
ATC4 - Test case

LAURE BILLON, YOUSSEF MESRI AND ELIE HACHEM

CFL Team, Computing and FLuids,

MINES ParisTech, PSL - Research University, CEMEF - Center for material forming,
CNRS UMR 7635, CS 10207 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis Cedex, France

L'objectif de ces cas tests est de présenter et de valider l'outil de maillage développé permettant d'adapter *a priori* le maillage sur la couche limite de la géométrie immergée en prenant en compte sa courbure. Pour cela nous présenterons ici différents tests unitaires à deux et trois dimensions.

I. MAILLAGES 2D

I.1 Cas test 1 : Plaque plane

Le cas de plaque plane turbulente 2D est un benchmark de la littérature [1] [2] et permettra d'évaluer l'impact du maillage sur la solution. Ce cas test est important pour tester que le maillage suit les tailles de mailles prescrites dans la métrique.

Les paramètres du calcul sont les suivants :

Position bord d'attaque	$x = 0.5 \text{ m}$
Longueur caractéristique	$L = 4 \text{ m}$
Dimensions domaine	$8.5 \times 5 \times 2.75 \text{ m}^3$
Nombre Reynolds	$5 \cdot 10^7$
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	1
h_{min}	$2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
Ratio max anisotropie	100

TABLE 1 – Paramètres du cas test 1

Nombre de nœuds total composant le maillage	248728
Proportion dans la couche limite	99.2%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	10.4%

TABLE 2 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

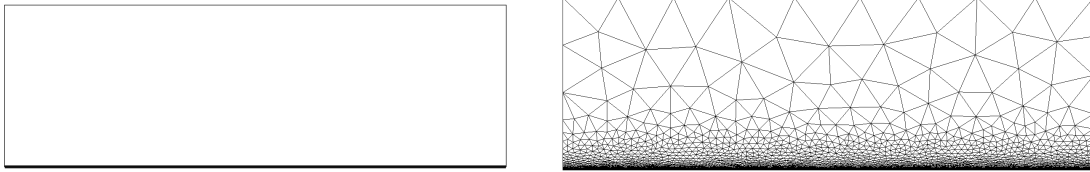


FIGURE 1 – Définition et maillage du cas test 1

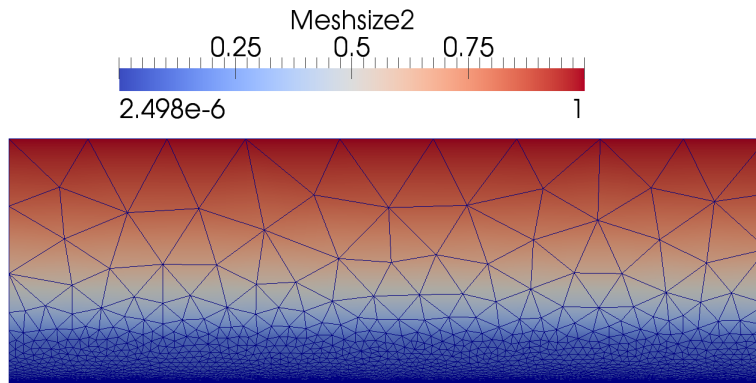


FIGURE 2 – Meshsize du cas test 1

I.2 Cas test 2 : Cercle

Ce cas test va permettre de tester la prise en compte de la courbure de l'objet immergé par le maillage et nous permettra par la suite de tester le solveur VMS sur un écoulement autour d'un cylindre pour différents nombre de Reynolds [3].

Les paramètres du calcul sont les suivants :

Diamètre du cercle	0.6 m
Dimensions domaine	8.5 x 2.75 m ²
Nombre Reynolds	10 ⁷
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	1
h_{min}	1,7.10 ⁻⁶
Ratio max anisotropie	100

TABLE 3 – Paramètres du cas test 2

Nombre de nœuds total composant le maillage	85372
Proportion dans la couche limite	62.8%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	34%

