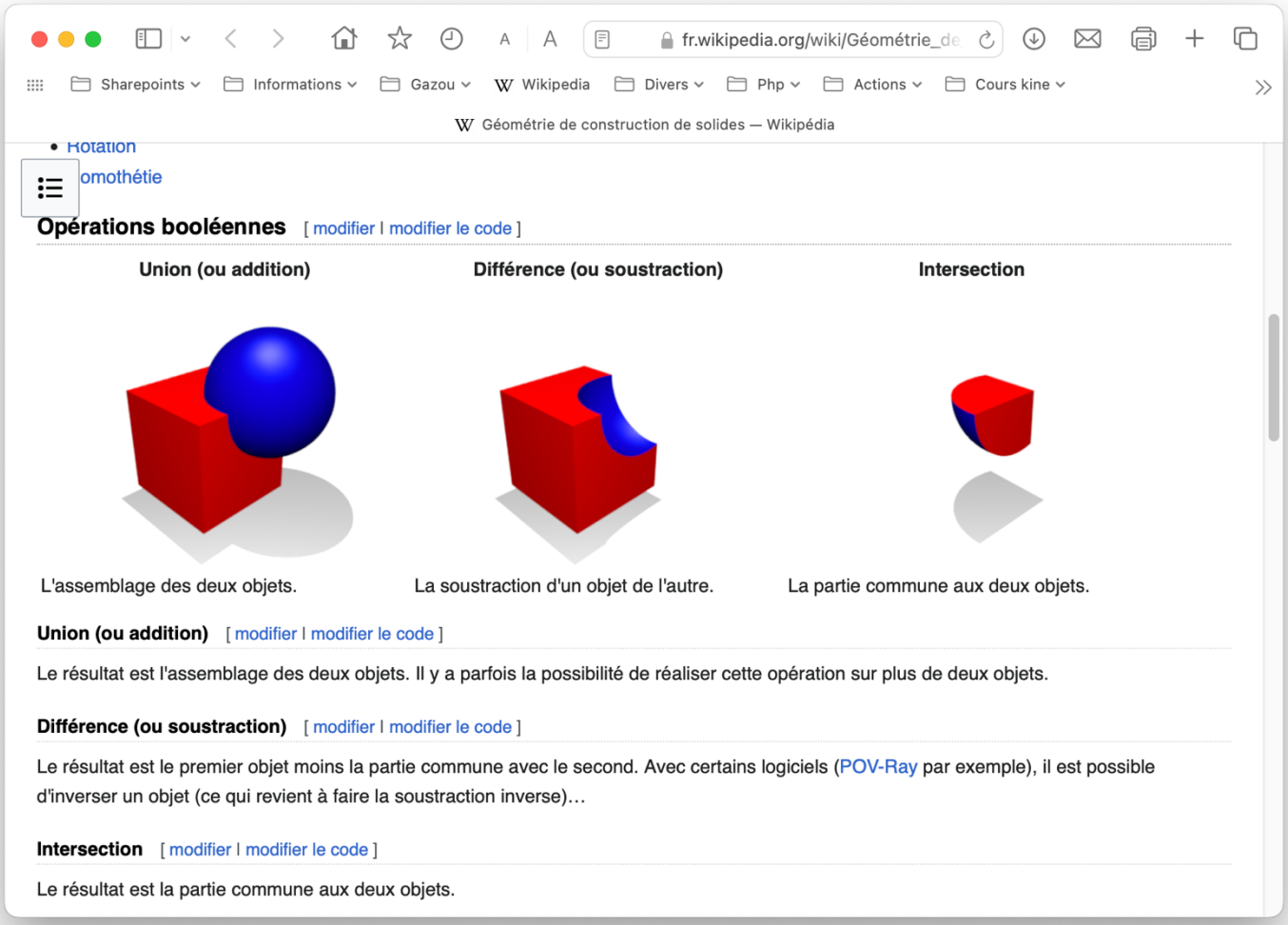


Définir la géométrie avec OpenCascade !

```
double Lx = 1.0;
double Ly = 2.0;
theGeometry->LxPlate =  Lx;
theGeometry->LyPlate =  Ly;
theGeometry->xPlate  =  0.0;
theGeometry->yPlate  =  0.0;
theGeometry->xHole   =  Lx / 4.0;
theGeometry->yHole   =  Ly / 4.0;
theGeometry->rHole   =  Lx / 8.0;
theGeometry->xNotch  = -Lx / 2.0;
theGeometry->yNotch  = -Ly / 2.0;
theGeometry->rNotch  =  Lx / 2.0;
```