TABLE 4 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

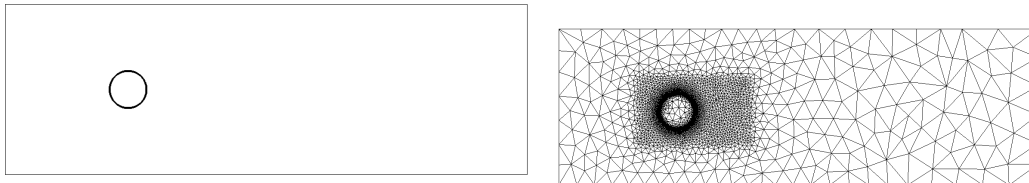


FIGURE 3 – Définition et maillage du cas test 2

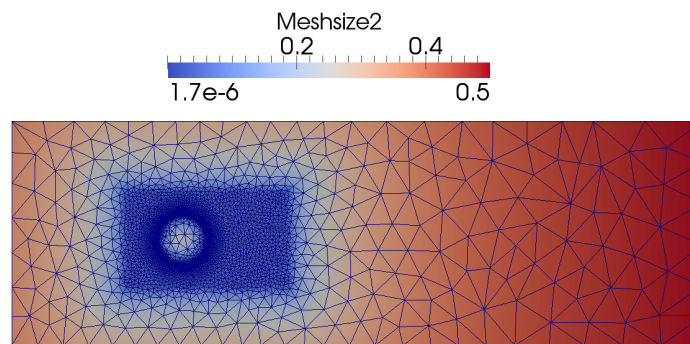


FIGURE 4 – Meshsize du cas test 2

I.3 Cas test 3 : Cercle + Carré

L'intérêt de ce cas test est de tester l'intersection des couches limites de deux géométries aux courbures radicalement différentes. Les paramètres du calcul sont les suivants :

Diamètre de la sphère	0.5 m
Longueur arrête du cube	0.5 m
Dimensions domaine	8.5 x 2.75 m ²
Nombre Reynolds	10 ⁵
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	1
h_{min}	
Ratio max anisotropie	100

TABLE 5 – Paramètres du cas test 3

Nombre de nœuds total composant le maillage	7786
Proportion dans la couche limite	45%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	22%

TABLE 6 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

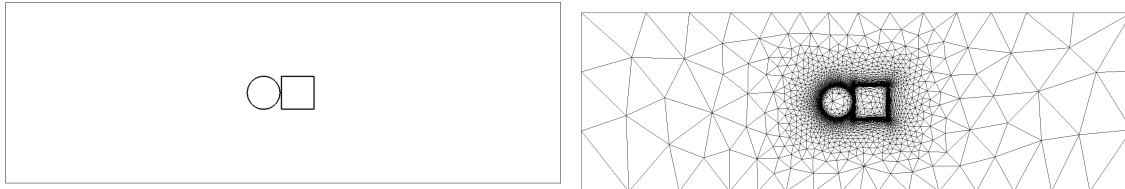


FIGURE 5 – Définition et maillage du cas test 3

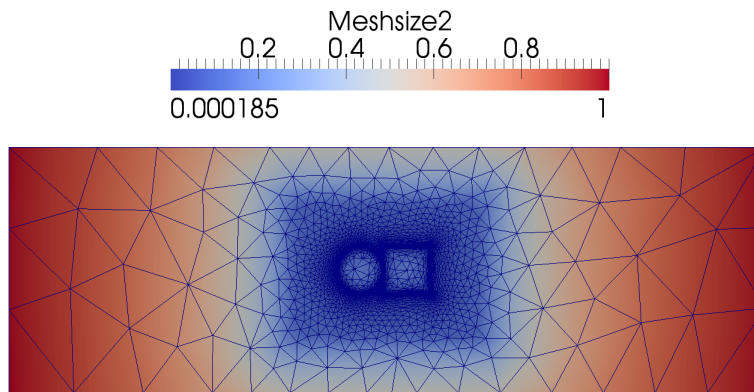


FIGURE 6 – Meshsize du cas test 3

I.4 Cas test 4 : Demi-Cercle + plan

Nous allons ici, tester l'intersection de deux géométries aux courbures radicalement différentes. Pour cela deux géométries sont immergées et leurs couches limites ainsi que leurs surfaces s'intersectent. Ce cas test est intéressant pour tester la robustesse de l'outil de maillage. Les paramètres du calcul sont les suivants :

Diamètre du cercle	2.75 m
Dimensions domaine	8.5 x 2.75 m ²
Nombre Reynolds	10 ⁵
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	1
h_{min}	5,1.10 ⁻⁴
Ratio max anisotropie	100

TABLE 7 – Paramètres du cas test 4

Nombre de nœuds total composant le maillage	5266
Proportion dans la couche limite	40.4%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	16.4%

TABLE 8 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

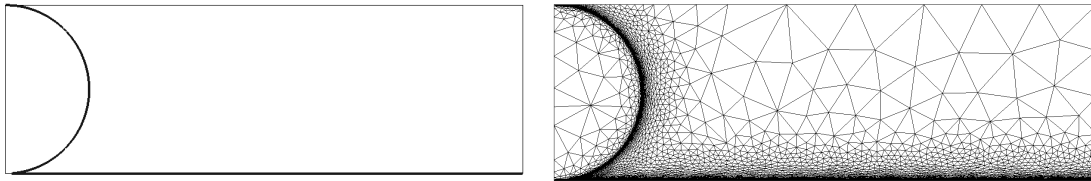


FIGURE 7 – Définition et maillage du cas test 4

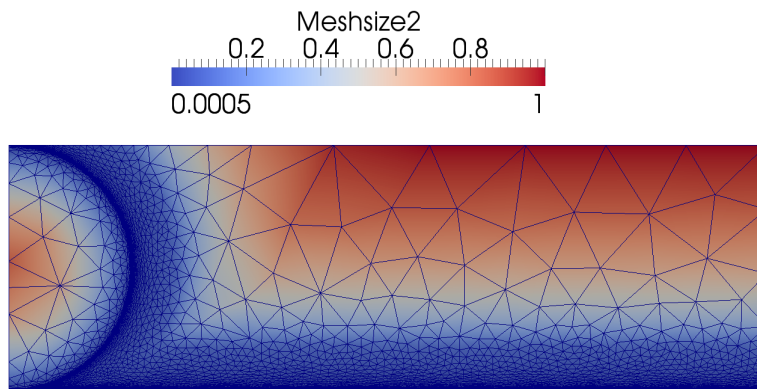


FIGURE 8 – Meshsize du cas test 4

II. MAILLAGES 3D

Les deux derniers cas tests 2 dimensions sont répétés en 3 dimensions. L'outil est finalement testé sur une géométrie complexe.

II.1 Cas test 1 : Sphère + Brique

Les paramètres du calcul sont les suivants :

Diamètre de la sphère	0.5 m
Longueur arrête du cube	0.5 m
Dimensions domaine	8.5 x 5 x 2.75 m ³
Nombre Reynolds	10 ⁵
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	1
h_{min}	
Ratio max anisotropie	100

TABLE 9 – Paramètres du cas test 1

Nombre de nœuds total composant le maillage	277048
Proportion dans la couche limite	42%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	22%