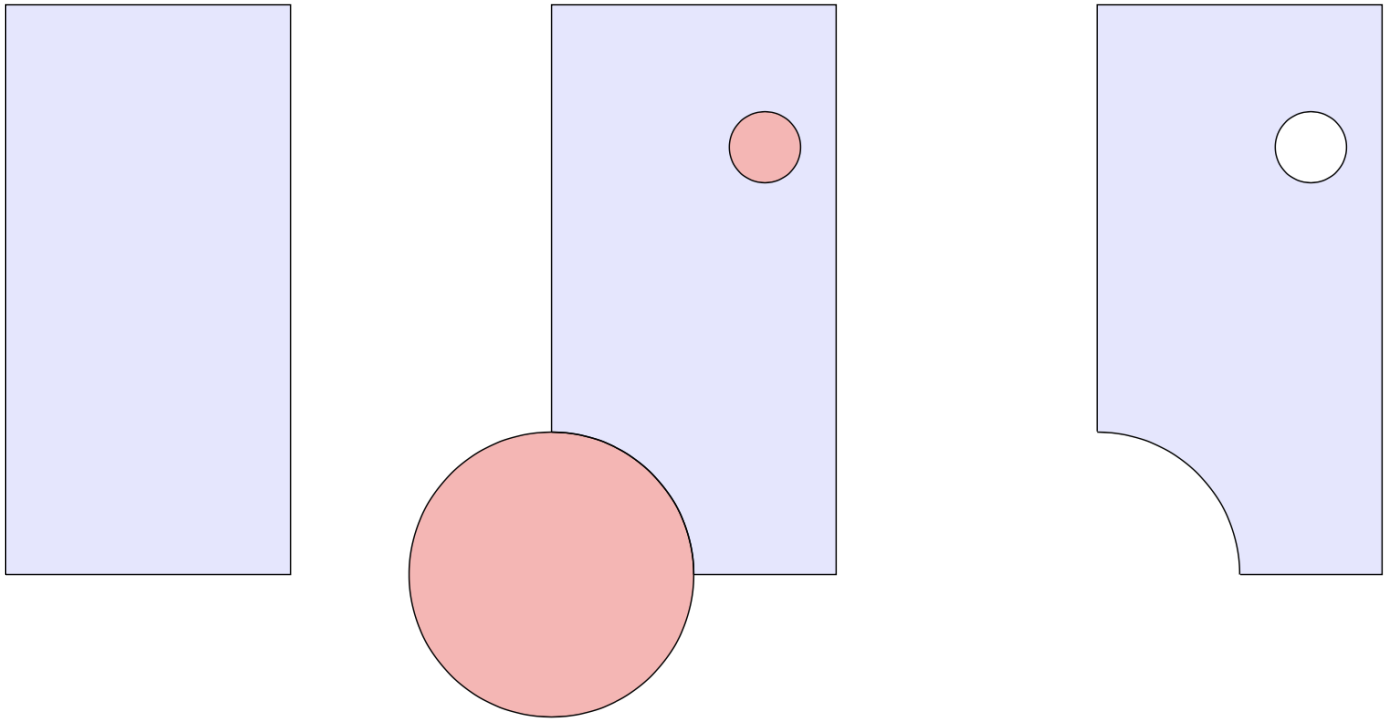


Utiliser la géométrie constructive !



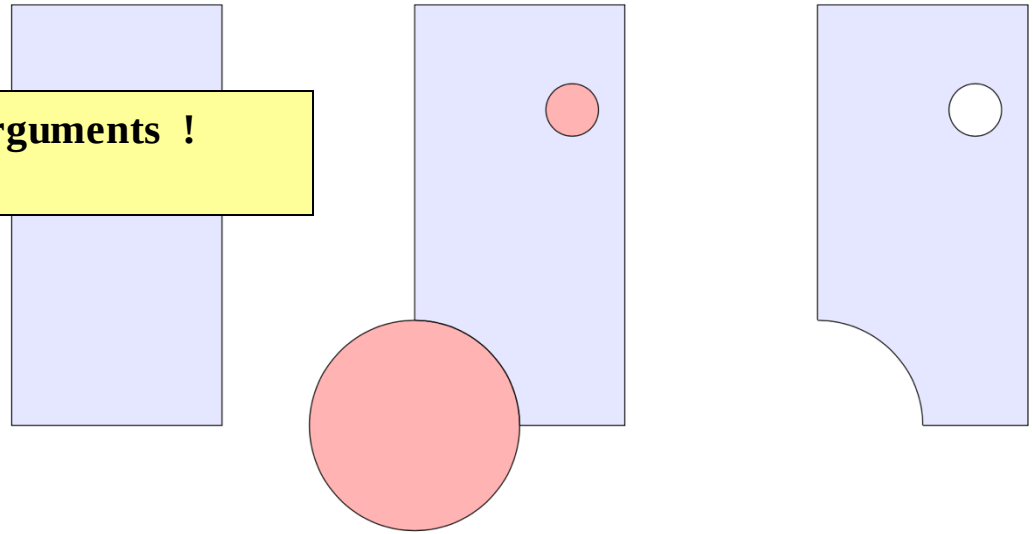
Utiliser la géométrie constructive !

- Créer le rectangle avec la fonction `gmshModelOccAddRectangle`.
- Créer les deux disques avec la fonction `gmshModelOccAddDisk`.
- Retirer chaque disque du rectangle avec la fonction `gmshModelOccCut`.



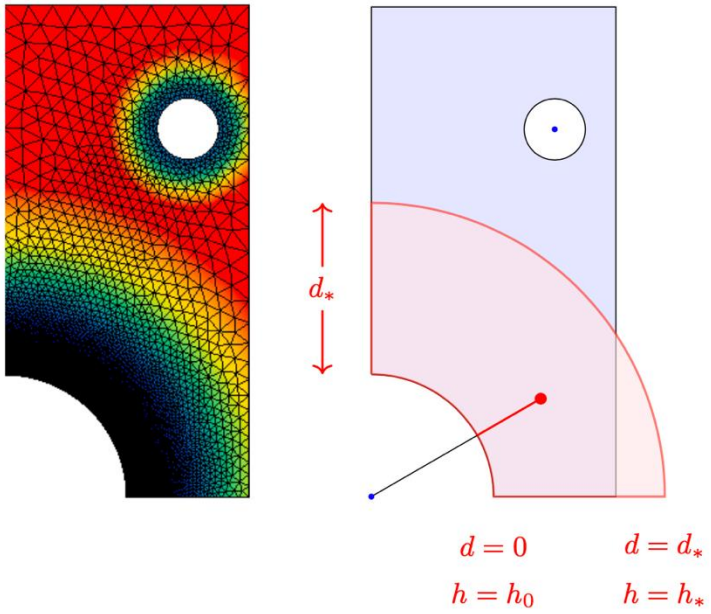
Utiliser l'API de Gmsh pour accéder à OpenCascade !

Il faut juste trouver les arguments !
Avec l'aide de copilot ?



```
int ierr;
int idPlate = gmshModelOccAddRectangle(___, ___, ___, ___, ___, ___, ___,&ierr);
int idNotch = gmshModelOccAddDisk(___, ___, ___, ___, ___, ___,NULL,0,NULL,0,&ierr);
int idHole  = gmshModelOccAddDisk(___, ___, ___, ___, ___, ___,NULL,0,NULL,0,&ierr);

int plate[] = {___,___};
int notch[] = {___,___};
int hole[]  = {___,___};
gmshModelOccCut(___,___,___,___,NULL,NULL,NULL,NULL,NULL,-1,1,1,&ierr);
gmshModelOccCut(___,___,___,___,NULL,NULL,NULL,NULL,NULL,-1,1,1,&ierr);
```

Construire le maillage avec une carte de taille !