TABLE 10 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

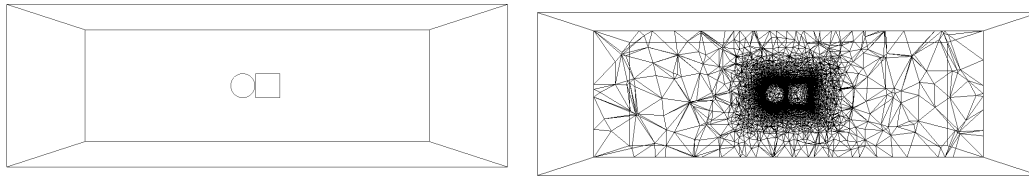


FIGURE 9 – Définition et maillage du cas test 1

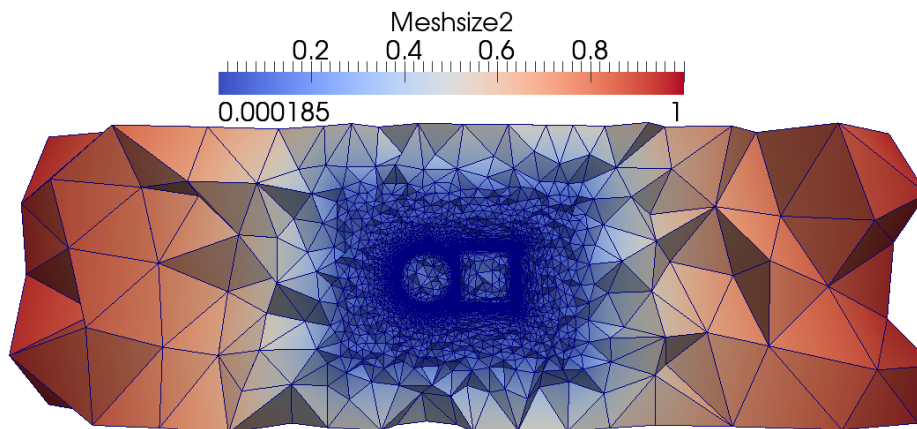


FIGURE 10 – Meshsize du cas test 1

II.2 Cas test 2 : Demi-sphère + plan

Les paramètres du calcul sont les suivants :

Diamètre de la sphère	2.75 m
Dimensions domaine	$8.5 \times 5 \times 2.75 \text{ m}^3$
Nombre Reynolds	10^5
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	1
h_{min}	$5,1 \cdot 10^{-4}$
Ratio max anisotropie	100

TABLE 11 – Paramètres du cas test 2

Nombre de nœuds total composant le maillage	335853
Proportion dans la couche limite	50%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	18.7%

TABLE 12 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

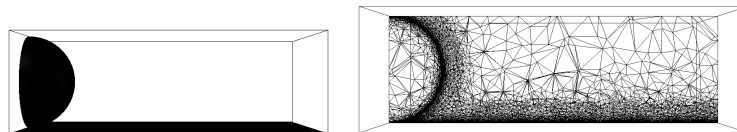


FIGURE 11 – Définition et maillage du cas test 2

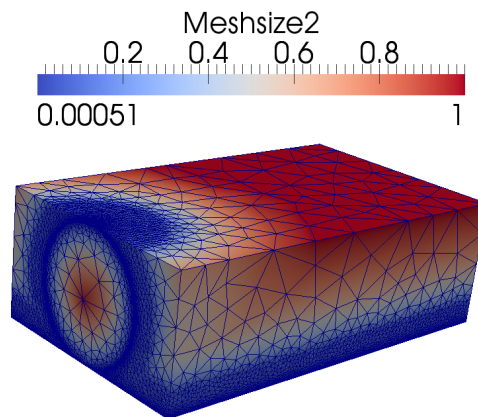


FIGURE 12 – Meshsize du cas test 2

II.3 Cas test 3 : Ahmed body

Ce cas est bien documenté [4] [5] et va nous permettre d'utiliser l'outil de maillage couplé au solveur VMS sur un cas complexe en 3D.

Les paramètres du calcul sont les suivants :

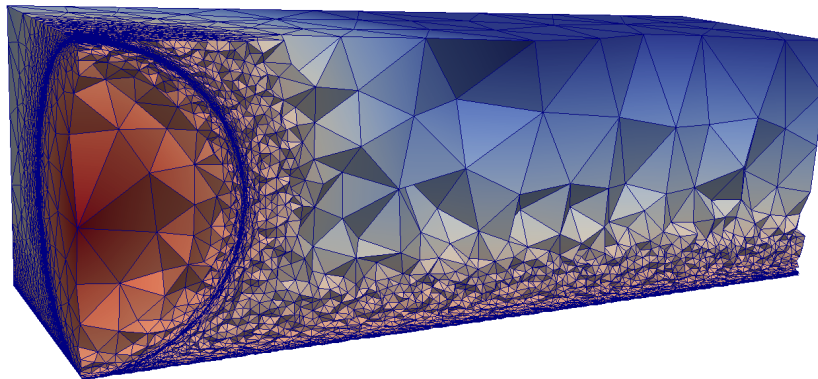


FIGURE 13 – Coupe du cas test 2

Longueur caractéristique	$L = 1 \text{ m}$
Dimensions domaine	$8.5 \times 5 \times 2.75 \text{ m}^3$
Nombre Reynolds	$5 \cdot 10^5$
Épaisseur adimensionnée de la première maille à la paroi y_0^+	5
h_{min}	$1,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
Ratio max anisotropie	100