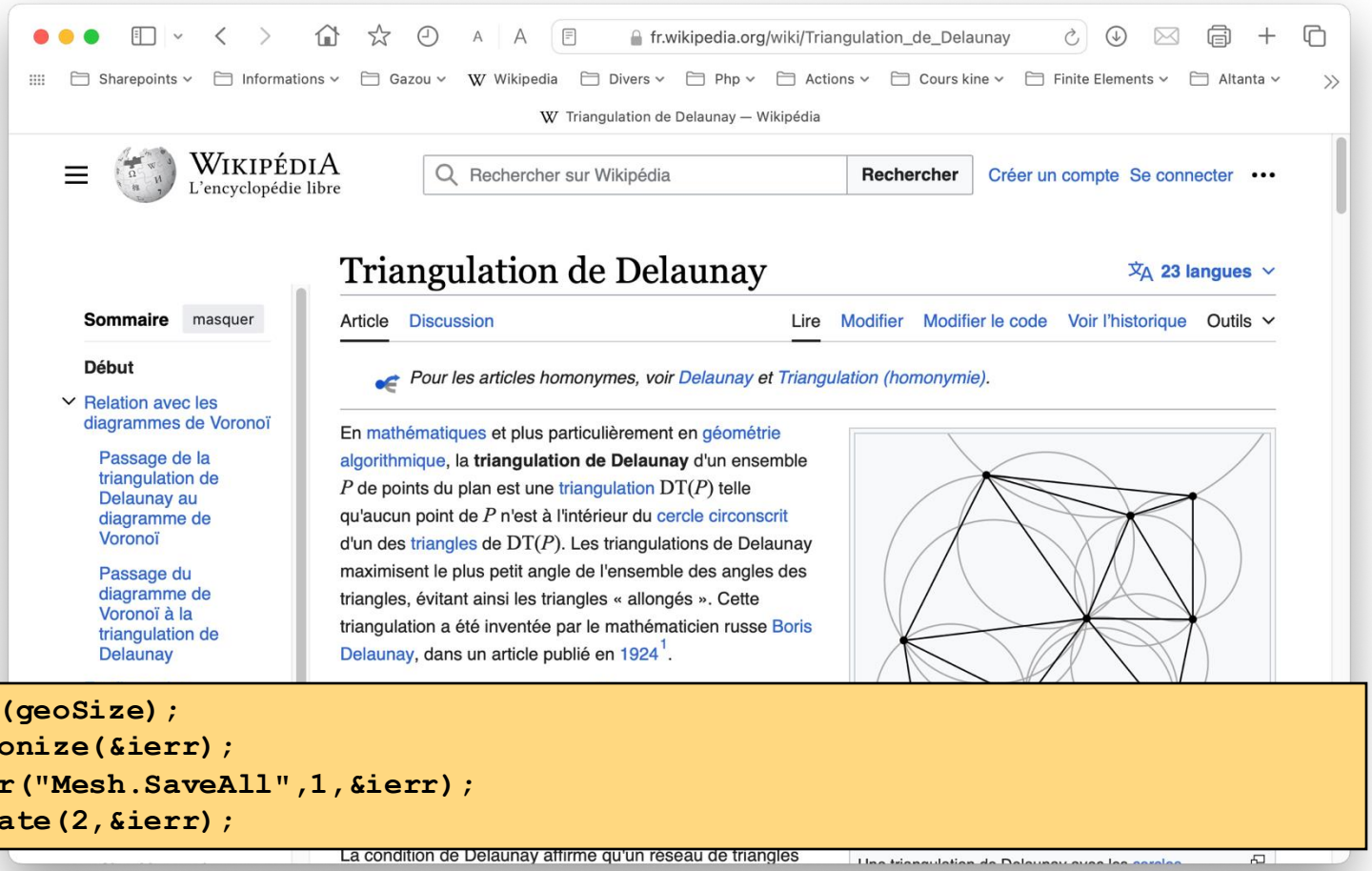


Les données pour construire la carte de taille se résument en cinq paramètres.

```
double h = theGeometry->h;
double h0 = theGeometry->hNotch;
double d0 = theGeometry->dNotch;
double h1 = theGeometry->hHole;
double d1 = theGeometry->dHole;
```

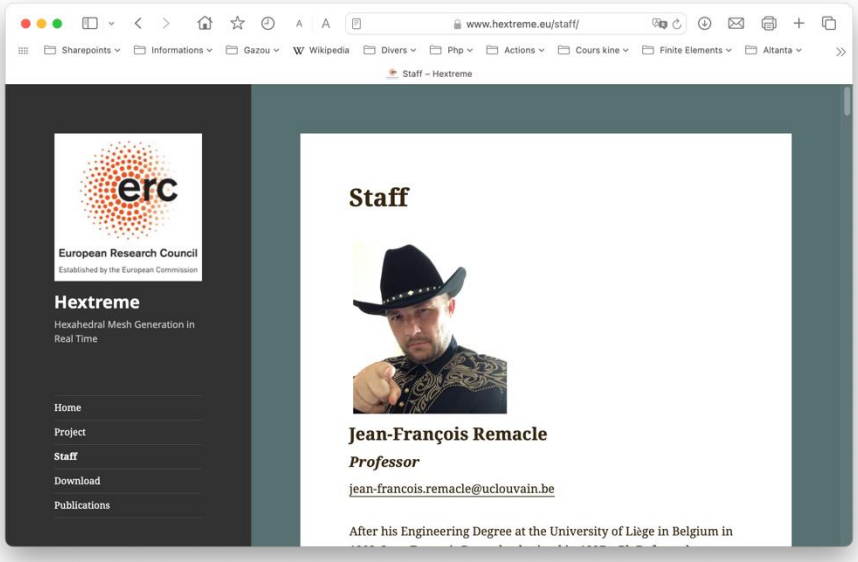
```
geoSetSizeCallback(geoSize);
gmshModelOccSynchronize(&ierr);
gmshOptionSetNumber("Mesh.SaveAll",1,&ierr);
gmshModelMeshGenerate(2,&ierr);
```

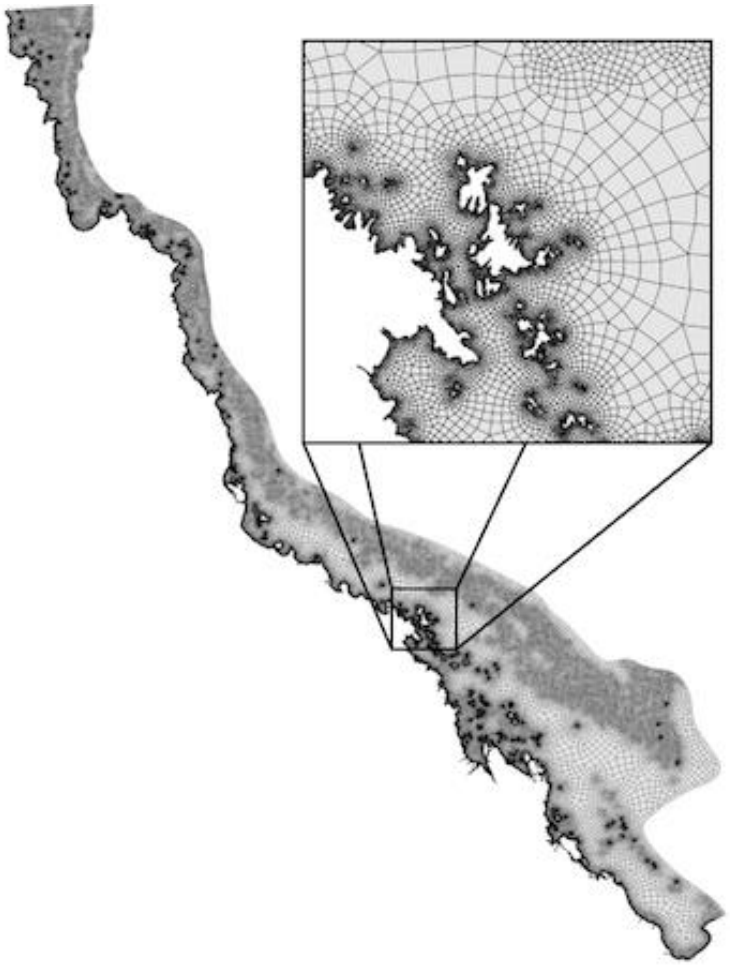
Ensuite, on construit le plus joli maillage possible
avec la densité spécifiée par la carte de taille
avec une triangulation de Delaunay !

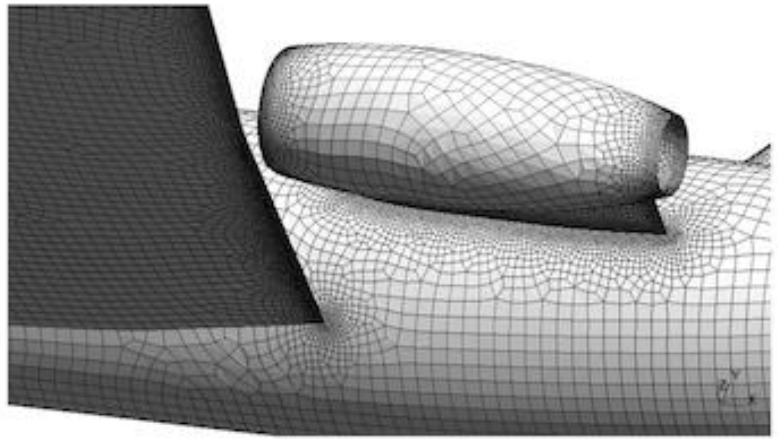



```
geoSetSizeCallback(geoSize);
gmshModelOccSynchronize(&ierr);
gmshOptionSetNumber("Mesh.SaveAll",1,&ierr);
gmshModelMeshGenerate(2,&ierr);
```

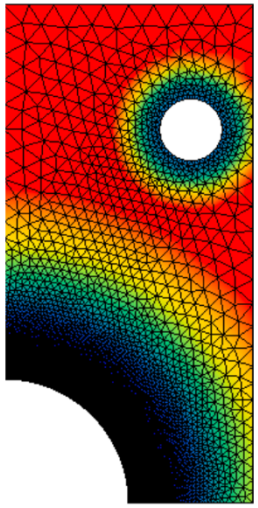
Triangles, quadrilatères, tétraèdres, hexaèdres ?