TABLE 13 – Paramètres du cas test 3

Nombre de nœuds total composant le maillage	370665
Proportion dans la couche limite	60%
Proportion à l'intérieur de l'objet immergé (surface comprise)	18%

TABLE 14 – Nb nœuds et leur répartition dans le maillage résultat

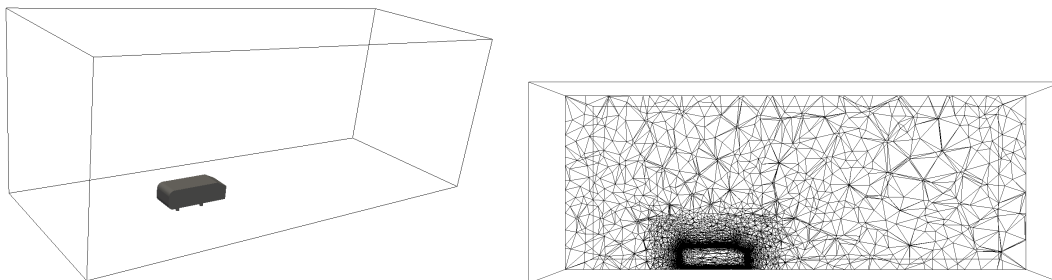


FIGURE 14 – Définition et maillage du cas test 3

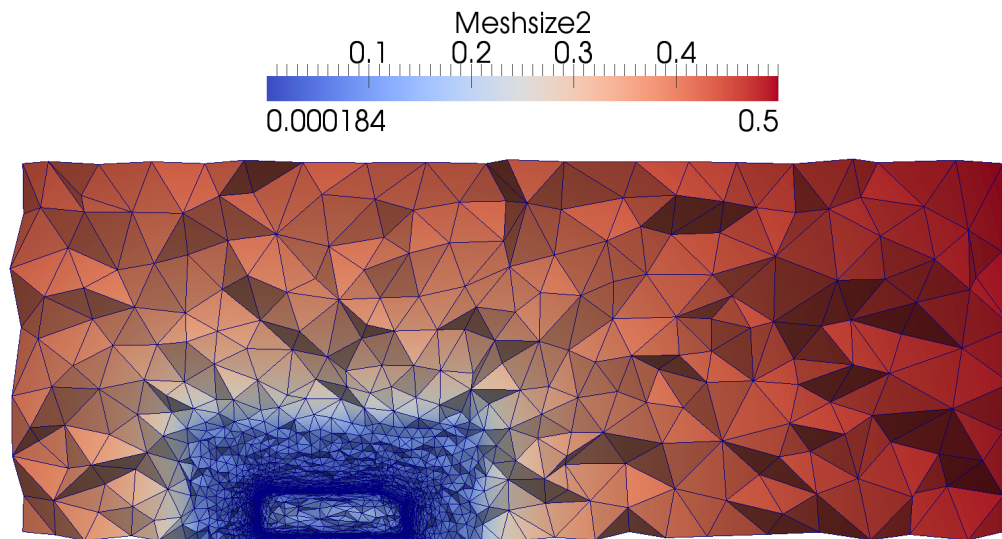


FIGURE 15 – Meshsize du cas test 3

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Christophe Corre. La couche limite en aérodynamique. In *Aérodynamique Fondamentale*. ENSAM - SINUMEF, 2005.
- [2] Jean Cousteix. *Aérodynamique : turbulence et couche limite*. Cépaduès-editions, 1989.
- [3] Michel Bergmann. *Optimisation aérodynamique par réduction de modèle POD et contrôle optimal. Application au sillage laminaire d'un cylindre circulaire*. PhD thesis, 2004.
- [4] Gerardo Franck, Norberto Nigro, M. Storti, and Jorge D'Elía. Numerical simulation of the flow around the Ahmed vehicle model. *Latin American applied research*, 39(4) :295–306, 2009.
- [5] S. Ahmed, G. Ramm, and G. Faltn. Some Salient Features Of The Time-Averaged Ground Vehicle Wake. *SAE Technical Paper 840300*, 1984.