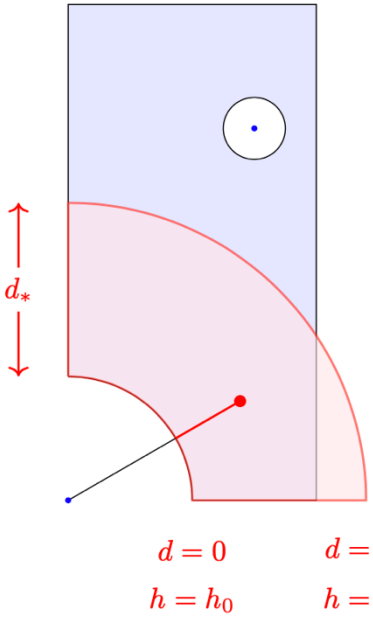


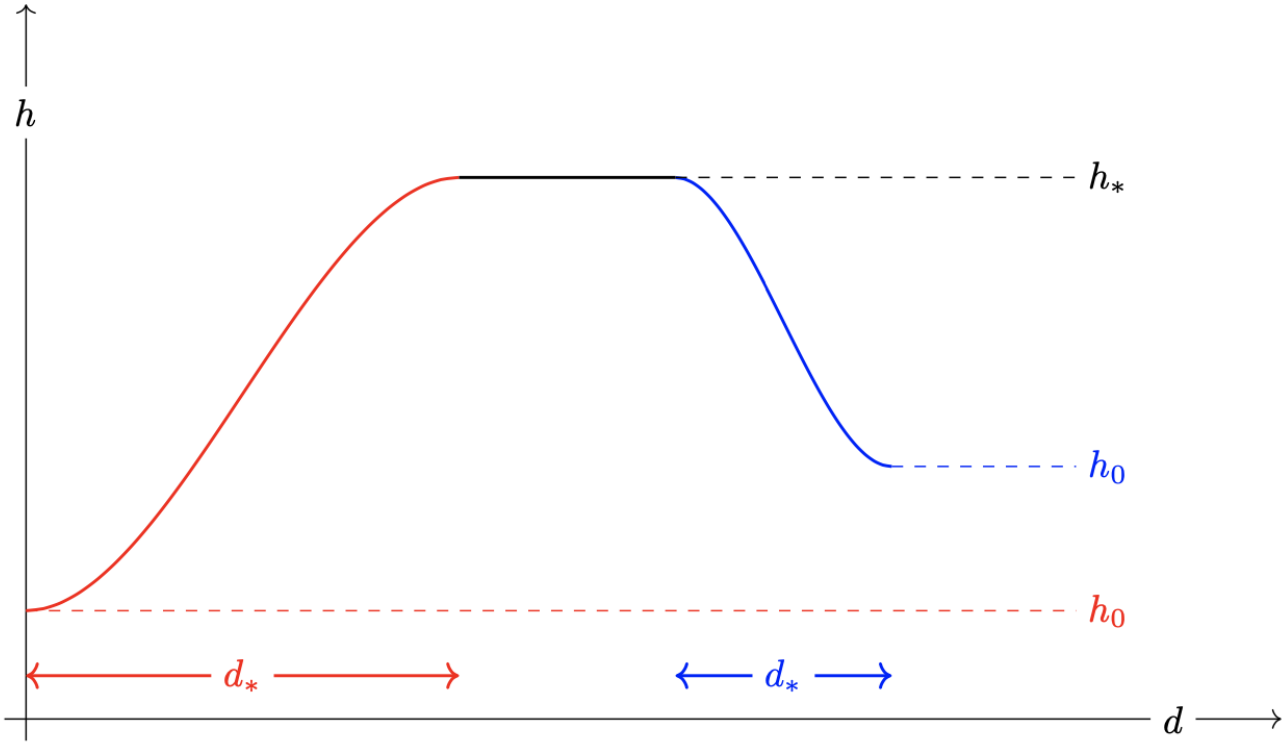




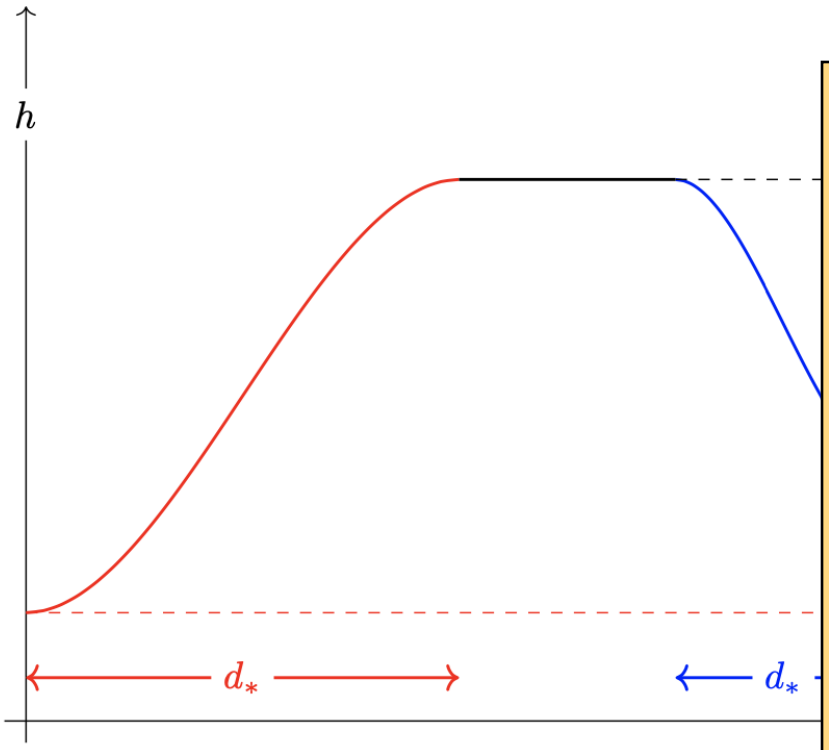
Définir une carte de taille !

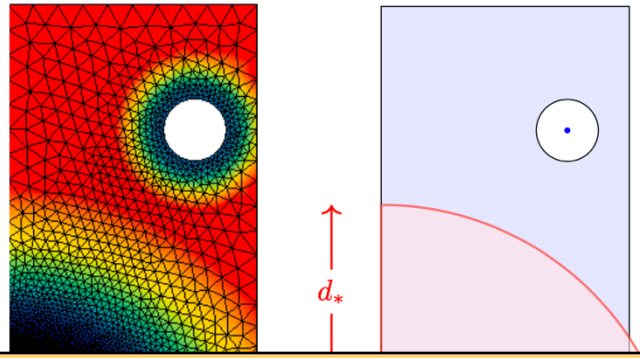






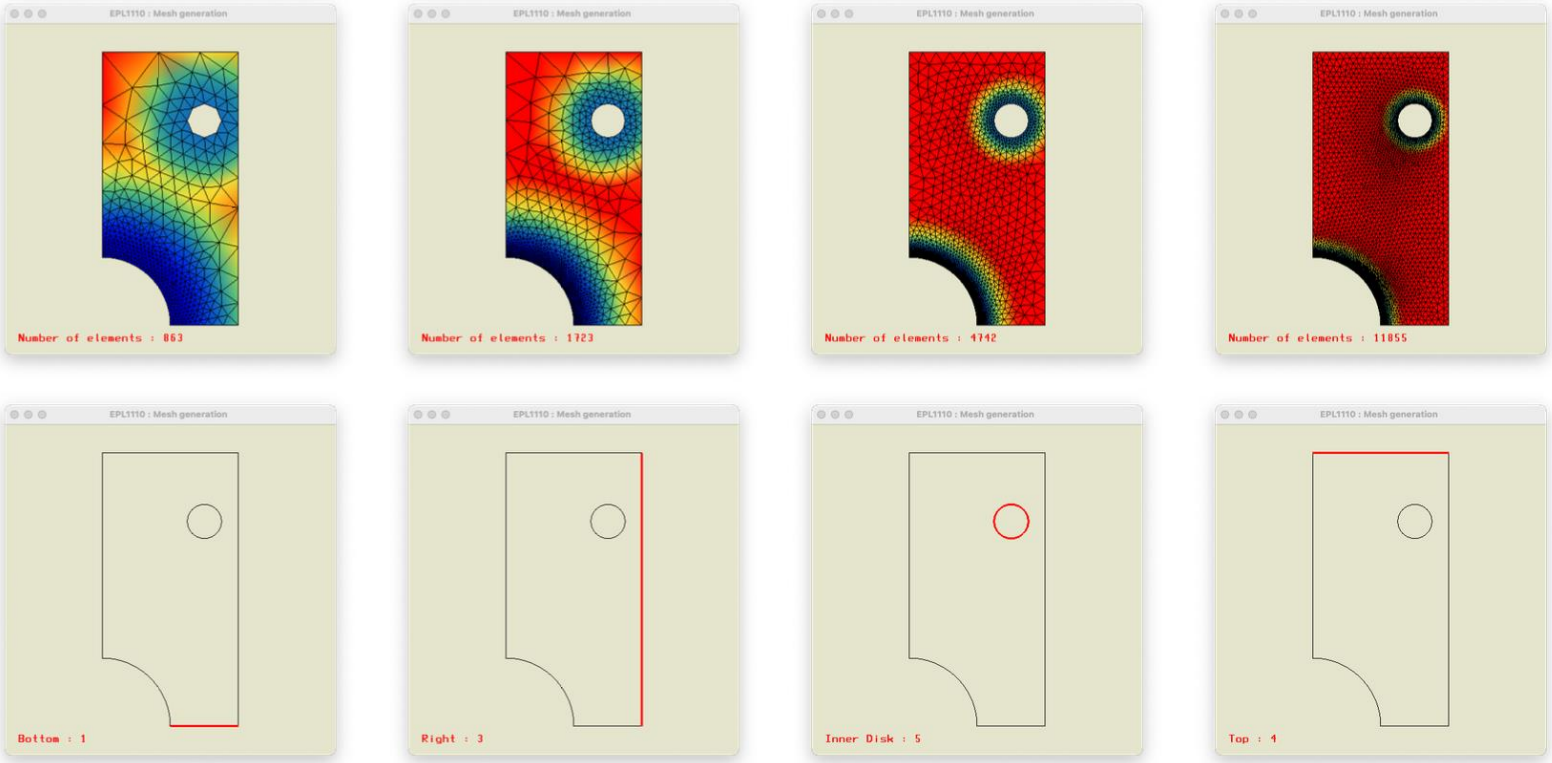
Définir une carte de taille !






```
double geoSize(double x,double y)
{
    femGeo* theGeometry = geoGetGeometry();

    double h = theGeometry->h;
    double x0 = theGeometry->xNotch;
    double y0 = theGeometry->yNotch;
    double r0 = theGeometry->rNotch;
    double h0 = theGeometry->hNotch;
    double d0 = theGeometry->dNotch;

    double x1 = theGeometry->xHole;
    double y1 = theGeometry->yHole;
    double r1 = theGeometry->rHole;
    double h1 = theGeometry->hHole;
    double d1 = theGeometry->dHole;

//
//      A modifier !
//

    return h;
}
```

Et tout cela pourquoi ?

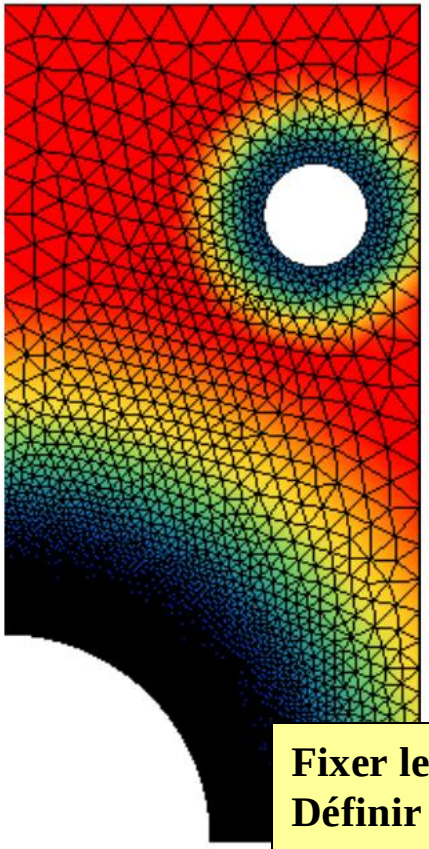


Trois tableaux décrivent le maillage final

```
typedef struct {
    int nNodes;
    double *X;
    double *Y;
} femNodes;
```

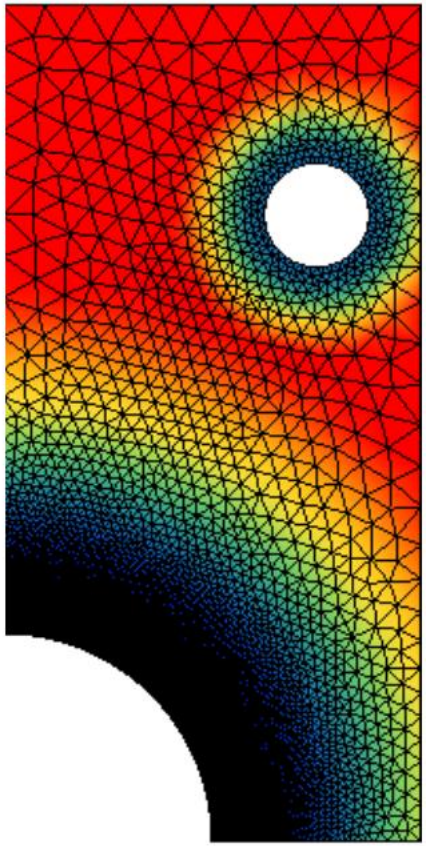
```
typedef struct {
    int nLocalNode;
    int nElem;
    int *elem;
    femNodes *nodes;
} femMesh;
```

```
typedef struct {
    femMesh *mesh;
    int nElem;
    int *elem;
    char name[MAXNAME];
} femDomain;
```



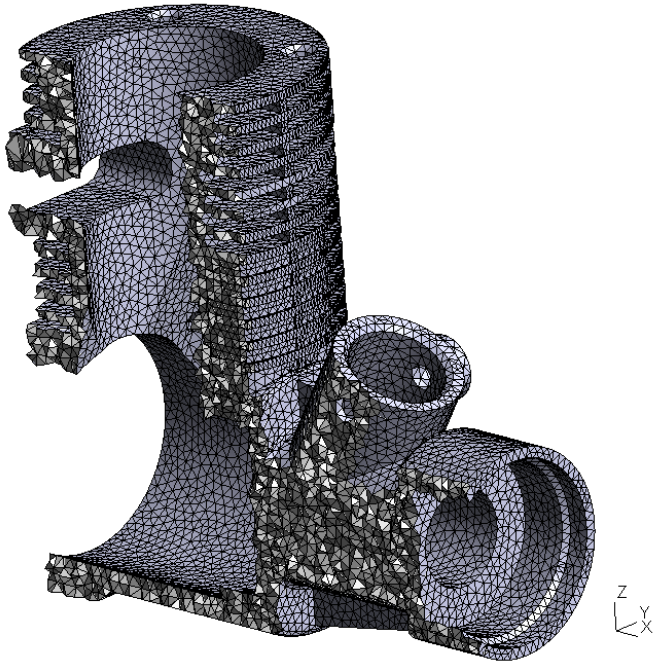
Fixer les coordonnées des points
Définir la topologie ou connectivité des éléments
Associer des domaines physiques à des éléments

Et voilà le maillage !



```
Number of nodes 2520
     0 :  3.7500000e-01  5.0000000e-01
     1 :  0.0000000e+00 -1.0000000e+00
     2 : -5.0000000e-01 -5.0000000e-01
     3 :  5.0000000e-01 -1.0000000e+00
     4 : -5.0000000e-01  1.0000000e+00
     5 :  5.0000000e-01  1.0000000e+00

  2517 : -1.5626551e-01 -6.2635267e-01
  2518 : -3.6669678e-02 -7.9420329e-01
  2519 : -4.8014465e-03 -8.1397000e-01
Number of edges 276
     0 :      0      6
     1 :      6      7

   274 :    274    275
   275 :    275      4
Number of triangles 4764
     0 :    513    514    484
     1 :   1291   2281   1589

  4762 :   2081   2212   1466
  4763 :   1675   1913   1668
Number of domains 6
  Domain :      0
  Name : Outer Disk
  Number of elements :     40
     0     1     2     3     4     5     6     7     8     9
    10    11    12    13    14    15    16    17    18    19
    20    21    22    23    24    25    26    27    28    29
    30    31    32    33    34    35    36    37    38    39
  Domain :      1
```

Définir localement une fonction sur un maillage



Fonctions de base spécifiées a priori

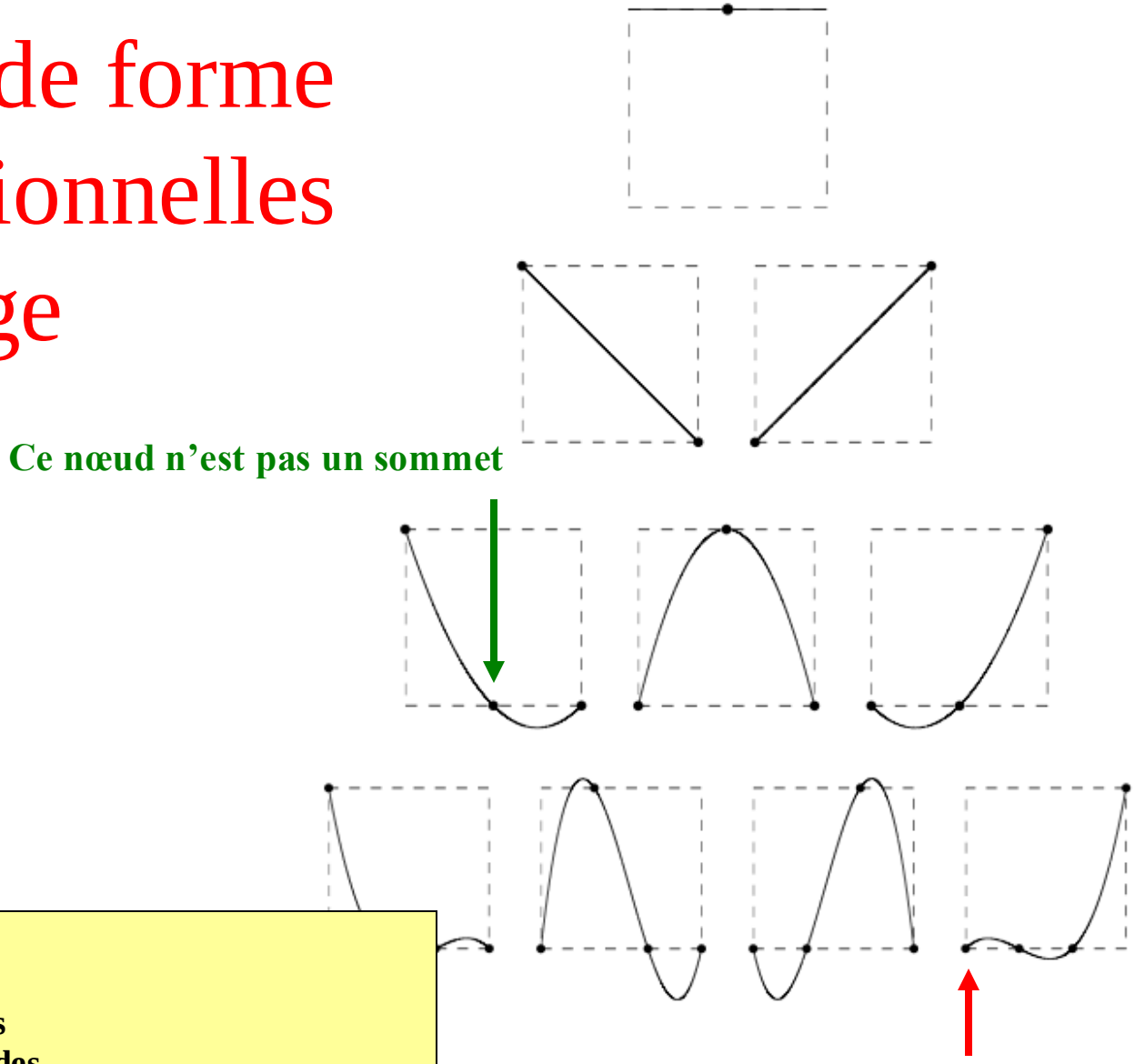
$$u(\mathbf{x}) \approx u^h(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n} U_j \tau_j(\mathbf{x})$$

Valeurs nodales inconnues

The problem geometry is divided in small finite elements.

On each element, the solution is approximated by means of unknown nodal values and given polynomials

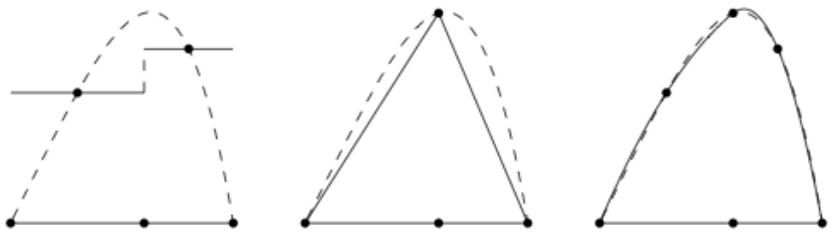
Fonctions de forme unidimensionnelles de Lagrange



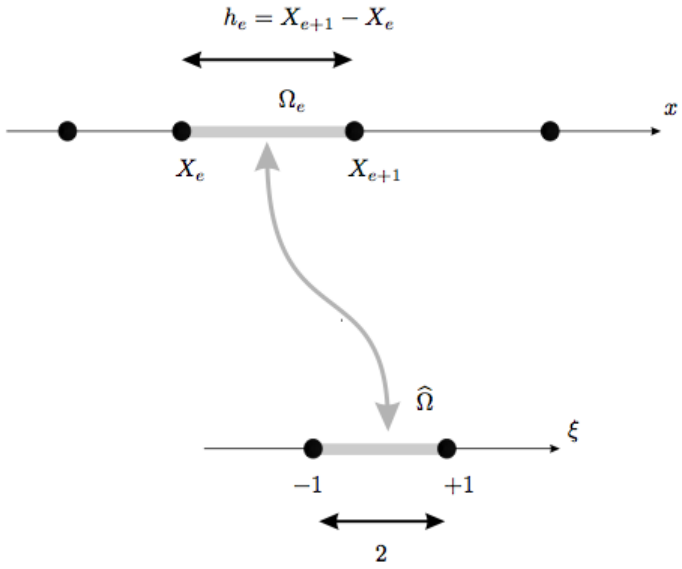
Nodes and other nodes :-)

Nodes of the meshes = vertices
Location of nodal values = nodes
For linear piecewise interpolation, all nodes are vertices

En une dimension…



Un élément parent (template) pour définir les fonctions de forme

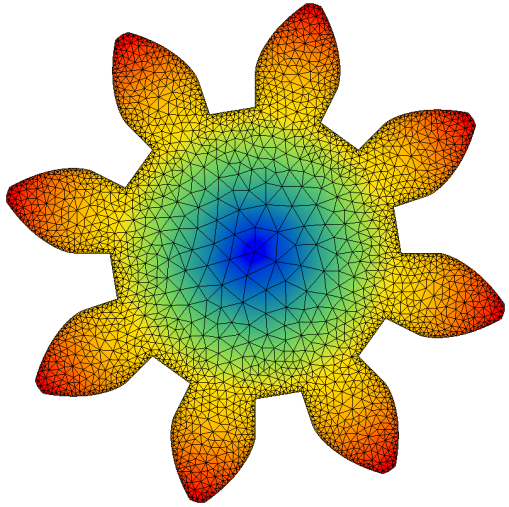


$$x(\xi) = \xi \frac{(X_{e+1} - X_e)}{2} + \frac{(X_{e+1} + X_e)}{2},$$

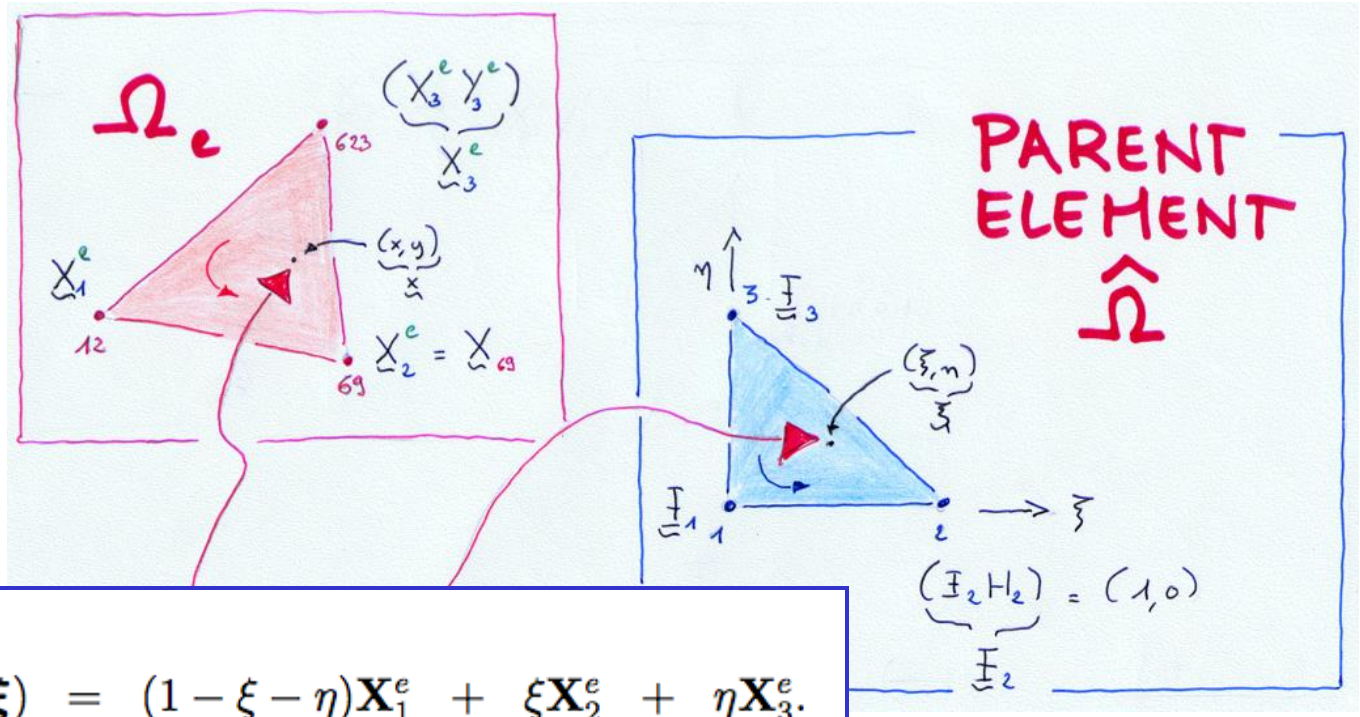
$$\xi(x) = \frac{2x - (X_{e+1} + X_e)}{(X_{e+1} - X_e)}.$$

Isomorphisme linéaire entre l'élément parent et tous les autres éléments…

En deux dimensions



Un triangle parent pour définir toutes les fonctions de forme



$$\mathbf{x}(\boldsymbol{\xi}) = (1-\xi-\eta)\mathbf{X}_1^e + \xi\mathbf{X}_2^e + \eta\mathbf{X}_3^e.$$

Isomorphisme linéaire entre le triangle parent et tous les autres triangles…